

**Министерство образования и науки Украины
Государственное высшее учебное заведение
„НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”**



**ФАКУЛЬТЕТ СТРОИТЕЛЬСТВА
Кафедра маркшейдерии**

**ОСНОВЫ ГЕОМЕХАНИКИ
ПРАКТИКУМ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

для студентов специальностей 7.05030104, 8.05030104

Днепропетровск
НГУ
2013

Основы геомеханики. Практикум к выполнению лабораторных работ для студентов специальностей 7.05030104, 8.05030104 / Ю.М. Халимендик, Ю.А. Заболотная. – Д. : Национальный горный университет, 2013. – 126 с.

Рецензенты:

С.Ф. Власов, д-р техн. наук, профессор кафедры подземной разработки месторождений НГУ;

Н.Н. Грищенко, д-р техн. наук, профессор, заведующий отделом охраны недр и сдвигения земной поверхности УкрНИМИ НАН Украины.

Авторы:

Ю. М. Халимендик, д-р техн. наук, проф. (лаб. работы № 1–4, 10);

Ю. А. Заболотная, ассист. (лаб. работы № 5–9).

Утверждено к издательству ученым советом ГВУЗ «НГУ» (протокол № 5 от 28.05.2013 г.) по представлению методической комиссии по специальностям 7.05030104, 8.05030104 (протокол № 2 от 15.05.2013 г.).

Представлены задания и рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине „Основы геомеханики” образовательно-квалификационной программы подготовки специалистов и магистров специальностей 7.05030104, 8.05030104.

Ответственный за выпуск заведующий кафедрой маркшейдерии д-р техн. наук, проф. Ю.М. Халимендик.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Основные рекомендации к оформлению лабораторных работ.....	5
Лабораторная работа № 1. Определение начального поля напряжений...	6
Лабораторная работа № 2. Оценка напряженного состояния горных пород в массиве вокруг выработки.....	14
Лабораторная работа № 3. Оценка напряженного состояния массива между выработками вне влияния очистных работ.....	22
Лабораторная работа № 4. Расчет ожидаемых сдвижений и деформаций массива горных пород в зоне опорного давления.....	27
Лабораторная работа № 5. Построение зон повышенного горного давления (ПГД) для условий больших глубин.....	32
Лабораторная работа № 6. Определение параметров зон защиты.....	42
Лабораторная работа № 7. Построение зон повышенного горного давления (ПГД), опасных по проявлениям горного давления в очистных забоях.....	55
Лабораторная работа № 8. Построение предохранительного целика под речкой способом перпендикуляров.....	65
Лабораторная работа № 9. Построение границ опасных зон (барьерных целиков) у разведочных скважин.....	75
Лабораторная работа № 10. Определение устойчивости бортов карьеров...	86
Приложение А.....	98
Приложение Б.....	100
Приложение В.....	102
Приложение Г.....	104
Приложение Д.....	106
Приложение Е.....	124

Введение

Дисциплина „Основы геомеханики” представлена в учебных планах подготовки специалистов и магистров специальности 7.05030104, 8.05030104 „Маркшейдерское дело” и изучается в IX-ом семестре на 5 курсе обучения. Дисциплина состоит из лекционного и лабораторного модулей с общим объемом учебного времени 270 час. (186 час. – самостоятельная работа, 36 час. – лекционный модуль, 48 час. – лабораторный модуль).

В ходе выполнения лабораторных работ студент должен получить необходимые знания о механизме образования опасных зон при подземном и открытом способах разработки для решения инженерных задач по расчету и построению на разрезах и планах горных выработок опасных зон по внезапным выбросам угля и газа, проявления горного давления в очистных забоях, прорывам воды из затопленных выработок, зон защиты для предотвращения внезапных выбросов угля и газа, а также по определению коэффициента устойчивости бортов карьеров и построению поверхностей скольжения.

В процессе выполнения работ студент должен освоить существующие методики и приобрести навыки построения опасных зон и зон защиты, а также осознать степень ответственности и обязанности маркшейдера в обеспечении безопасного ведения горных работ.

Основные рекомендации к оформлению лабораторных работ

Лабораторные работы каждый студент выполняет самостоятельно по индивидуальным исходным данным, которые приведены в Методических указаниях. Выполнение каждой лабораторной работы сопровождается пояснительной запиской, которая состоит из текстовой части с расчетами и описанием порядка выполнения работы, и отдельных чертежей.

Пояснительная записка оформляется на бумаге формата А4 (210×297 мм) на одной стороне листа и выполняется от руки или распечатывается на принтере.

Чертежи выполняются на листах формата А4.

Текстовая часть должна содержать название работы, её цель, задание, исходные данные. Ход выполнения работы должен сопровождаться необходимыми пояснениями. Расчеты приводятся полностью, включая формулу в общем виде и ссылку на источник, где взяты данные для расчетов. В конце пояснительной записки формулируются общие выводы по работе и конкретные рекомендации (при необходимости).

Рисунки следует выполнять на чертежной бумаге тушью или в каком-либо графическом редакторе на компьютере в соответствии с „Условными обозначениями для горно-графической документации” и сопровождать необходимыми надписями, которые включают название и масштаб чертежей.

Лабораторная работа №1

Время на выполнение – 2 часа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЧАЛЬНОГО ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ

- Учебные цели:** 1. Изучение напряженного состояния пород в массиве и установление соотношений между главными напряжениями и напряжениями на произвольных площадках в декартовой и полярной системах координат.
2. Приобретение навыков в построении эпюр радиальных, нормальных тангенциальных и касательных напряжений.

Справочный материал для выполнения лабораторной работы №1

Для оценки состояния массива на известной глубине можно определить компоненты поля напряжений в определенной точке, например в месте заложения горной выработки, или на контуре сечения будущей выработки, предполагая, что горные работы еще не проводились.

Горные породы на глубине находятся в объемном напряженном состоянии (испытывают, как правило, всестороннее сжатие). Всестороннее сжатие в точке массива характеризуется тензором напряжений, действующих на трех взаимно перпендикулярных площадках. На рис. 1.1, а показана общая схема напряжений, отнесенных к произвольной системе координат x, y, z .

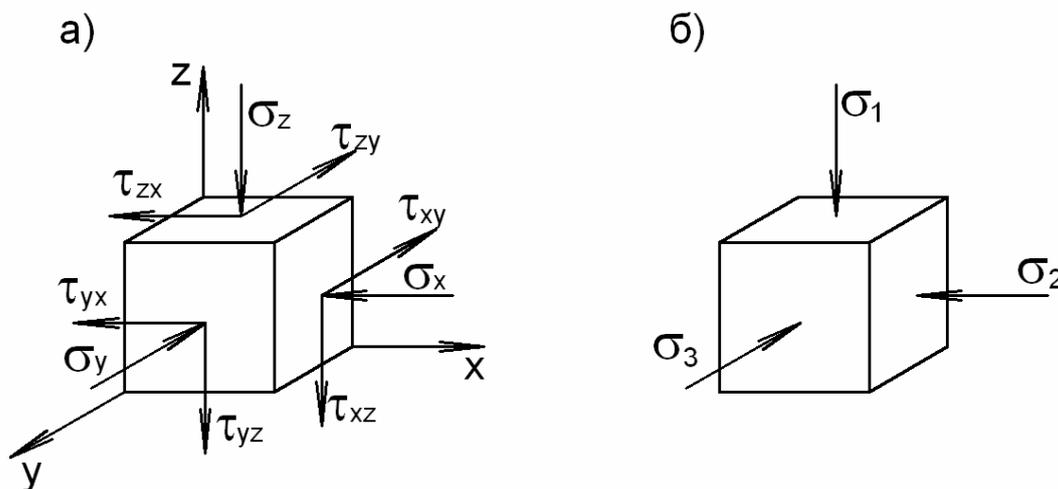


Рис. 1.1. Схема объемного напряженного состояния пород в массиве:
а – напряжения на произвольных площадках;
б – главные напряжения

В каждой точке напряженного тела всегда существуют три взаимно перпендикулярные площадки, на которых отсутствуют касательные напряжения. Такие площадки называются главными, а действующие на них

нормальные напряжения – главными напряжениями (рис. 1 б). Они обозначаются $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$; при этом выполняется условие $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$.

Соотношение между главными напряжениями и напряжениями на произвольных площадках для плоской задачи в случае, когда напряжения, перпендикулярные к рассматриваемой плоскости равны нулю, например, $\sigma_3=0$, (рис. 1.2, а) можно определить, используя круг Мора (рис. 1.2, б).

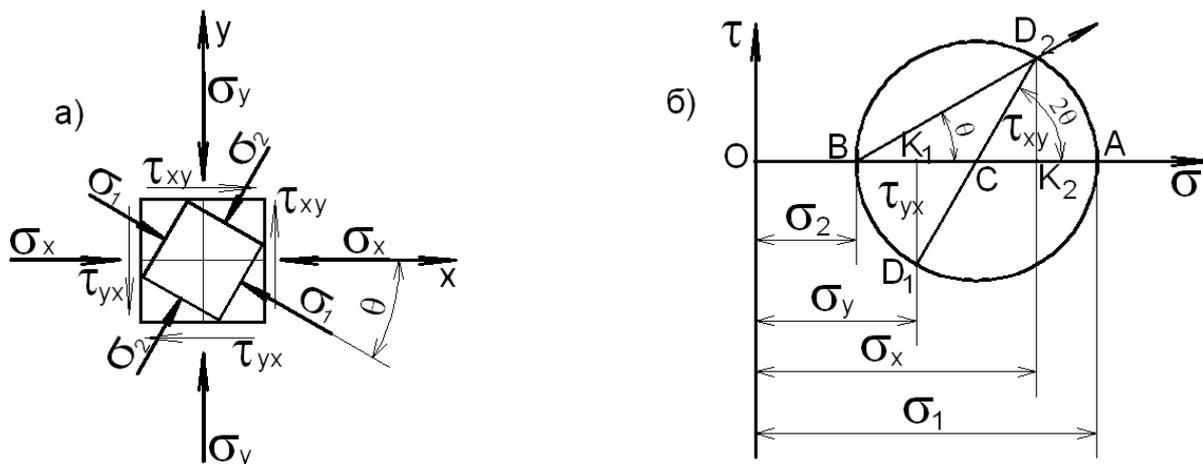


Рис. 1.2. Схема плоского напряженного состояния пород в массиве:
 а – элемент в плоском напряженном состоянии;
 б – круговая диаграмма напряжений (круг Мора)

В определенном масштабе по оси абсцисс откладываем отрезки $OA=\sigma_1$ и $OB=\sigma_2$. На отрезке AB как на диаметре строим круг с центром в точке C . Построенная таким образом окружность называется *кругом напряжений* или *кругом Мора* (рис. 1.2, б). Координаты точек круга Мора соответствуют нормальным и касательным напряжениям на разных площадках. Так для определения напряжений на площадке, проведенной под углом θ , с центра круга C проводим луч под углом 2θ до пересечения с окружностью в точке D_2 .

$$\text{Радиус круга } R = \frac{OA - OB}{2} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}.$$

Так как центр круга C лежит посередине между точками A и B , поэтому

$$OC = \frac{OA + OB}{2} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}.$$

$$\text{Кроме того, } CK_2 = R \cos 2\theta = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\theta,$$

$$\text{тогда } OK_2 = OC + CK_2 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\theta.$$

$$D_2K_2 = R \sin 2\theta = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\theta.$$

$$OK_1 = OC - CK_1 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\theta.$$

Внимание! Для графического анализа напряжений существует особое правило знаков касательных напряжений, согласно которому они на взаимно перпендикулярных площадках имеют разные знаки ($\tau_{yx} = -\tau_{xy}$).

Между главными напряжениями (σ_1 и σ_2) и напряжениями на произвольных площадках легко можно установить зависимость в декартовой системе координат:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\theta, \quad (1.1)$$

$$\sigma_y = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\theta, \quad (1.2)$$

$$\tau_{xy} = -\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\theta, \quad (1.3)$$

где σ_1, σ_2 – главные напряжения, МПа;

$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ – напряжения на произвольных площадках, МПа;

θ – угол наклона главных осей к осям x, y .

На рис. 1.3 показаны компоненты напряжений в полярной системе координат (r, θ).

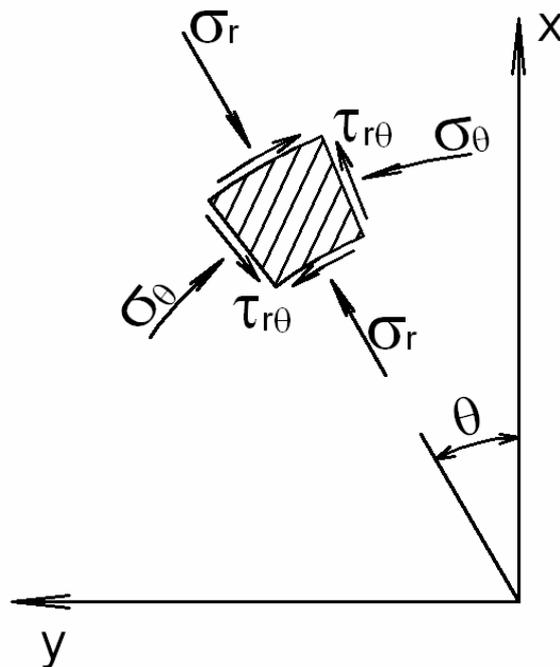


Рис. 1.3. Компоненты напряжений в полярной системе координат

Соотношения между напряжениями в декартовой и полярной системах координат (рис. 1.4) можно получить после преобразования формул (1.1 ... 1.3).

$$\sigma_r = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\theta, \quad (1.4)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\theta, \quad (1.5)$$

$$\tau_{r\theta} = -\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\theta, \quad (1.6)$$

где σ_1, σ_2 – главные напряжения, МПа;

σ_r – радиальное напряжение, МПа;

σ_θ – нормальное тангенциальное напряжение, МПа;

$\tau_{r\theta}$ – касательное напряжение, МПа;

θ – угол наклона главных осей к осям x, y .

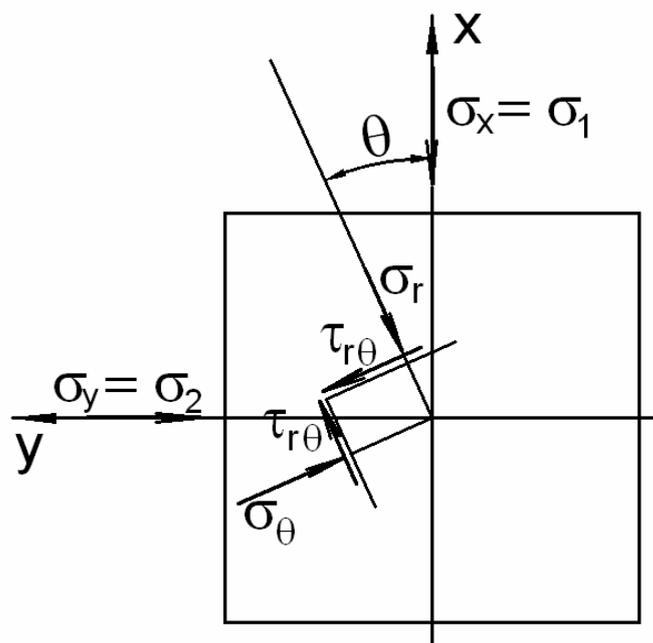


Рис. 1.4. Схема напряжений в декартовой и полярной системах координат

Сведения о напряженном состоянии ненарушенного массива горных пород до начала строительства подземных сооружений и проведения горных выработок представляют собой важную исходную информацию для проектирования и расчета подземных конструкций. Напряженное состояние массива определяется глубиной ведения горных работ, удельным весом пород, строением и свойствами вмещающих пород, а также, неотектоническими движениями в земной коре, вызванными глубинным строением и развитием Земли.

Схему главных напряжений можно представить как действие гравитационных сил на определенной глубине. Вертикальные напряжения можно представить как наибольшие и соответствующие весу столба пород до

поверхности. Горизонтальные напряжения можно определить с учетом коэффициента бокового давления (λ):

$$\lambda = \frac{\mu}{1 - \mu}, \quad (1.7)$$

где μ – коэффициент Пуассона.

Коэффициент Пуассона – это отношение относительной поперечной деформации ε' к относительной продольной деформации ε

$$\mu = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \quad (1.8)$$

Величина μ изменяется для различных материалов в пределах от 0 до 0,5. Коэффициент Пуассона равен 0 для абсолютно жесткого тела, 0,5 – для жидкости.

В табл. 1.1 приведено значение коэффициента Пуассона для различных пород Донбасса.

Таблица 1.1

Коэффициент Пуассона для пород Донбасса

№ п/п	Наименование породы	Коэффициент Пуассона, μ
1	Глинистые сланцы	0,26 ... 0,38
2	Песчанистые сланцы	0,22 ... 0,33
3	Песчаники	0,12 ... 0,24
4	Известняки	0,18 ... 0,20

Компоненты гравитационного начального поля напряжений (рис. 1.5) могут быть вычислены по формулам:

$$\sigma_z^{(0)} = \sigma_1^{(0)} = \gamma H, \quad (1.9)$$

$$\sigma_x^{(0)} = \sigma_y^{(0)} = \sigma_2^{(0)} = \sigma_3^{(0)} = \lambda \gamma H = \frac{\mu}{1 - \mu} \gamma H, \quad (1.10)$$

где γ – удельный вес пород, МН/м³;

λ – коэффициент бокового давления в массиве;

H – глубина, м.

Методические указания к выполнению работы

Задание:

1. Определить компоненты начального поля напряжений в массиве горных пород при проектировании горизонтальной горной выработки круглого сечения.

2. Построить эпюры начальных напряжений: радиальных σ_r , касательных $\tau_{r\theta}$ и нормальных тангенциальных σ_θ .

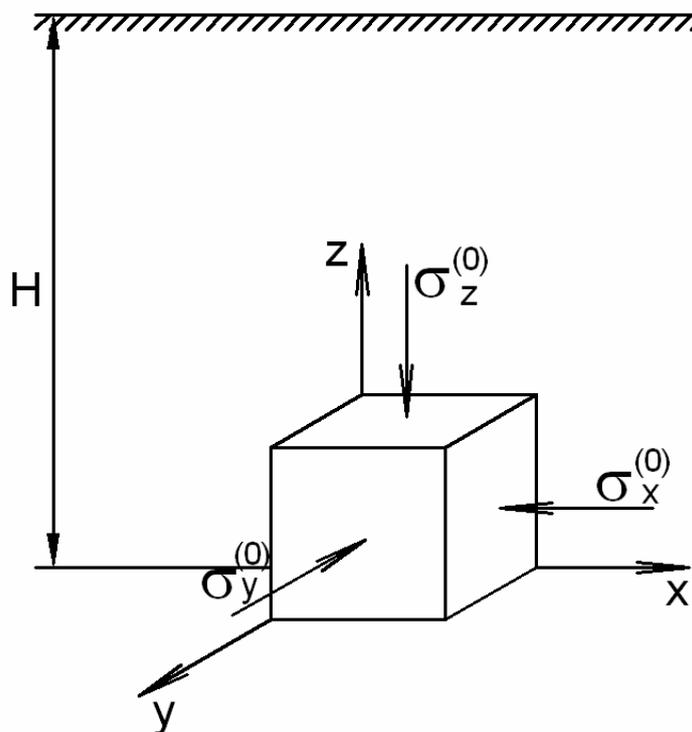


Рис. 1.5. Компоненты начального поля напряжений в нетронутом массиве

Исходные данные

Для выполнения этой работы необходимы такие характеристики пород, как γ – удельный вес пород, МН/м^3 ; μ – коэффициент Пуассона породной толщи, а также глубина H , на которой планируется проведение горной выработки.

Для этой работы, студенты берут исходные данные из условий горного предприятия, где они проходили производственную практику.

Порядок выполнения

1. По формулам (1.9) и (1.10) необходимо определить компоненты начального поля напряжений.

2. Поскольку предполагается проведение выработки круглого сечения, то полученные в пункте 1 компоненты начального поля напряжений по контуру сечения будущей выработки следует представить в полярной системе координат. Вычисления необходимо произвести по формулам (1.4 ... 1.6).

Расчеты следует свести в табл. 1.2.

3. По результатам вычислений построить эпюры радиальных σ_r , касательных $\tau_{r\theta}$ и нормальных тангенциальных σ_θ напряжений.

Таблица 1.2

Расчеты напряжений σ_r , $\tau_{r\theta}$, σ_θ

№ п/п	θ , градус	2θ , градус	$\cos 2\theta$	$\sin 2\theta$	σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0					
2	10	20					
3	20	40					
4	30	60					
5	40	80					
6	50	100					
7	60	120					
8	70	140					
9	90	180					
10	100	200					
11	110	220					
12	120	240					
13	130	260					
14	140	280					
15	150	300					
16	160	320					
17	170	340					
18	180	360					

Пример выполнения работы

В условиях шахты „Западно-Донбасская” ПАО „ДТЭК Павлоградуголь” на глубине $H = 400$ м предполагается проведение горизонтальной горной выработки круглого сечения. Породная толща представлена в основном алевролитами. Удельный вес пород $\gamma = 0,025$ МН/м³, коэффициент Пуассона породной толщи $\mu = 0,3$.

Решение

1. По формулам (1.9) и (1.10) определяем компоненты начального поля напряжений.

$$\sigma_z = 0,025 \cdot 400 = 10 \text{ МПа}; \quad \sigma_x = \sigma_y = \frac{0,3}{1-0,3} \cdot 10 = 4,3 \text{ МПа}.$$

Таким образом, вертикальная составляющая напряжений σ_z ожидается примерно в 2 раза больше, чем горизонтальные σ_x , σ_y .

2. Так как планируется проведение выработки круглого сечения, то полученные выше компоненты начального поля напряжений по контуру выработки представим в полярной системе координат.

Для нашего случая: $\sigma_1^{(0)} = 10$ МПа, $\sigma_2^{(0)} = 4,3$ МПа.

Подставим эти значения в формулы (1.4 ... 1.6) для полярной системы координат:

$$\sigma_r = \frac{10+4,3}{2} + \frac{10-4,3}{2} \cos 2\theta; \quad \sigma_\theta = \frac{10+4,3}{2} - \frac{10-4,3}{2} \cos 2\theta;$$

$$\tau_{r\theta} = -\frac{10-4,3}{2} \sin 2\theta.$$

Для построения эпюры напряжений воспользуемся таблицей с переменными углами θ в полярной системе координат (табл. 1.3).

3. Пример построения эпюр напряжений представлен на рис. 1.6.

Таблица 1.3

Расчеты напряжений $\sigma_r, \tau_{r\theta}, \sigma_\theta$

№ п/п	θ , градус	2θ , градус	$\cos 2\theta$	$\sin 2\theta$	σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	1,000	0	10,00	4,30	0
2	10	20	0,940	0,342	9,83	4,47	-0,97
3	20	40	0,766	0,643	9,33	4,97	-1,83
4	30	60	0,500	0,866	8,58	5,73	-2,47
5	40	80	0,174	0,985	7,64	6,66	-2,81
6	50	100	-0,174	0,985	6,66	7,64	-2,81
7	60	120	-0,500	0,866	5,73	8,58	-2,47
8	70	140	-0,766	0,643	4,97	9,33	-1,83
9	80	160	-0,940	0,342	4,47	9,83	-0,97
10	90	180	-1,000	0	4,30	10,00	0
11	100	200	-0,940	-0,342	4,47	9,83	0,97
12	110	220	-0,766	-0,643	4,97	9,33	1,83
13	120	240	-0,500	-0,866	5,73	8,58	2,47
14	130	260	-0,174	-0,985	6,66	7,64	2,81
15	140	280	0,174	-0,985	7,64	6,66	2,81
16	150	300	0,500	-0,866	8,58	5,73	2,47
17	160	320	0,766	-0,643	9,33	4,97	1,83
18	170	340	0,940	-0,342	9,83	4,47	0,97
19	180	360	1,000	0	10,00	4,30	0

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется коэффициентом Пуассона?

2. Каким образом определяются вертикальные напряжения нетронутого массива?
3. Каким образом определяются горизонтальные напряжения нетронутого массива?

Список литературы

1. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений в примерах и задачах. – М.: Недра. – 1989. – 270 с.
2. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. – М.: Недра. – 1994. – 382с.

Лабораторная работа № 2

Время на выполнение – 2 часа

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД В МАССИВЕ ВОКРУГ ВЫРАБОТКИ

- Учебные цели:**
1. Изучение напряженного состояния пород вокруг выработки круглого сечения.
 2. Приобретение навыков в построении графиков изменения радиальных, нормальных тангенциальных и касательных напряжений в зависимости от соотношения расстояния до рассматриваемой точки массива и радиуса выработки.

Справочный материал для выполнения лабораторной работы №2

Проведение выработки вызывает перераспределение первичного поля напряжений из-за «мгновенной» упругой деформации массива. В общем случае характер образующегося поля напряжений вокруг выработок зависит от совокупного действия многих факторов, которые можно разделить на несколько групп.

Первую группу факторов составляют пространственно-геометрические параметры рассматриваемых выработок. К ним следует отнести форму и размеры поперечного сечения, соотношение длины, ширины и высоты выработки, близость соседних параллельных и наличие пересекающихся выработок и др.

Ко второй группе относятся деформационные характеристики пород, находящихся в непосредственной близости от контура выработки, поскольку именно эта часть массива воспринимает дополнительные нагрузки при проведении выработок.

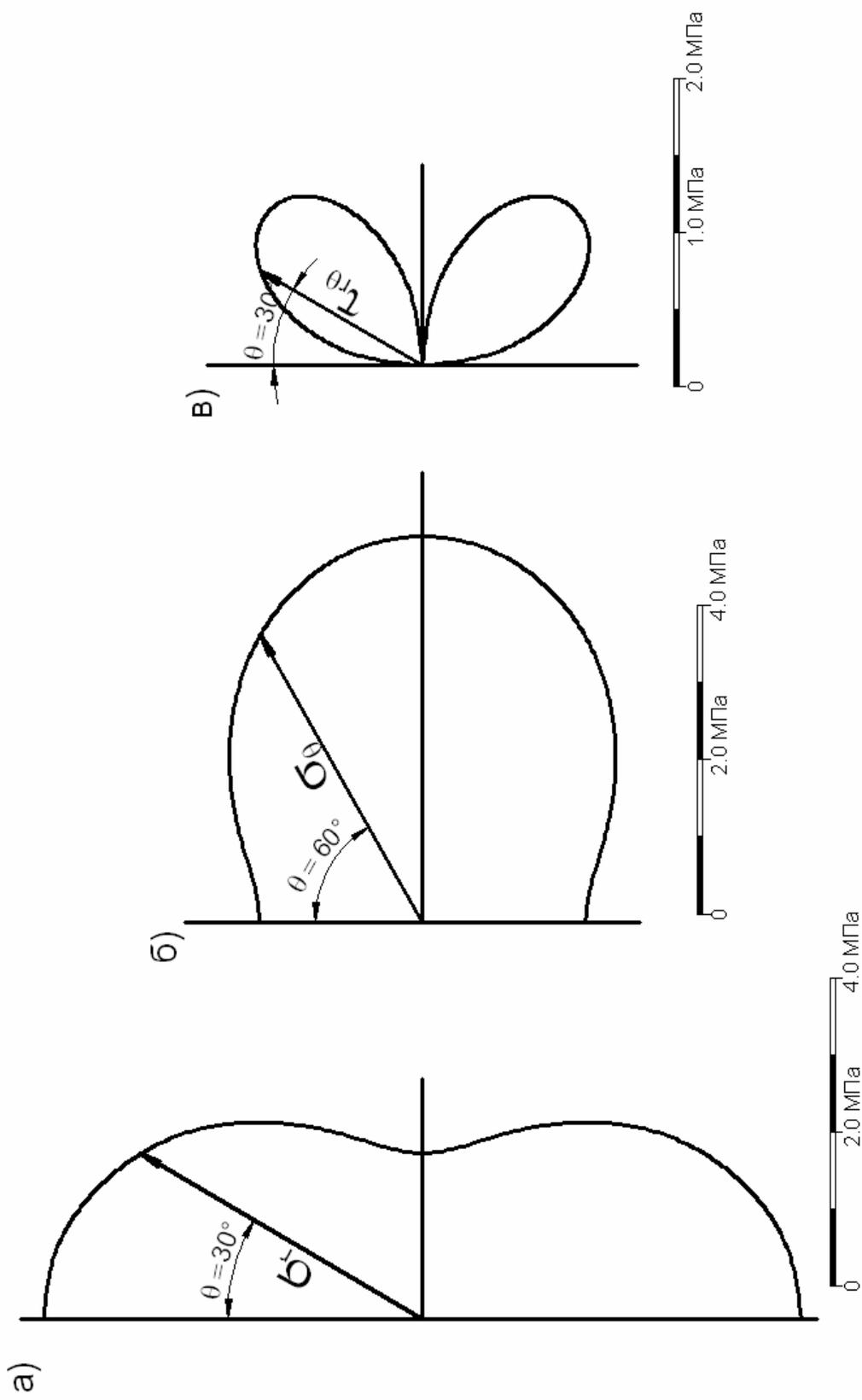


Рис. 1.6. Эпюры напряжений:

а – радиальные напряжения;

б – нормальные тангенциальные напряжения;

в – касательные напряжения

Третья группа факторов охватывает особенности естественного поля напряжений в нетронутом массиве, т.е. до проведения выработки.

Четвертую группу факторов составляют характеристики воздействий на породы вокруг выработки в процессе ее проходки и эксплуатации.

Определение напряженного состояния пород вокруг выработки сводится к вычислению компонент напряжений и перемещений вокруг некоторой полости, находящейся под действием объемных и поверхностных сил. Так как протяженность выработки (длина) во много раз превышает ее ширину и высоту, объемная задача может быть сведена к плоской, т.е. к рассмотрению распределения напряжений лишь вокруг поперечного сечения выработки.

Как известно, закономерность распределения напряжений вокруг горизонтальной выработки, находящейся на глубине более двух ее диаметров, описывается с помощью задач упругого равновесия.

Напряженное состояние нетронутого массива считается постоянным и описано в лабораторной работе № 1.

Схема к определению напряжений вокруг выработок круглого сечения приведена на рис. 2.1.

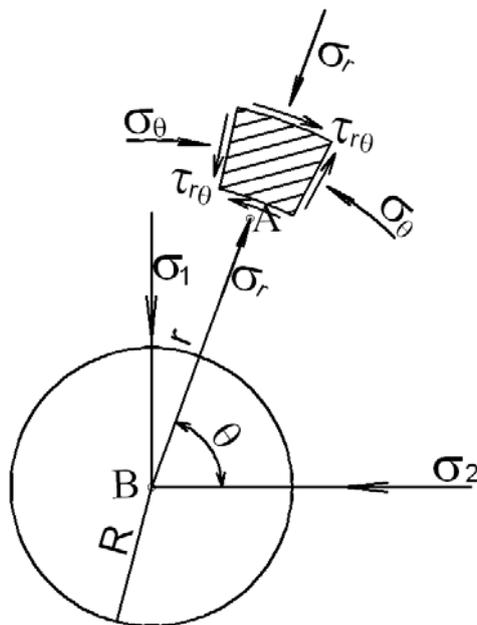


Рис. 2.1. Схема к определению напряжений вокруг выработок круглого сечения

Поле напряжений в массиве вокруг выработки круглого сечения описывается выражениями:

$$\sigma_r = \frac{\gamma H}{2} \left[(1 + \lambda) \cdot \left(1 - \frac{R^2}{r^2} \right) + (1 - \lambda) \cdot \left(1 - \frac{4R^2}{r^2} + \frac{3R^4}{r^4} \right) \cos 2\theta \right], \quad (2.1)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\gamma H}{2} \left[(1 + \lambda) \cdot \left(1 + \frac{R^2}{r^2} \right) - (1 - \lambda) \cdot \left(1 + \frac{3R^4}{r^4} \right) \cos 2\theta \right], \quad (2.2)$$

$$\tau_{r\theta} = -\frac{\gamma H}{2} \cdot (1 - \lambda) \cdot \left(1 + \frac{2R^2}{r^2} - \frac{3R^4}{r^4} \right) \sin 2\theta, \quad (2.3)$$

где σ_r , σ_θ , τ_r – соответственно радиальные, нормальные тангенциальные и касательные напряжения в массиве пород после проведения выработки круглого сечения;

γ – удельный вес пород, МН/м³;

H – глубина заложения выработки, м;

λ – коэффициент бокового давления в нетронутом массиве;

R – радиус выработки, м;

r – радиус до рассматриваемой точки массива, м;

θ – угол полярной системы координат, градус.

Коэффициент бокового давления в нетронутом массиве вычисляется по формуле (1.7) лабораторной работы № 1 в зависимости от коэффициента Пуассона.

Учитывая, что поле напряжений вокруг пройденной выработки зависит от первоначального напряженного состояния (γH), коэффициента бокового давления нетронутого массива и от геометрических пропорций между диаметром и расстоянием до рассматриваемой точки в массиве, радиус выработки можно принять равным 1, тогда расстояние до рассматриваемой точки будет безразмерным коэффициентом равным r/R .

Методические указания к выполнению работы

Задание:

1. Определить радиальные σ_r , нормальные тангенциальные σ_θ и касательные $\tau_{r\theta}$ напряжения вокруг выработки круглого сечения для условий $r/R = 1$, $r/R = 1,5$, $r/R = 2$, $r/R = 2,5$, $r/R = 3$, $r/R = 4$ при $\theta = 0^\circ$; $\theta = 30^\circ$; $\theta = 60^\circ$ и $\theta = 90^\circ$.
2. Построить графики изменения радиальных σ_r , нормальных тангенциальных σ_θ и касательных $\tau_{r\theta}$ напряжений в зависимости от отношений r/R для условий $\theta = 0^\circ$; $\theta = 30^\circ$; $\theta = 60^\circ$ и $\theta = 90^\circ$.

Исходные данные

Для выполнения этой работы необходимы такие характеристики пород, как γ – удельный вес пород, МН/м³; μ – коэффициент Пуассона породной толщи, а также глубина H , на которой планируется проведение горной выработки. Расстояние до рассматриваемой точки массива, которое выражается безразмерным коэффициентом, следует принимать $r/R = 1$, $r/R = 1,5$, $r/R = 2$,

$r/R = 2,5$, $r/R = 3$, $r/R = 4$. Расчеты выполнить для условий $\theta = 0^\circ$, $\theta = 30^\circ$, $\theta = 60^\circ$ и $\theta = 90^\circ$.

Для выполнения этой работы, студенты берут исходные данные (γ , μ и H) из условий горного предприятия, где они проходили производственную практику.

Порядок выполнения

1. Пользуясь формулами (2.1 – 2.3) рассчитать радиальные σ_r , нормальные тангенциальные σ_θ и касательные $\tau_{r\theta}$ напряжения вокруг выработки круглого сечения для условий $r/R = 1$, $r/R = 1,5$, $r/R = 2$, $r/R = 2,5$, $r/R = 3$, $r/R = 4$ при $\theta = 0^\circ$, $\theta = 30^\circ$, $\theta = 60^\circ$ и $\theta = 90^\circ$.

Результаты расчетов представить в виде табл. 2.1.

2. Построить графики изменения радиальных σ_r , нормальных тангенциальных σ_θ и касательных $\tau_{r\theta}$ напряжений в зависимости от отношений r/R для условий $\theta = 0^\circ$, $\theta = 30^\circ$, $\theta = 60^\circ$ и $\theta = 90^\circ$.

Пример выполнения работы

В условиях шахты „Западно-Донбасская” ПАО „ДТЭК Павлоградуголь” на глубине $H = 400$ м пройдена горизонтальная выработка круглого сечения. Породная толща представлена в основном алевролитами. Удельный вес пород $\gamma = 0,025$ МН/м³, коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$. Планируется бурение шпуров для установки канатных анкеров под углами от вертикали $\theta = 0^\circ$, $\theta = 30^\circ$, $\theta = 60^\circ$ и $\theta = 90^\circ$. При этом отношение длины шпура к радиусу выработки составляет $r/R = 1$, $r/R = 1,5$, $r/R = 2$, $r/R = 2,5$, $r/R = 3$, $r/R = 4$.

Решение

1. Пользуясь формулами (2.1 – 2.3) вычисляем радиальные σ_r , нормальные тангенциальные σ_θ и касательные $\tau_{r\theta}$ напряжения вокруг выработки круглого сечения для условий $r/R = 1$, $r/R = 1,5$, $r/R = 2$, $r/R = 2,5$, $r/R = 3$, $r/R = 4$ при $\theta = 0^\circ$, $\theta = 30^\circ$, $\theta = 60^\circ$ и $\theta = 90^\circ$.

Результаты расчетов заносим в табл. 2.2.

2. В качестве примера строим графики изменения радиальных σ_r , нормальных тангенциальных σ_θ и касательных $\tau_{r\theta}$ напряжений в зависимости от отношений r/R для условий $\theta = 30^\circ$ (рис. 2.2). Для удобства построения графиков данные представим в виде табл. 2.3.

Таблица 2.3

Исходные данные для построения графиков

r/R	σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа
1	0	8,57	0
1,5	3,70	8,04	-3,21
2	5,63	7,23	-3,25
2,5	6,62	6,75	-3,08
3	7,20	6,46	-2,93
4	7,78	6,14	-2,75

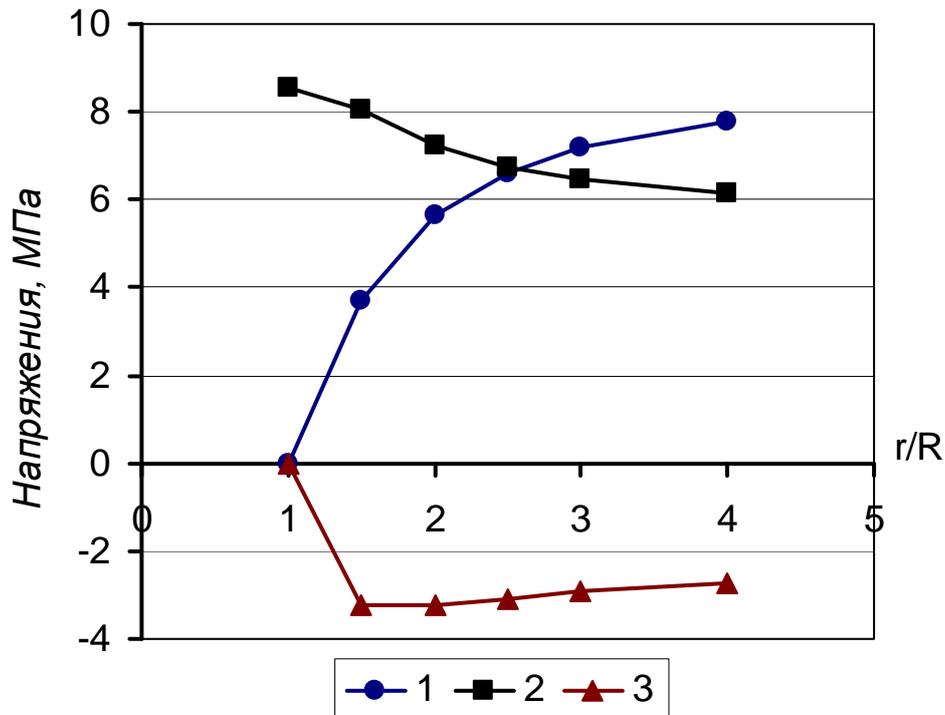


Рис. 2.2. Графики изменения радиальных, нормальных тангенциальных и касательных напряжений в зависимости от коэффициента r/R:

1 – радиальные напряжения σ_r ;

2 – нормальные тангенциальные напряжения σ_θ ;

3 – касательные напряжения $\tau_{r\theta}$

Таким образом, радиальные напряжения с увеличением глубины шпура увеличиваются и стабилизируются, тангенциальные напряжения уменьшаются, но медленно, а касательные – возрастают с увеличением глубины шпура.

Таблица 2.1

Расчеты напряжений σ_r , $\tau_{r\theta}$, σ_θ

θ , градус	2θ , градус	$\cos 2\theta$	$\sin 2\theta$	r/R = 1			r/R = 1,5			r/R = 2		
				σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа	σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа	σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа
0	0											
30	60											
60	120											
90	180											

θ , градус	2θ , градус	$\cos 2\theta$	$\sin 2\theta$	r/R = 2,5			r/R = 3			r/R = 4		
				σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа	σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа	σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа
0	0											
30	60											
60	120											
90	180											

Таблица 2.2

Расчеты напряжений σ_r , $\tau_{r\theta}$, σ_θ

θ , градус	2θ , градус	$\cos 2\theta$	$\sin 2\theta$	$r/R = 1$				$r/R = 1,5$				$r/R = 2$			
				σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа	σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа	σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа	σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа
				0	0	1,00	0	2,86	0	3,44	5,77	0	5,89	5,54	0
30	60	0,50	0,866	8,57	0	3,70	8,04	-3,21	5,63	7,23	-3,25	5,09	10,63	-3,25	
60	120	-0,50	0,866	20,00	0	4,23	12,59	-3,21	4,82	12,32	0	4,82	12,32	0	
90	180	-1,00	0	25,71	0	4,50	14,87	0	4,82	12,32	0	4,82	12,32	0	

θ , градус	2θ , градус	$\cos 2\theta$	$\sin 2\theta$	$r/R = 2,5$				$r/R = 3$				$r/R = 4$			
				σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа	σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа	σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа	σ_r , МПа	σ_θ , МПа	$\tau_{r\theta}$, МПа
				0	0	1,00	0	7,25	5,21	0	8,04	4,97	0	8,87	4,70
30	60	0,50	0,866	6,62	6,75	-3,08	7,20	6,46	-2,93	7,78	6,14	-2,75	7,78	6,14	-2,75
60	120	-0,50	0,866	5,38	9,82	-3,08	5,50	9,42	-2,93	5,61	9,03	-2,75	5,61	9,03	-2,75
90	180	-1,00	0	4,75	11,36	0	4,66	10,90	0	4,52	10,48	0	4,52	10,48	0

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите факторы, влияющие на характер образующегося поля напряжений вокруг выработок.
2. Охарактеризуйте зависимости радиальных σ_r , нормальных тангенциальных σ_θ и касательных $\tau_{r\theta}$ напряжений от отношения r/R для условий $\theta=0^\circ$; $\theta=30^\circ$, $\theta=60^\circ$ и $\theta=90^\circ$.

Список литературы

1. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений в примерах и задачах. – М.: Недра. – 1989. – 270 с.
2. Турчанинов И.А., Иосиф М.А., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. – М.: Недра. – 1977. – 503 с.

Лабораторная работа № 3

Время на выполнение – 2 часа

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА МЕЖДУ ВЫРАБОТКАМИ ВНЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

- Учебные цели:**
1. Изучение напряженного состояния горного массива между выработками вне зоны влияния очистных работ.
 2. Приобретение навыков в определении допустимого расстояния между двумя выработками, исключаящее их взаимное влияние друг на друга.

Справочный материал для выполнения лабораторной работы №3

В соответствии с нормативным документом „Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах” [1] протяженные участки околоствольных дворов и вскрывающих выработок для исключения их взаимного влияния должны находиться друг от друга на расстоянии более L_b определяемом по формуле:

$$L_b = (b_1 + b_2) \cdot k_L, \quad (3.1)$$

где $(b_1 + b_2)$ – суммарная ширина взаимовлияющих выработок в черне, м;

k_L – коэффициент, определяемый по таблице 3.1 (табл. 5.1 [1]).

Расчетная глубина размещения выработки определяется по формуле:

$$H_p = H \cdot k, \quad (3.2)$$

где H – геометрическая глубина размещения выработки, м;

k – коэффициент концентрации напряжений, обусловленный воздействием тектонических нарушений и влиянием очистных работ.

Таблица 3.1

Определение коэффициента k_L

Расчетная глубина расположения выработки H_p , м	Коэффициент k_L при расчетном сопротивлении, R_c МПа							
	для выработок по простиранию				для выработок вкрест простирания			
	30	60	90	более 120	30	60	90	более 120
До 300	3,5/2	1,8/1,6	1,5/1,3	1,2/1	1,8	1,5	1,2	1,0
300 – 600	4/2,5	2/1,8	1,7/1,5	1,4/1,2	2,2	1,8	1,5	1,2
600 – 900	4,5/3	2,5/2,1	2/1,7	1,6/1,4	2,6	2,1	1,7	1,4
900 – 1200	5/3,5	3,5/3	2,5/2	1,8/1,6	3,0	2,5	2	1,5
Более 1200	5,5/4	4/3,5	3/2,3	2/1,8	3,4	2,9	2,4	1,7

Примечание. В числителе показаны значения k_L при углах падения до 35° , в знаменателе для углов падения более 35° .

Вне влияния этих факторов коэффициент k принимается равным 1. При пересечении выработками дизъюнктивных нарушений с амплитудой свыше 50 м, в замках складок радиусом менее 100 м k принимается 1,5.

Расчетное сопротивление пород массива сжатию определяется по формуле:

$$R_c = R \cdot k_c, \quad (3.3)$$

где R – сопротивление пород сжатию в образце, МПа;

k_c – коэффициент, учитывающий нарушенность горного массива, например, трещиноватость. Коэффициент k_c определяется по таблице 3.2 (табл. 3.1 [1]).

Таблица 3.2

Характеристика дизъюнктивной нарушенности массива пород

Показатели	k_c
Отсутствие нарушенности	0,9
Наличие мелкоамплитудных (до 10 м) нарушений	0,8
Наличие нарушений с амплитудой более 10 м	0,6
Зона дробления и смятия пород непосредственно в самом нарушении	0,3

При наличии поверхностей ослабления или разупрочнения обводненных пород принимаются соответствующие коэффициенты по таблицам 3.2 и 3.3 [1].

Методические указания к выполнению работы

Задание:

1. Определить допустимое расстояние между двумя выработками, исключаящее их взаимное влияние друг на друга.
2. Вычислить в полярной системе координат значения радиальных σ_r , нормальных тангенциальных σ_θ и касательных $\tau_{r\theta}$ напряжений с целью определения компонентов поля напряжений в середине целика между выработками.

Исходные данные

Каждый студент самостоятельно планирует направление проведения выработок относительно шахтного поля для условий шахты, где он проходил производственную практику.

Основные исходные данные для решения задачи рационального выбора расположения выработок:

- выработка пройдена по простиранию или вкрест простирания пласта;
- наличие на участке проектирования выработок тектонической нарушенности (обязательно указание амплитуды нарушений);
- физико-механические характеристики массива горных пород (γ – удельный вес пород, МН/м³; μ – коэффициент Пуассона породной толщи, R – сопротивление пород сжатию в образце, МПа);
- H – глубина проведения выработок, м; (b_1, b_2) – ширина проектируемых выработок вчерне, м.

Для выполнения этой работы, студенты берут исходные данные из условий горного предприятия, где они проходили производственную практику.

Порядок выполнения

1. По формуле (3.2) необходимо определить расчетную глубину размещения выработки.

2. По формуле (3.3) вычислить расчетное сопротивление пород массива сжатию, учитывая нарушенность горного массива в месте проведения выработки.

3. Используя формулу (3.1), рассчитать расстояние L_b , исключаящее взаимное влияние выработок друг на друга.

4. Для определения компонентов поля напряжений в середине целика между выработками вычислить в полярной системе координат значения радиальных, нормальных тангенциальных и касательных напряжений, используя формулы (2.1 ... 2.3) лабораторной работы № 2.

Пример выполнения работы

В условиях шахты „Западно-Донбасская” ПАО „ДТЭК Павлоградуголь” на глубине 400 м планируется проведение двух выработок по простиранию. Выработки будут пройдены в нарушенной зоне с амплитудой нарушений, не превышающей 5 м. Площадь поперечного сечения обеих выработок $13,8 \text{ м}^2$, т.е. ширина этих выработок вчерне $b_1 = b_2 = 5,6 \text{ м}$. Толща пород представлена аргиллитами и алевролитами, поэтому сопротивление пород сжатию в образце, $R=20 \text{ МПа}$. Удельный вес пород $\gamma = 0,025 \text{ МН/м}^3$, коэффициент Пуассона породной толщи $\mu = 0,3$.

Решение

1. Расчетную глубину размещения выработок определяем по формуле (3.2). Так как выработки планируется проводить в нарушенной зоне с амплитудой, не превышающей 5 м, коэффициент концентрации напряжений равен $k=1$

$$H_p = 400 \cdot 1 = 400 \text{ м.}$$

2. Расчетное сопротивление пород массива сжатию вычисляем по формуле (3.3). Так как на участке присутствует мелкоамплитудная нарушенность, коэффициент $k_c=0,8$

$$R_c = 20 \cdot 0,8 = 16 \text{ МПа.}$$

3. Расстояние L_b , исключая взаимное влияние выработок друг на друга, определяем по формуле (3.1). Коэффициент k_L выбираем из табл. 3.1 с учетом вычисленных значений расчетной глубины проведения выработок и расчетного сопротивления пород массива сжатию, $k_L=4$.

$$L_b = (5,6 + 5,6) \cdot 4 = 44,8 \text{ м.}$$

4. Для определения компонентов поля напряжений в середине целика между выработками вычислим в полярной системе координат значение радиальных, нормальных тангенциальных и касательных напряжений по формулам (2.1 ... 2.3) лабораторной работы № 2.

Радиальное напряжение в целике не может быть получено суммированием радиальных напряжений от двух выработок.

$$\sigma_r = \frac{\gamma H}{2} \left[(1 + \lambda) \cdot \left(1 - \frac{R^2}{r^2} \right) + (1 - \lambda) \cdot \left(1 - \frac{4R^2}{r^2} + \frac{3R^4}{r^4} \right) \cos 2\theta \right].$$

В середине целика радиальные напряжения при $r/R=4$ и $\theta=45^\circ$ составит $\sigma_r = 4,25$ МПа.

Нормальные тангенциальные напряжения в середине целика необходимо суммировать как действие от каждой выработки.

$$\sigma_\theta = \frac{\gamma H}{2} \left[(1 + \lambda) \cdot \left(1 + \frac{R^2}{r^2} \right) - (1 - \lambda) \cdot \left(1 + \frac{3R^4}{r^4} \right) \cos 2\theta \right]$$
$$\sigma_\theta = 20,9 \text{ МПа.}$$

Действительные напряжения в середине целика несколько ниже [2].

Очевидно, что на площадках наклоненных под углом в $\pm 45^\circ$ к осям сжатия, действуют касательные напряжения максимальной величины:

$$\tau_{\max} = \pm \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}, \quad \sigma_1 = \sigma_\theta; \quad \sigma_2 = \sigma_r$$

$$\text{При этом } \tau_{\max} = \pm \frac{20,9 - 4,25}{2} = 8,3 \text{ МПа.}$$

Лишь нормальные тангенциальные напряжения (вертикальные) примерно равны крепости пород, что дает право утверждать о допустимой величине целика и при проектировании выработки необходимо принимать технические решения по креплению выработок как одинарных.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные исходные данные для решения задачи выбора рационального расположения выработок.
2. Назовите нормативный документ, в соответствии с которым определяется расстояние, исключаящее влияние выработок друг на друга.
3. Как определяется расчетная глубина расположения выработки?
4. Как определяется расчетное сопротивление пород массива сжатию?

Список литературы

1. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах КД 12.01.201-98 / Руководящий нормативный документ. – Мінпаливенерго України, 1998. – 148 с.
2. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений в примерах и задачах. – М.: Недра. – 1989. – 270 с.

Лабораторная работа № 4

Время на выполнение – 6 часов

РАСЧЕТ ОЖИДАЕМЫХ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД В ЗОНЕ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

- Учебные цели:**
1. Изучение методики расчета ожидаемых сдвижений и деформаций массива горных пород в зоне влияния опорного давления.
 2. Приобретение навыков в построении изолиний оседаний и вертикальных деформаций в зоне влияния опорного давления.

Справочный материал для выполнения лабораторной работы №4

Расчет сдвижений и деформаций в зоне опорного давления выполняется в соответствии с нормативным документом „Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах” [1]. Расчет сдвижений и деформаций в зоне опорного давления (сжатие горного массива) выполняется на основе определения вертикальных векторов сдвижения. Предпосылкой для решения этой задачи принято, что оседание земной поверхности над неотработанной частью пласта равно сумме вертикальных деформаций горных пород в зоне опорного давления.

Протяженность области опорного давления принимается равной длине краевой части над невынутой частью пласта и равна:

$$L_0 = H \cdot \operatorname{ctg} \delta_0 \cdot \cos \alpha, \quad (4.1)$$

где H – глубина залегания пласта (ведения горных работ), м;

δ_0 – граничный угол по простиранию пласта, градус;

α – угол падения пласта, градус.

Граничный угол δ_0 определяется в зависимости от месторождения и марки угля по табл. 5.1 „Правил подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом” [2].

Схема, с помощью которой выполняется расчет сдвижений и деформаций на разрезе по простиранию, приведена на рис. 4.1.

Построения выполняются в следующей последовательности. На разрезе по простиранию от границы выработки в сторону целика откладывается отрезок 5-В, равный значению L_0 и соответствующий размеру зоны опорного давления в плоскости угольного пласта по простиранию.

Отрезок 5-В делится на четыре равные части. Через точки деления проводятся вертикальные линии I, II, III, IV и V. На вертикальной линии, проходящей через границу выработки (точка 5), в сторону кровли и почвы пласта откладываются отрезки равные L_0 (точки 1 и 9). Отрезок 1-9 делится на восемь равных частей, а точки деления соединяются с точкой В прямыми.

В схеме распределения сдвижений допущен ряд упрощений в расчетах, неизбежных ввиду отсутствия достаточных натуральных данных для решения этой задачи:

- 1) Вертикальные сдвижения в пласте убывают от точки *I* до точки *B*, аналогичны сдвижениям земной поверхности по линии *I-V*.
- 2) Максимальные деформации сжатия должны быть в краевой части в точке 5.
- 3) Характер распределения вертикальных сдвижений по вертикали *I-B-9* принимается таким же и по пласту.

Оседания в зоне опорного давления определяются для узловых точек – точек пересечения вертикальных линий *I, II, III...* и наклонных линий *I-B, 2-B* и т.д. по формуле:

$$\eta = \eta_0 \cdot S(z), \quad (4.2)$$

где η_0 – максимальное оседание земной поверхности (определяется в соответствии с [2]);

$S(z)$ – коэффициент, характеризующий оседание в зоне опорного давления (определяется по [2]).

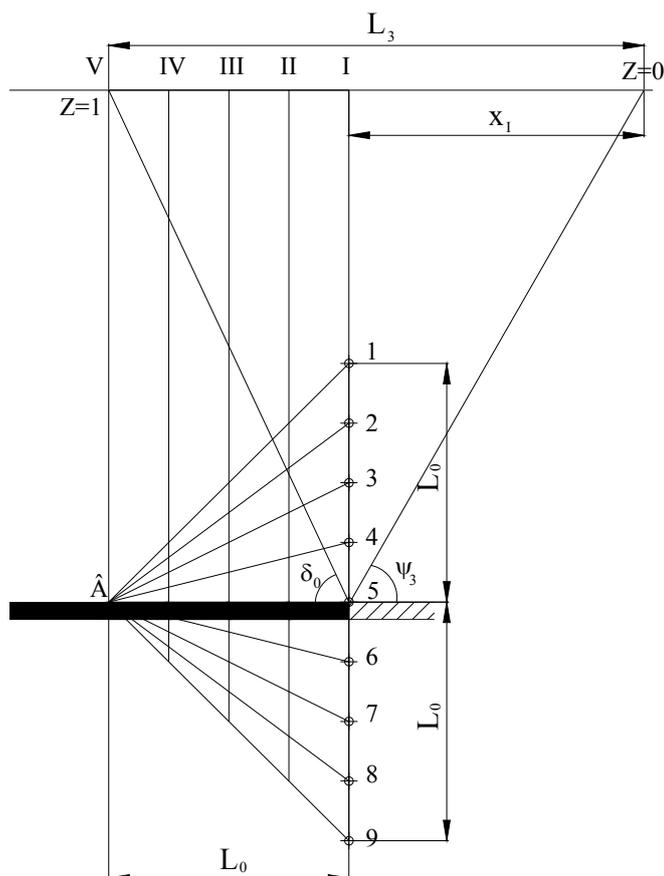


Рис. 4.1. Схема к расчету вертикальных деформаций массива в зоне опорного давления

В соответствии с [2] максимальное оседание земной поверхности в условиях полной подработки вычисляется по формуле:

$$\eta_0 = m \cdot q_0 \cdot \cos \alpha, \quad (4.3)$$

где m – вынимаемая мощность пласта, м;
 q_0 – относительное максимальное оседание,
 α – угол падения пласта, градус

Коэффициенты $S(z)$, характеризующие распределение оседаний в зоне опорного давления определяются по таблице 4.1 (табл. А.2 [1]).

Табличные величины $a = S(z_I)$, $b = S(z_{II})$, $c = S(z_{III})$ и $d = S(z_{IV})$ определяются согласно [1] в зависимости от соотношения $z = x/L_3$ с точностью до третьего знака соответственно для точек пересечения вертикальных линий I, II, III, IV с земной поверхностью. Значения x_1, x_2, x_3 и x_4 определяются графически (рис. 4.1).

Таблица 4.1

Определение коэффициентов $S(z)$ в точках вертикальных линий

Наклонные линии	Коэффициенты $S(z)$ в точках вертикальных линий				
	<i>V</i>	<i>IV</i>	<i>III</i>	<i>II</i>	<i>I</i>
<i>1-B</i>	0	$\frac{d}{q_0}$	$\frac{c}{q_0}$	$\frac{b}{q_0}$	$\frac{a}{q_0}$
<i>2-B</i>	0	$\frac{d(a-0,5d)}{aq_0}$	$\frac{c(a-0,5d)}{aq_0}$	$\frac{b(a-0,5d)}{aq_0}$	$\frac{a-0,5d}{q_0}$
<i>3-B</i>	0	$\frac{d(a-0,5c)}{aq_0}$	$\frac{c(a-0,5c)}{aq_0}$	$\frac{b(a-0,5c)}{aq_0}$	$\frac{a-0,5c}{q_0}$
<i>4-B</i>	0	$\frac{d(a-0,5b)}{aq_0}$	$\frac{c(a-0,5b)}{aq_0}$	$\frac{b(a-0,5b)}{aq_0}$	$\frac{a-0,5b}{q_0}$
<i>5-B</i>	0	$\frac{d}{2q_0}$	$\frac{c}{2q_0}$	$\frac{b}{2q_0}$	$\frac{a}{2q_0}$
<i>6-B</i>	0	$\frac{bd}{2aq_0}$	$\frac{bc}{2aq_0}$	$\frac{b^2}{2aq_0}$	$\frac{b}{2q_0}$
<i>7-B</i>	0	$\frac{cd}{2aq_0}$	$\frac{c^2}{2aq_0}$	$\frac{bc}{2aq_0}$	$\frac{c}{2q_0}$
<i>8-B</i>	0	$\frac{d^2}{2aq_0}$	$\frac{cd}{2aq_0}$	$\frac{bd}{2aq_0}$	$\frac{d}{2q_0}$
<i>9-B</i>	0	0	0	0	0

Длина полумульды на разрезе по простиранию определяется графически (рис. 4.1) или по формуле:

$$L_3 = H(\operatorname{ctg} \delta_0 + \operatorname{ctg} \psi_3), \quad (4.4)$$

где H – глубина залегания пласта (ведения горных работ), м;
 δ_0 – граничный угол по простиранию пласта, градус;

ψ_3 – угол полных сдвижений, градус.

Граничный угол δ_0 и угол полных сдвижений ψ_3 определяются в зависимости от месторождения и марки угля по табл. 5.1 „Правил подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом” [2].

На разрезе по простиранию в зоне опорного давления в однородных породах вычисляются вертикальные деформации для середин интервалов между узловыми точками по формуле:

$$\varepsilon_z = (\eta_i - \eta_{i-1}) / \Delta H, \quad (4.5)$$

где η_i, η_{i-1} – оседания смежных точек на вертикальных линиях (*I, II, III ...*);

ΔH – вертикальное расстояние между точками, определяется графически на вертикальном разрезе.

Результаты расчетов оседаний и вертикальных деформаций целесообразно представить в виде табл. 4.2 и 4.3.

Таблица 4.2

Оседания от влияния очистных работ

Наклонные линии	Оседания в точках вертикальных линий, мм				
	<i>V</i>	<i>IV</i>	<i>III</i>	<i>II</i>	<i>I</i>
<i>1-B</i>					
<i>2-B</i>					
<i>3-B</i>					
<i>4-B</i>					
<i>5-B</i>					
<i>6-B</i>					
<i>7-B</i>					
<i>8-B</i>					
<i>9-B</i>					

Таблица 4.3

Вертикальные деформации от влияния очистных работ

Наклонные линии	Деформации в точках вертикальных линий, $\times 10^{-3}$				
	<i>V</i>	<i>IV</i>	<i>III</i>	<i>II</i>	<i>I</i>
<i>1-B</i>					
<i>2-B</i>					
<i>3-B</i>					
<i>4-B</i>					
<i>5-B</i>					
<i>6-B</i>					
<i>7-B</i>					
<i>8-B</i>					
<i>9-B</i>					

Используя данные табл. 4.2 и 4.3, на рис. 4.1 методом интерполяции строятся изолинии оседаний и вертикальных деформаций.

Методические указания к выполнению работы

Задание:

1. Определить ожидаемые величины оседаний и вертикальных деформаций горных пород в зоне опорного давления.
2. По данным, полученным в пункте 1, используя метод интерполяции построить изолинии оседаний и вертикальных деформаций.

Исходные данные

Работа выполняется студентом для условий предприятия, где он проходил производственную практику. Параметры для расчета оседаний и вертикальных деформаций, такие как глубина ведения работ (H), вынимаемая мощность пласта (m), граничный угол (δ_0), угол полных сдвижений (ψ_3), угол падения пласта (α) и величина относительного максимального оседания (q_0), студенты определяют самостоятельно для конкретного горного предприятия по материалам производственной практики.

Порядок выполнения

1. По формуле (4.1) рассчитать протяженность области опорного давления, которая принимается равной длине краевой части над невынутой частью пласта.
2. Пользуясь описанной выше методикой, выполнить построение схемы к расчету вертикальных деформаций массива в зоне опорного давления. Масштаб построений выбрать самостоятельно в зависимости от глубины ведения работ и протяженности области опорного давления.
3. По формуле (4.3) вычислить максимальное оседание земной поверхности.
4. Оседания в зоне опорного давления рассчитать для узловых точек по формуле (4.2). Коэффициенты $S(z)$, характеризующие распределение оседаний в зоне опорного давления определить по таблице 4.1. Длину полумульды на разрезе по простиранию определить графически или по формуле (4.4).
Результаты расчетов оседаний представить в виде табл. 4.2.
5. В зоне опорного давления вычислить вертикальные деформации для середин интервалов между узловыми точками по формуле (4.5). Результаты расчетов вертикальных деформаций представить в виде табл. 4.3.
6. На схеме (рис. 4.1) построить изолинии оседаний и вертикальных деформаций, используя данные, приведенные в табл. 4.2 и 4.3. Шаг изолиний

выбрать самостоятельно в зависимости от полученных значений оседаний и вертикальных деформаций.

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните принцип построения схемы для расчета сдвижений и деформаций.
2. Назовите формулу для определения протяженности области опорного давления.
3. Каким документом регламентируется расчет сдвижений и деформаций в зоне опорного давления?
4. Какие величины влияют на величину максимального оседания?

Список литературы

1. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах / Руководящий нормативный документ. – Мінпаливенерго України, 1998. – 148 с.
2. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом / Отраслевой стандарт. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 127 с.

Лабораторная работа № 5

Время на выполнение – 6 часов

ПОСТРОЕНИЕ ЗОН ПОВЫШЕННОГО ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ (ПГД) ДЛЯ УСЛОВИЙ БОЛЬШИХ ГЛУБИН

- Учебные цели:**
1. Изучение методики построения зон повышенного горного давления для условий больших глубин.
 2. Приобретение навыков в построении зон ПГД от целиков и краевых частей угольных пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа.

Справочный материал для выполнения лабораторной работы №5

Целики и краевые части, оставленные на смежных угольных пластах, создают зоны повышенного горного давления (ПГД), которые являются зонами повышенной выбросоопасности.

В настоящее время маркшейдерская служба шахт при разработке пластов, опасных и угрожаемых по внезапным выбросам угля и газа, выполняет построение зон ПГД в соответствии с нормативным документом „Построение

зон защиты и ПГД для условий больших глубин. Методика КД 12.07.301-96” [1].

В данном случае следует различать понятия „целик” и „краевая часть пласта”. Целиком при построении зон ПГД называют часть неотработанного угольного пласта, наименьший размер которого L не превышает $2l$, где l – ширина зоны опорного давления, определяемая по номограмме в зависимости от глубины разработки и вынимаемой мощности пласта, на котором оставлен целик. Краевой частью пласта называют участок неотработанного угольного пласта, наименьший размер которого превышает $2l$.

Для построения границ зон ПГД необходимо иметь следующие исходные данные:

- глубину разработки H , пласта, на котором оставлены целик, или краевая часть, м;
- угол падения α , градус;
- вынимаемую мощность пласта m , м;
- размер выработанного пространства a , по пласту, на котором оставлены целик или краевая часть, м;
- размер целика L , м;
- мощность междупластья при подработке h_1 , или при надработке h_2 , м.

Построение границ зон ПГД от краевых частей

1. По номограмме на рис. 5.1 (рис. 2 [1]), определяется ширина зоны опорного давления l в зависимости от глубины разработки H и вынимаемой мощности m пласта.

2. По данным табл. 5.1 (табл. 6 [1]) определяются размеры зон ПГД в кровлю d_1 , и почву d_2 , от краевой части в зависимости от размеров выработанного пространства a и глубины разработки H пласта.

Таблица 5.1

Значения дальностей зон ПГД в кровлю d_1 и почву d_2

Глубина разработки, H , м	Значения d_1 , м					Значения d_2 , м				
	при ширине выработанного пространства a , м					при ширине выработанного пространства a , м				
	100	125	150	200	250	100	125	150	200	250
300	92	98	105	110	115	80	92	104	108	110
400	105	113	120	122	125	93	105	115	118	120
500	115	125	130	132	135	105	115	125	128	130
600	120	130	135	138	140	117	127	135	138	140
800	135	145	150	155	157	125	133	140	145	146
1000	145	155	160	165	168	132	140	148	150	153
1200	155	165	173	177	180	140	148	155	158	160

Примечание. Значения d_1 , и d_2 при $a < 100$ м принимают равными значениям d_1 и, d_2 при $a = 100$ м, при $a > 250$ м – равными значениями d_1 , и d_2 при $a = 250$ м.

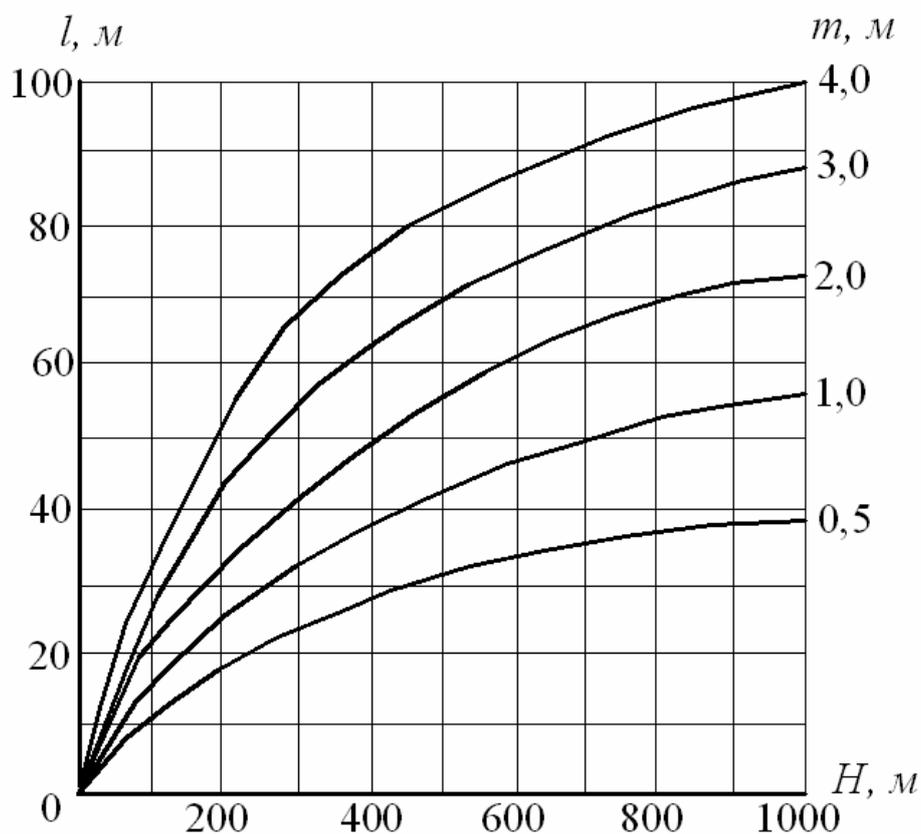


Рис. 5.1. Номограмма для определения ширины зоны опорного давления l :
 H – глубина разработки,
 m – вынимаемая мощность пласта

3. Пользуясь табл. 5.2 (табл. 4 [1]), определяются углы защиты δ_1 , δ_2 , δ_3 , δ_4 в зависимости от угла падения пласта α .

При построении зон ПГД в сечении по простиранию углы δ_1 (δ_2) и δ_3 (δ_4) принимают соответственно равными 80° и 75° .

4. Построение границ зон ПГД от краевых частей на разрезе вкrest простирания и по простиранию выполняется согласно рис. 5.2.

5. Определяется категория опасности зон ПГД и порядок применения комплекса мер в зонах ПГД по данным табл. 5.3 (табл. 8[1]).

Категория опасности зон ПГД устанавливается в зависимости от условий разработки пласта в зоне ПГД, мощности междупластий h_1 и h_2 и размеров зон ПГД от краевых частей и целиков d_1 и d_2 .

На участках совмещения зон ПГД от нескольких соседних пластов категория опасности устанавливается по наиболее опасной из совмещенных зон.

В зонах ПГД (от краевых частей пластов и целиков соседних пластов) на участках протяженностью 15 м, примыкающих к выработанному

пространству вышележащих этажей (ярусов), устанавливается III категория опасности.

Таблица 5.2

Определение углов защиты δ_i и углов давления φ_i

Угол падения, градус	Угол защиты, градус				Угол давления, градус		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	φ_1	φ_2	φ_3
0	80	80	75	75	64	64	64
10	77	83	75	75	62	63	63
20	73	87	75	75	60	60	61
30	69	90	77	70	59	59	59
40	65	90	80	70	58	56	57
50	70	90	80	70	56	54	55
60	72	90	80	70	54	52	53
70	72	90	80	72	54	48	52
80	73	90	78	75	54	46	50
90	75	80	75	80	54	43	48

Таблица 5.3

Категории опасности зон ПГД

Категории опасности зон ПГД	Условия разработки пласта в зоне ПГД	Порядок применения комплекса мер в зоне ПГД
I	При переходе створов с границами очистных работ при $10m < h_2 \leq 0,5d_2$; $10m < h_1 \leq 0,5d_1$; зоны ПГД, осложненные геологическими нарушениями	Особо опасные участки, горные работы ведут в соответствии с п. 1.3.5 «Инструкции по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа»
II	При переходе створов с границами очистных работ при $0,5d_2 < h_2 \leq 0,8d_2$; $0,5d_1 < h_1 \leq 0,8d_1$; в зонах ПГД от целиков и краевых частей при $h_2 \leq 0,8d_2$; $h_1 \leq 0,8d_1$	Согласовывают с МакНИИ
III	В зонах ПГД при $0,8d_2 < h_2 \leq d_2$; $0,8d_1 < h_1 \leq d_1$	Определяет главный инженер шахты. Допускается ведение текущего прогноза, при выявлении опасных зон участок переводится во II категорию

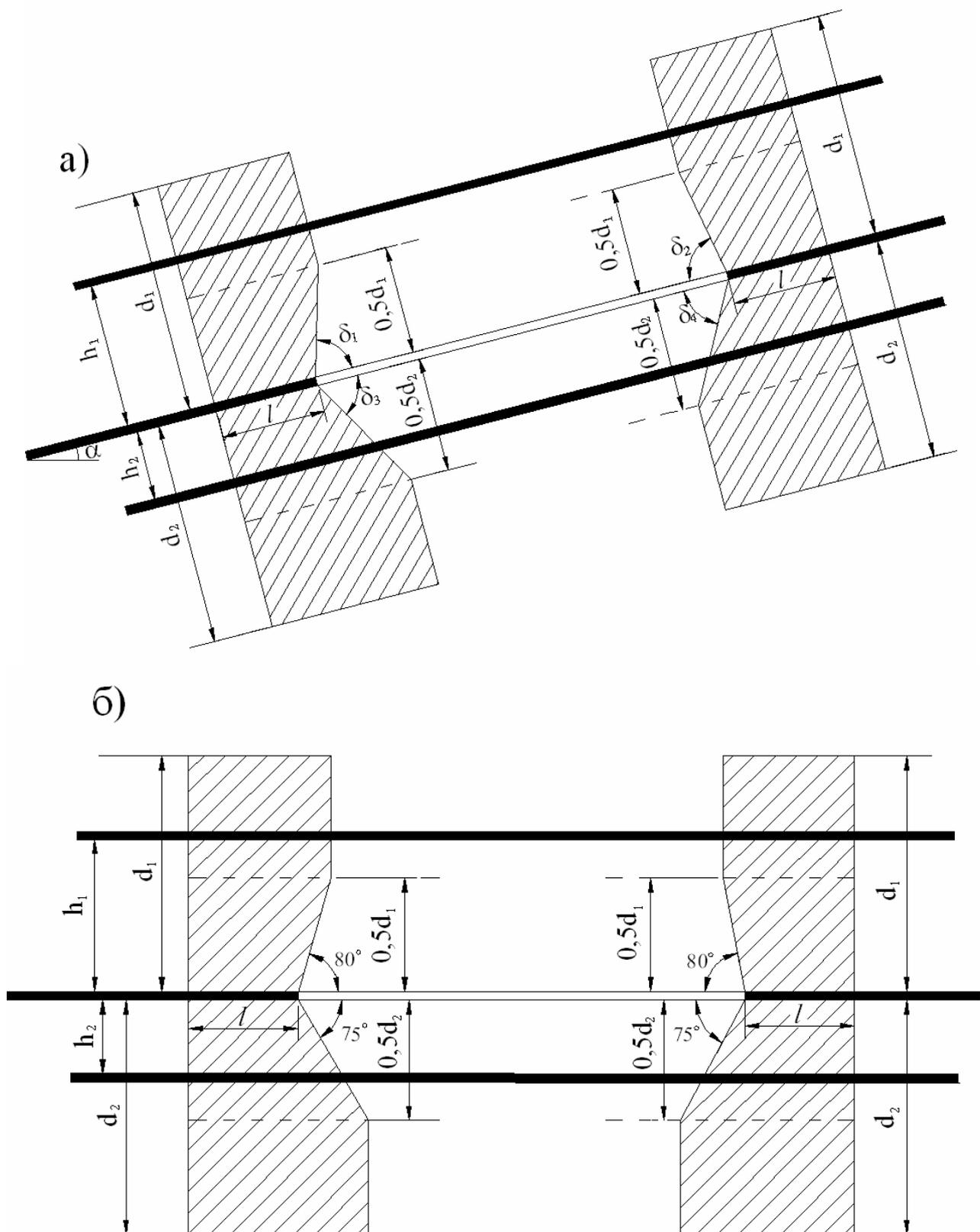


Рис. 5.2. Построение границ зон ПГД, опасных по внезапным выбросам угля и газа, от краевых частей:
 а – на разрезе вкрест простирания;
 б – на разрезе по простиранию

Построение границ зон ПГД от целиков

1. По номограмме на рис. 5.1 (рис. 2 [1]), определяется ширина зоны опорного давления l в зависимости от глубины разработки H и вынимаемой мощности m пласта, на котором оставлен целик.

2. Для построения границ зон ПГД от целиков из табл. 5.4 (табл. 7 [1]) выбирается значение коэффициента k в зависимости от отношения ширины целика к ширине зоны опорного давления L/l .

Таблица 5.4

Определение коэффициента k

L/l	$\leq 0,1$	0,15	0,20	0,25	0,35	0,5	1,0	1,5	$\geq 2,0$
k	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,13	1,25	1,13	1,0

3. Рассчитываются размеры зон ПГД от целика в кровлю d_1^y и в почву d_2^y .

$$d_1^y = kd_1, \quad (5.1)$$

$$d_2^y = kd_2, \quad (5.2)$$

где d_1 и d_2 – размеры зон ПГД для краевой части в кровлю и в почву соответственно, м;

k – коэффициент, определяемый в зависимости от отношения ширины целика к ширине зоны опорного давления L/l .

Величины d_1 и d_2 для краевой части выбираются из табл. 5.1 (табл. 6 [1]). Коэффициент k выбирается из табл. 5.4 (табл. 7 [1]).

4. Пользуясь табл. 5.2 (табл. 4 [1]), определяются углы защиты $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ в зависимости от угла падения пласта α .

5. Построение границ зон ПГД от целиков на разрезе вкрест простирания и по простиранию выполняется согласно рис. 5.3.

6. Определяется категория опасности зон ПГД и порядок применения комплекса мер в зонах ПГД по данным табл. 5.3 (табл. 8[1]).

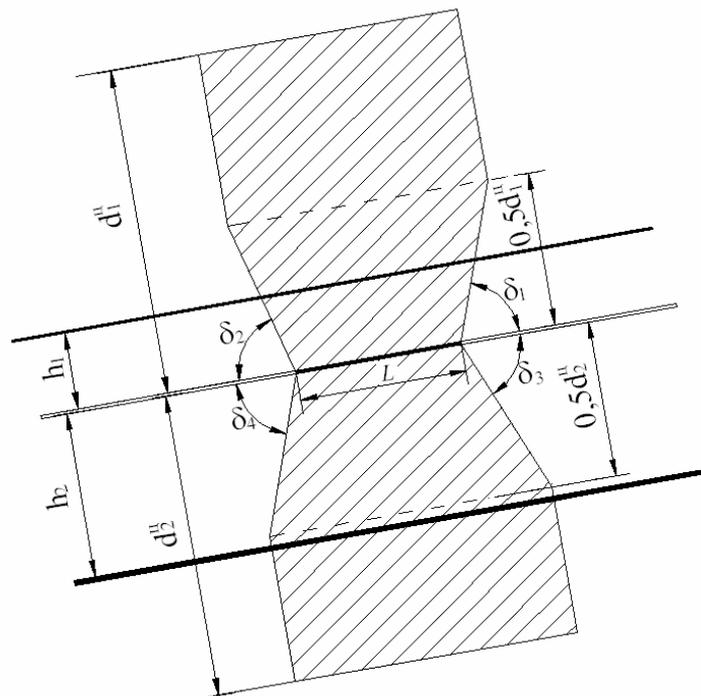
Методические указания к выполнению работы

Задание:

Для заданных условий определить параметры зоны ПГД от целика, опасной по внезапным выбросам угля и газа.

На разрезе вкрест простирания выполнить построение границ зоны ПГД от целика.

a)



б)

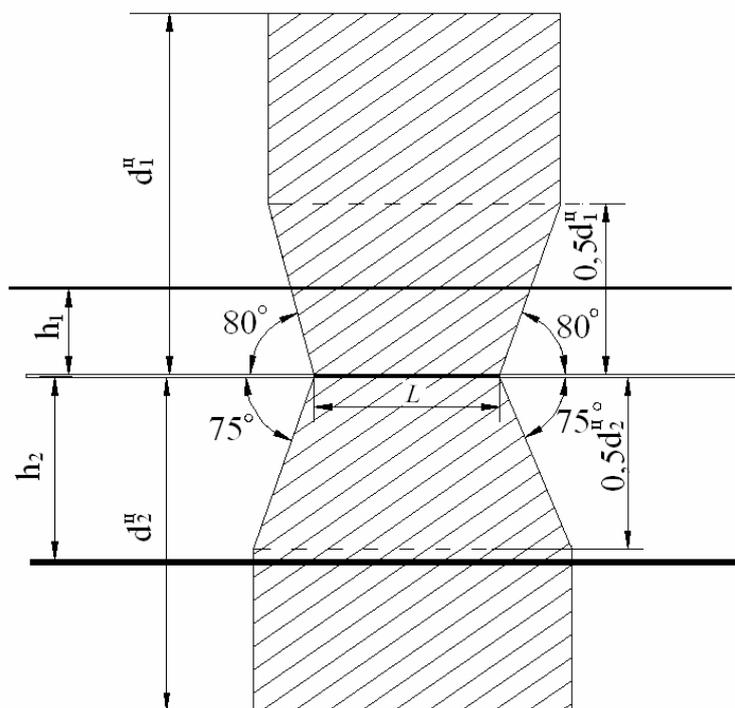


Рис. 5.3. Построение границ зон ПГД, опасных по внезапным выбросам угля и газа, от целиков:
а – на разрезе вкрест простирания;
б – на разрезе по простиранию

Исходные данные

При обработке свиты пластов (l_1, l_2, l_3, l_4) по пласту l_3 оставлен охранный целик шириной $L = 40$ м. Угол падения пластов α . Вынимаемая мощность влияющего пласта l_3 составляет m . Глубина залегания H_{l_2} пласта l_2 . Мощности междупластий составляют $h_{1-2}, h_{2-3}, h_{3-4}$. Размер выработанного пространства по пласту l_3 равен a .

Численные значения исходных данных по вариантам приведены в таблицах А.1, А.2 приложения А. Номер варианта выбирается в соответствии с порядковым номером в журнальном списке академической группы.

Масштаб построений границ зоны ПГД от целика, опасных по внезапным выбросам угля и газа, 1:2000.

Порядок выполнения

1. Для построения зоны ПГД необходимо провести границы зоны ПГД по дальности действия параллельно напластованию от влияющего пласта l_3 . Используя глубину пласта l_2 и мощность междупластия h_{2-3} , определить глубину залегания влияющего пласта l_3 :

$$H_{l_3} = H_{l_2} - h_{2-3}.$$

2. По номограмме на рис. 5.1 (рис. 2 [1]), определить ширину зоны опорного давления l в зависимости от глубины залегания H_{l_3} влияющего пласта l_3 и вынимаемой мощности m .

3. Из табл. 5.4 (табл. 7 [1]) выбрать значение коэффициента k в зависимости от отношения ширины целика к ширине зоны опорного давления L/l .

4. Рассчитать размеры зон ПГД от целика в кровлю d_1^u и в почву d_2^u по формулам (5.1) и (5.2). Величины d_1 и d_2 для краевой части, которые входят в формулы, выбрать из табл. 5.1 (табл. 6 [1]).

5. Пользуясь табл. 5.2 (табл. 4 [1]), определить углы защиты $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ в зависимости от угла падения α пласта l_3 .

6. Выполнить построение границ зоны ПГД от целика на разрезе вкрест простирания согласно рис. 5.3, а.

7. Определить категорию опасности зоны ПГД и порядок применения комплекса мер в зонах ПГД по данным таблицы 5.3 (табл. 8[1]).

Пример выполнения работы

При обработке свиты пластов (l_1, l_2, l_3, l_4) по пласту l_3 оставлен охранный целик шириной $l = 40$ м. Угол падения пластов $\alpha = 10^\circ$. Вынимаемая мощность влияющего пласта l_3 $m = 1,0$ м. Глубина залегания $H_{l_2} = 500$ м.

пласта l_2 . Мощности междупластий составляют $h_{1-2} = 60$ м, $h_{2-3} = 20$ м, $h_{3-4} = 40$ м. Размер выработанного пространства по пласту l_3 $a = 200$ м.

Решение

1. Используя глубину пласта l_2 и мощность междупластия h_{2-3} , вычисляем глубину залегания влияющего пласта l_3 :

$$H_{l_3} = H_{l_2} - h_{2-3} = 500 - 20 = 480 \text{ м.}$$

2. По номограмме на рис. 5.1 (рис. 2 [1]), определяем ширину зоны опорного давления l в зависимости от глубины залегания H_{l_3} влияющего пласта l_3 и вынимаемой мощности m . Ширина зоны опорного давления составляет $l = 46$ м

3. Вычисляем отношения ширины целика к ширине зоны опорного давления $L/l = 40/46 = 0,87$. Из табл. 5.4 (табл. 7 [1]) выбираем значение коэффициента $k = 1,22$.

4. Рассчитываем размеры зон ПГД от целика в кровлю d_1^u и в почву d_2^u по формулам (5.1) и (5.2). Величины d_1 и d_2 для краевой части, которые входят в формулы, выбираем из табл. 5.1 (табл. 6 [1]).

При размере выработанного пространства $a = 200$ м размеры зоны ПГД в кровлю и почву соответственно равны $d_1 = 130$ м, $d_2 = 126$ м.

$$d_1^u = 1,22 \cdot 130 = 158,6 \text{ м, } d_2^u = 1,22 \cdot 126 = 153,7 \text{ м.}$$

5. Пользуясь табл. 5.2 (табл. 4 [1]), определяем углы защиты $\delta_1 = 77^\circ$, $\delta_2 = 83^\circ$, $\delta_3 = 75^\circ$, $\delta_4 = 75^\circ$.

6. Выполняем построение границ зоны ПГД от целика на разрезе вкост простирания (рис. 5.4).

7. Определяем категорию опасности зоны ПГД и порядок применения комплекса мер в зонах ПГД по данным табл. 5.3 (табл. 8[1]).

Для пласта l_4 $10 \text{ м} < h_1 \leq 0,5d_1$; $10 \text{ м} < 40 \text{ м} \leq 79,3 \text{ м}$ – зона ПГД относится к I категории опасности.

Для пласта l_2 $10 \text{ м} < h_2 \leq 0,5d_2$; $10 \text{ м} < 20 \text{ м} \leq 76,8 \text{ м}$ – зона ПГД относится к I категории опасности.

Для пласта l_1 $0,5d_2 < h_2 \leq 0,8d_2$; $76,8 \text{ м} < 80 \text{ м} \leq 123,0 \text{ м}$ – зона ПГД относится ко II категории опасности.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятиям „целик” и „краевая часть пласта” при построении зон ПГД.
2. Объясните, каким образом и в зависимости от каких величин определяется ширина зоны опорного давления?
3. Укажите параметры зоны ПГД.

4. Объясните, каким образом выполняется определение категорий опасности зон ПГД?

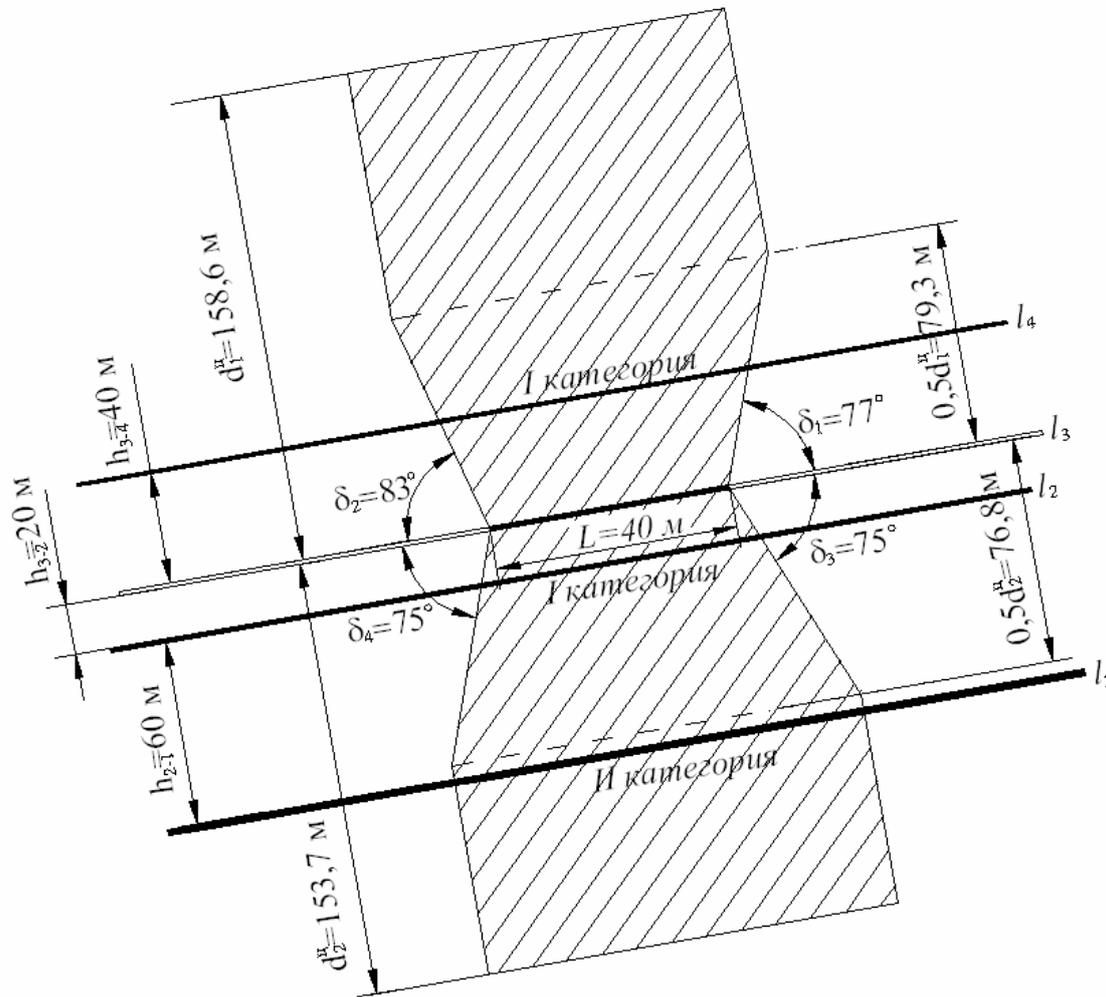


Рис. 5.4. Пример построения зоны ПГД от целика

Список литературы

1. Построение зон защиты и ПГД для условий больших глубин. Методика КД 12.07.301-96 / Руководящий нормативный документ. – Министерство угольной промышленности Украины, 1997. – 41 с.

Лабораторная работа № 6

Время на выполнение – 6 часов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗОН ЗАЩИТЫ

- Учебные цели:**
1. Изучение методики расчета и построения зон защиты при отработке защитного пласта столбами по простиранию и падению (восстанию)
 2. Приобретение навыков в построении зон при отработке защитного пласта столбами по простиранию и падению (восстанию)

Справочный материал для выполнения лабораторной работы №6

Многолетним опытом ведения горных работ на угольных шахтах установлено, что наиболее эффективным способом предотвращения внезапных выбросов угля и газа является опережающая отработка защитных пластов.

При выемке свит пластов защитным считается такой пласт, опережающая отработка которого обеспечивает полную безопасность в отношении внезапных выбросов на защищаемом (выбросоопасном) пласте или частичную разгрузку от горного давления, облегчающую выполнение других способов борьбы с внезапными выбросами.

При отработке защитного пласта в подработанной толще происходят сдвигения и деформации слоев горных пород и угольных пластов. Вследствие деформаций и образования трещин в подработанной толще происходят дегазация опасных пластов и уменьшение давления газа в них. Одновременно с процессом сдвигения происходит перераспределение напряженного состояния пород и угольных пластов, в результате чего в подработанной и надрботанной толщах образуются зоны разгрузки и зоны повышенного горного давления.

В надрботанной толще при небольшой мощности междупластья защитное действие вызывается не только образованием зоны разгрузки, но и уменьшением давления газа за счет дегазации опасного пласта. При большой мощности междупластья защитное действие опережающей надрботки обусловлено уменьшением напряженного состояния опасного угольного пласта вследствие разгрузки его от первоначального горного давления.

Таким образом, механизм защитного действия опережающей разработки защитных пластов заключается в уменьшении напряженного состояния опасных пластов и снижении давления газа на опасных пластах вследствие увеличения газопроницаемости путем разгрузки и дегазации под- и надрботанных пластов угля и пород.

Защищенная зона – часть зоны разгрузки в подработанной и надрботанной толщах, в пределах которых не происходят внезапные выбросы угля и газа при отработке выбросоопасных пластов.

В настоящее время при построении зон защиты маркшейдерская служба горных предприятий руководствуется нормативным документом „Построение зон защиты и ПГД для условий больших глубин. Методика КД 12.07.301-96” [1].

Для построения зон защиты в соответствии с нормативным документом [1] необходимы следующие исходные данные:

1. Глубина разработки защитного пласта H , м, которая принимается равной расстоянию от земной поверхности до нижней отметки очистной выработки защитного пласта;
2. Глубина, с которой защищаемый пласт переведен в категорию опасных по внезапным выбросам угля и газа, H_0 , м. Для пластов, угрожаемых по внезапным выбросам угля и газа, при этажном способе подготовки шахтного поля H_0 принимается равной глубине отметки вентиляционного штрека разрабатываемого горизонта, при панельном или погоризонтном способе подготовки шахтного поля – глубине отметки изогипсы пласта, проходящей на расстоянии 100 м по восстанию от вентиляционного штрека разрабатываемой лавы;
3. Угол падения защитного пласта α , градус;
4. Содержание песчаников в составе пород междупластья η , %;
5. Размеры выработанного пространства на защитном пласте по падению a , по простиранию b , м; При отработке пластов без целиков или при оставлении межэтажных (межъярусных) целиков шириной $L_{ц} \leq 0,1l$ за величину a принимают суммарную ширину выработанного пространства, при размерах целиков $L_{ц} \geq 0,1l$ принимают наклонную высоту этажа (яруса). При разработке пластов столбами по падению или простиранию a равняется ширине столба. При отсутствии целиков шириной более 0,1l между столбами a принимают равной суммарной их ширине. Если $a \geq 250$ м, то принимают $a = 250$ м.
6. Величина опережения очистных работ на защитном пласте относительно горных работ на защищаемом пласте, м;
7. Вынимаемая мощность защитного пласта m , м;
8. Принятый способ управления кровлей на защитном пласте.

Порядок определения параметров и построения зон защиты

1. Рассчитываются размеры защищенной зоны в кровлю S_1 и почву S_2 по формулам:

$$S_1 = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot S'_1 \quad (6.1)$$

$$S_2 = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot S'_2, \quad (6.2)$$

где β_1 – коэффициент, учитывающий эффективную мощность защитного пласта $m_{эф}$;

β_2 – коэффициент, учитывающий процентное содержание песчаников в составе пород междупластья;

S_1' и S_2' определяются по данным таблиц 6.1 и 6.2 (табл. 2, 3 [1]) в зависимости от глубины залегания защитного пласта, глубины, с которой защищаемый пласт переведен в категорию опасных по внезапным выбросам угля и газа и от ширины выработанного пространства

Следует заметить, если для лав защитного пласта длиной более 80 м в результате расчетов, выполненных по формуле (6.2), получено $S_2 < 20$ м, то необходимо принимать $S_2 = 20$ м.

2. Вычисляется коэффициент β_1 по формуле:

$$\beta_1 = \frac{m_{эф}}{m_0}, \text{ но не более } 1 \quad (6.3)$$

где $m_{эф}$ – эффективная мощность, которая учитывает способ управления кровлей на защитном пласте, м;

m_0 – критическое значение мощности защитного пласта, определяемое по номограмме, представленной на рис. 6.1 (рис. 5 [1]), в зависимости от глубины разработки защитного пласта и ширины выработанного пространства.

Критическая мощность m_0 – это значение мощности защитного пласта, начиная с которого дальнейшее его уменьшение приводит к уменьшению размеров защищенной зоны в кровле и почве защитного пласта.

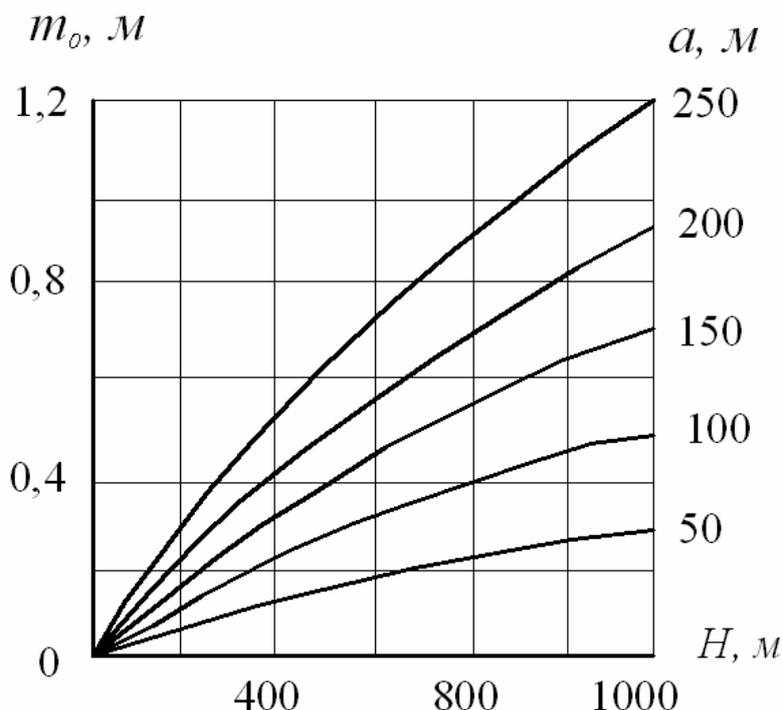


Рис. 6.1. Номограмма для определения критической мощности m_0 защитного пласта:

H – глубина разработки защитного пласта,

a – ширина выработанного пространства на защитном пласте

Значение эффективной мощности вычисляется по формуле:

$$m_{эф} = k m, \quad (6.4)$$

где k – коэффициент, учитывающий способ управления кровлей на защитном пласте;

m – вынимаемая мощность защитного пласта, м.

Значения коэффициента k определяется по таблице 6.3 (табл. 1 [1]).

3. Определяется коэффициент β_2 :

$$\beta_2 = 1 - 0,4 \frac{\eta}{100}, \quad (6.5)$$

где η – процентное содержание песчаников в составе пород междупластья, %.

Таблица 6.3

Определение коэффициента k

№ п/п	Способ управления кровлей на защитном пласте	Значение коэффициента k
1	Полное обрушение кровли	1,00
2	Удержание кровли на деревянных кострах	0,70
3	Гидрозакладка выработанного пространства на крутых пластах	0,35
4	Другие виды закладки на крутых пластах	0,45
5	Гидрозакладка выработанного пространства на пологих пластах	0,20
6	Другие виды закладки на пологих пластах	0,30

4. Границы защищенных зон в сечениях вкрест простирания и по простиранию пласта определяются по углам защиты. Углы защиты δ_i – это внутренние углы по отношению к выработанному пространству защитного пласта между боковыми границами защищенной зоны и плоскостью защитного пласта.

Углы защиты δ_1 и δ_2 для построения защищенной зоны в кровле защитного пласта и углы защиты δ_3 и δ_4 для построения защищенной зоны в почве защитного пласта определяются по табл. 5.2 (табл. 4 [1]) лабораторной работы № 5 в зависимости от угла падения пластов.

5. С увеличением длины лавы давление подработанной толщи пород на почву очистной выработки возрастает. В связи с этим, при значительных размерах выработанного пространства давление подработанных пород на почву защитного пласта в средней части выработанного пространства будет равно весу столба пород от кровли пласта до земной поверхности. В этом случае над и под средней частью выработанного пространства защитного пласта не происходит разгрузка массива пород от первоначального горного давления и возникает так называемая область восстановления опасных нагрузок.

Границы зон восстановления исходного горного давления определяются по углам давления φ_i ($i = 1, 2, 3$), значения которых выбираются из таблицы 5.2 (табл. 4 [1]) лабораторной работы № 5 в зависимости от угла падения пластов.

В области восстановления исходного горного давления размер защищенной зоны в почву защитного пласта составляет $0,7S_2$, в кровлю – S_1 . В пределах этих зон могут происходить горные удары, высыпания угля и другие явления негазового характера.

В соответствии с нормативным документом [1] область восстановления горного давления образуется лишь при одновременном соблюдении двух условий:

- при разработке пласта по простиранию $a \geq L_1 + L_2$ и $v_{1,2} \geq L_3$;
- при разработке пласта по падению или восстанию $a \geq 2L_3$ и $v_{1,2} \geq L_1(L_2)$.

Параметры L_1 , L_2 и L_3 , учитывающие влияние размеров выработанного пространства на защитном пласте на размеры защищенных зон, определяются по формулам:

$$L_1 = \beta_1 L'_1, \quad (6.6)$$

$$L_2 = \beta_1 L'_2, \quad (6.7)$$

$$L_3 = \beta_1 L'_3, \quad (6.8)$$

где L'_1 , L'_2 , L'_3 – параметры, значения которых определяются по номограмме, представленной на рис. 6.1 (рис. 6 [1]), в зависимости от угла падения пласта;

β_1 – коэффициент, учитывающий эффективную мощность защитного пласта $m_{эф}$.

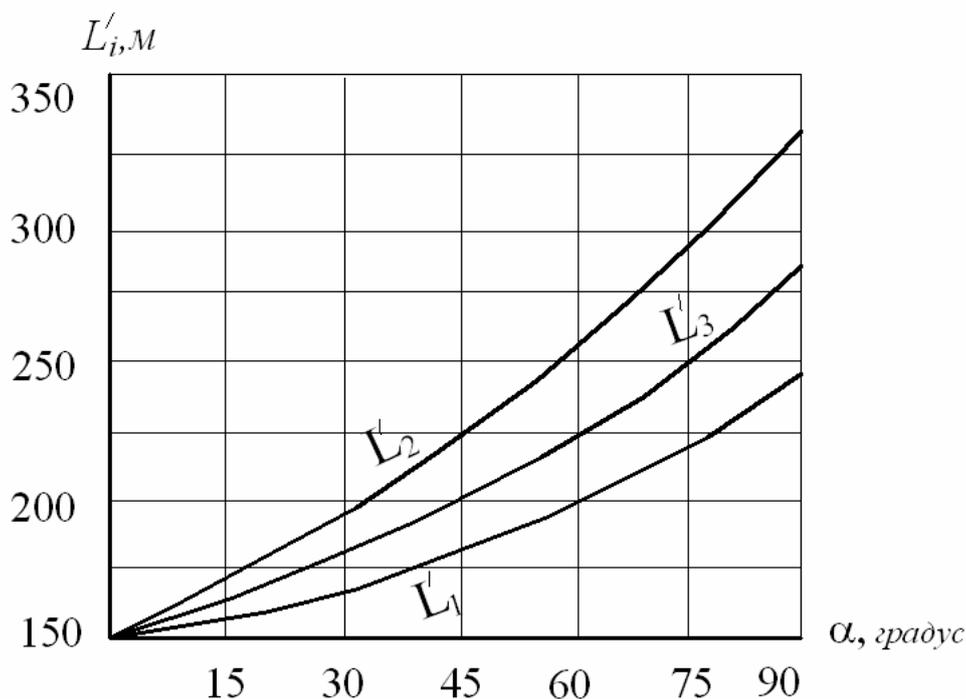


Рис. 6.2. Номограмма для определения величин L_i :
 α – угол падения пласта

Таблица 6.1 – Определение величины S_I'

Глубина работ, H , м	Глубина перевода пластов в категорию опасных, H_0 , м	Значение S_I'					Глубина работ, H , м	Глубина перевода пластов в категорию опасных, H_0 , м	Значение S_I'					
		Ширина выработанного пространства, a , м							Ширина выработанного пространства, a , м					
		50	100	150	200	250			50	100	150	200	250	
400	300	58	112	155	182	194	1100	300	25	55	85	110	117	
	500	300	50	100	142	164		174	400	30	65	100	115	125
		400	60	110	150	170		180	500	35	75	105	125	135
600	300	45	90	125	145	155		600	40	80	110	130	140	
	400	55	100	135	155	165		700	50	86	115	135	145	
	500	60	105	140	160	170		800	60	90	120	140	150	
700	300	40	80	115	135	145		900	65	95	125	145	155	
	400	50	90	120	140	150		1000	70	100	130	150	160	
	500	55	95	125	145	155		1200	300	24	50	80	104	113
800	600	65	105	135	155	165			400	28	60	90	110	120
	300	33	73	103	127	135			500	30	65	95	115	125
	400	45	86	115	135	145			600	38	70	100	120	130
900	500	48	90	120	140	150	700		45	75	105	130	140	
	600	60	100	130	150	160	800		50	80	110	135	145	
	700	67	110	140	160	170	900		60	85	115	140	150	
1000	300	32	70	95	115	125	1000		65	90	120	145	155	
	400	40	80	110	125	135	1100		72	95	125	150	160	
	500	43	85	115	135	145	1300		300	20	45	75	100	110
600	54	95	125	145	155	400			24	55	85	105	115	
700	64	105	135	155	165	500			26	60	90	110	120	
800	70	110	140	160	170	600		30	65	95	115	125		
300	27	57	88	114	122	700		40	70	100	120	130		
400	35	75	105	120	130	800		45	75	105	125	135		
500	40	80	110	130	140	900		50	80	110	130	140		
600	56	85	115	140	150	1000		60	85	115	140	150		
700	61	90	120	145	155	1100		65	90	120	145	150		
800	65	95	125	150	160	1200		70	95	125	150	160		
900	70	100	130	155	165									

Таблица 6.2 – Определение величины S_2'

Глубина работ, H , м	Глубина перевода пластов в категорию опасных, H_0 , м	Значение S_2'					Глубина работ, H , м	Глубина перевода пластов в категорию опасных, H_0 , м	Значение S_2'					
		Ширина выработанного пространства, a , м							Ширина выработанного пространства, a , м					
		50	100	150	200	250			50	100	150	200	250	
400	300	40	58	71	74	76	1100	300	17	31	39	42	43	
	500	300	29	49	62	66		68	400	18	38	44	45	46
400		37	61	64	67	70		500	20	44	48	52	53	
600	300	24	43	55	59	61		600	24	48	55	58	61	
	400	29	55	58	60	62		700	25	52	58	64	65	
	500	37	62	67	69	72		800	28	57	64	68	73	
700	300	22	39	50	54	55		900	31	62	71	74	77	
	400	26	50	55	57	58		1000	34	67	75	82	83	
	500	29	56	62	65	66		1200	300	16	30	37	40	41
	600	32	64	70	72	73			400	19	37	43	44	45
800	300	21	36	45	49	50			500	21	43	45	48	51
	400	23	46	51	52	53			600	22	45	50	55	57
	500	26	52	58	60	62	700		24	50	55	60	62	
	600	29	60	65	67	69	800		26	55	60	64	70	
	700	34	65	72	74	75	900		29	60	67	70	74	
900	300	19	37	43	46	47	1000		32	65	71	75	80	
	400	21	43	49	50	51	1100		34	67	74	80	84	
	500	24	53	55	57	58	1300		300	14	28	35	38	40
	600	26	56	62	65	66			400	18	37	41	42	45
	700	29	58	67	71	72			500	20	42	47	48	52
	800	32	65	74	77	79		600	23	47	52	54	58	
1000	300	18	32	41	44	45		700	25	50	56	60	63	
	400	20	41	46	47	48		800	27	56	62	64	69	
	500	22	45	52	55	56	900	30	61	67	70	75		
	600	25	52	59	61	62	1000	31	64	71	76	80		
	700	26	55	64	66	67	1100	33	68	76	79	84		
	800	24	59	71	72	73	1200	34	71	78	81	87		
	900	37	67	71	79	81								

6. Построение защищенных зон выполняется на разрезах вкрест простирания и по простиранию.

При отработке защитного пласта столбами по простиранию различают два варианта построения защищенных зон:

1) при $a < L_1 + L_2$;

2) при $a \geq L_1 + L_2$.

При отработке защитного пласта столбами по восстанию (падению):

1) при $a < 2L_3$;

2) при $a \geq 2L_3$.

Схемы построения защищенной зоны при отработке защитного пласта столбами по простиранию представлены на рис. 6.3. Схемы построения защищенной зоны при отработке пласта столбами по восстанию (падению) представлены на рис. 6.4. На представленных рисунках 6.3 и 6.4 1 – защитный пласт и 2 – защищаемый пласт.

Методические указания к выполнению работы

Задание:

Для заданных условий определить параметры зоны защиты с целью предотвращения внезапных выбросов угля и газа

На разрезе вкрест простирания выполнить построение границ зоны защиты для предотвращения внезапных выбросов угля и газа.

Исходные данные

Разработка пластов производится на горизонте, глубина которого H . Угол падения пластов α . Наклонная высота этажа h . На вентиляционном горизонте оставлен межэтажный целик, шириной L . Защищаемый пласт l_2 переведен в категорию выбросоопасных с глубины H_0 . Защитный пласт l_3 вынимаемой мощностью m залегает в кровле опасного по выбросам пласта на расстоянии h_2 . Содержание песчаников в породах междупластья в виде мощных слоев η . Управление кровлей производится монтажом деревянных костров.

Численные значения исходных данных по вариантам приведены в таблицах Б.1, Б.2 приложения Б. Номер варианта выбирается в соответствии с порядковым номером в журнальном списке академической группы.

Масштаб построений границ зоны защиты для предотвращения внезапных выбросов угля и газа 1:2000.

Порядок выполнения

1. Определяется размер выработанного пространства a в зависимости от соотношения размеров целика и ширины зоны опорного давления.

По номограмме на рис. 5.1 (рис. 2 [1]) лабораторной работы № 5, определяется ширина зоны опорного давления l . Выполняется сравнение размера целика L и ширины зоны опорного давления l .

2. Вычисляется коэффициент β_1 по формуле (6.3). Значение эффективной мощности $m_{эф}$ рассчитывается по формуле (6.4) в зависимости от вынимаемой мощности защитного пласта m и коэффициента k , учитывающего способ управления кровлей. Значения коэффициента k определяются по табл. 6.3 (табл. 1 [1]). Величина критической мощности m_0 определяется по номограмме, представленной на рис. 6.1 (рис. 5 [1])

3. Рассчитывается коэффициент β_2 по формуле (6.5).

4. Вычисляются размеры защищенной зоны в кровлю S_1 и почву S_2 по формулам (6.1) и (6.2) соответственно. Так как в данном случае защитный пласт l_3 залегает в кровле опасного по выбросам пласта, целесообразно вычислять только размер защищенной зоны в почву S_2 по формуле (6.2). Значение коэффициента S_2' выбирается из табл. 6.2 (табл. 3 [1]).

5. Для построения границы защищенной зоны в почву пласта определяются углы защиты δ_3 и δ_4 по табл. 5.2 (табл. 4 [1]) лабораторной работы № 5.

6. Определяется наличие области восстановления исходного горного давления. Значение параметров L_1 и L_2 , учитывающих влияние размеров выработанного пространства на защитном пласте на размеры защищенных зон вычисляются по формулам (6.6) и (6.7). Значения L'_1 , L'_2 , определяются по номограмме, представленной на рис. 6.1 (рис. 6 [1]).

При $a < L_1 + L_2$ область восстановления исходного горного давления отсутствует, если $a \geq L_1 + L_2$ – образуется область исходного горного давления.

7. Выполняется построение защищенной зоны на разрезе вкрест простирания при отработке защитного пласта столбами по простиранию.

Пример выполнения работы

Разработка пластов производится на горизонте, глубина которого $H = 900$ м. Угол падения пластов $\alpha = 75^\circ$. Наклонная высота этажа $a = 150$ м. На вентиляционном горизонте оставлен межэтажный целик, шириной $L = 20$ м. Защищаемый пласт l_2 переведен в категорию выбросоопасных с глубины $H_0 = 600$ м. Защитный пласт l_3 вынимаемой мощностью $m = 0,7$ м залегает в кровле опасного по выбросам пласта на расстоянии $h_2 = 60$ м. Содержание песчаников в породах междупластья в виде мощных слоев $\eta = 53\%$. Управление кровлей производится монтажом деревянных костров.

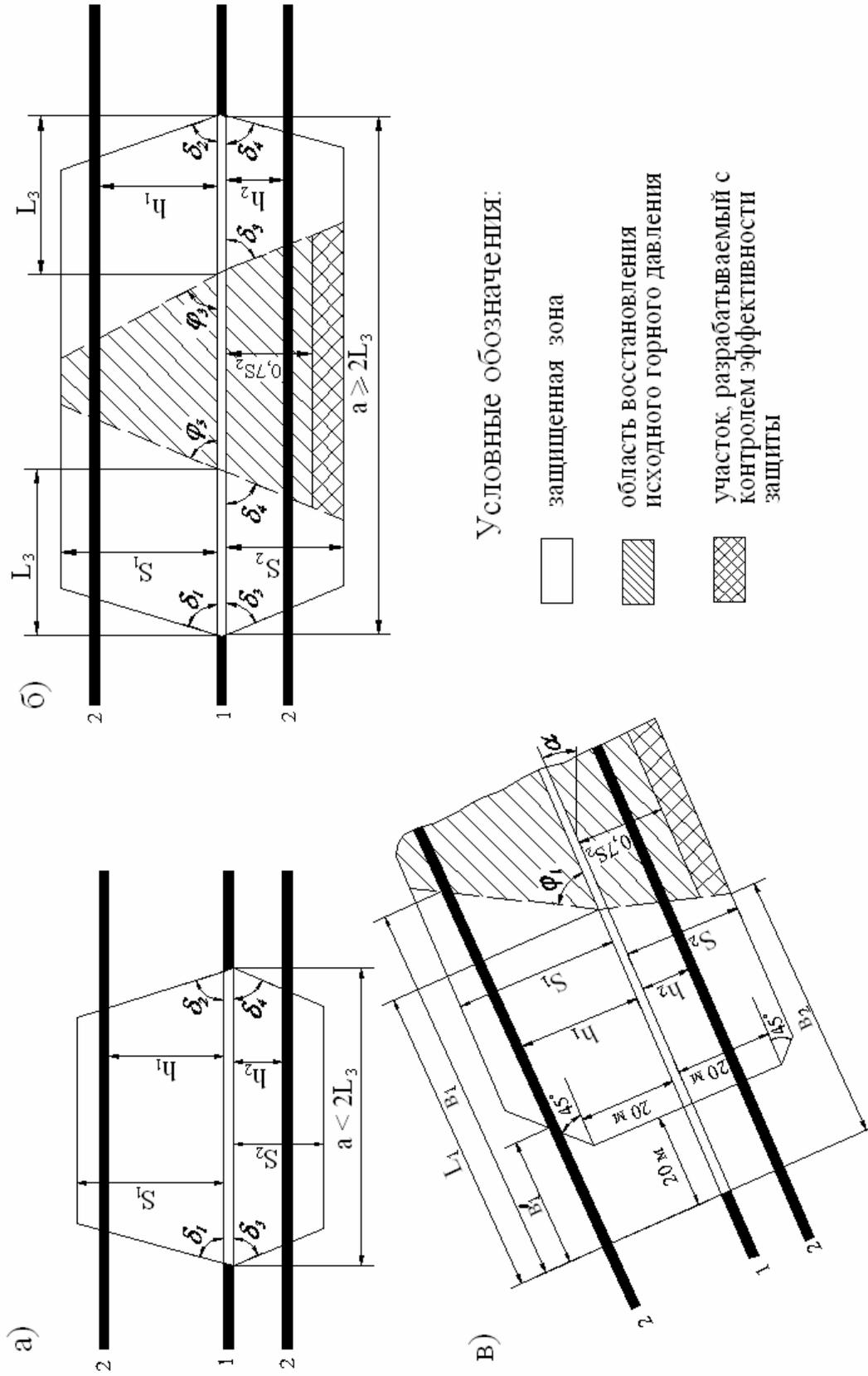


Рис. 6.4. Схемы к построению защищенной зоны при отработке защитного пласта столбами по падению:
 а – сечение по простиранию при $a < 2L_3$;
 б – сечение по простиранию при $a \geq 2L_3$;
 в – сечение по падению

Решение

1. По номограмме на рис. 5.1 (рис. 2 [1]) лабораторной работы № 5, определяем ширину зоны опорного давления l в зависимости от глубины разработки и вынимаемой мощности пласта l_3 . Ширина зоны опорного давления составляет $l = 45$ м

Поскольку размер межэтажного целика больше $0,1l$, за величину a принимается наклонная высота этажа, т.е. размер выработанного пространства составляет $a = 150$ м.

2. Вычисляем значение коэффициента β_1 .

Определяем величину критической мощности m_0 по номограмме, представленной на рис. 6.1 (рис. 5 [1]). $m_0 = 0,55$ м

Рассчитываем значение эффективной мощности $m_{эф}$ по формуле (6.4) в зависимости от вынимаемой мощности защитного пласта m и коэффициента k , учитывающего способ управления кровлей. Значения коэффициента k определяются по табл. 6.3 (табл. 1 [1]). Так как управление кровлей производится монтажом деревянных костров, $k = 0,7$.

$$m_{эф} = k m = 0,7 \cdot 0,7 = 0,49 \text{ м}, \quad \beta_1 = \frac{0,49}{0,55} = 0,89.$$

3. Определяем коэффициент β_2 по формуле (6.5)

$$\beta_2 = 1 - 0,4 \frac{53}{100} = 0,79.$$

4. Вычисляем размер защищенной зоны в почву S_2 по формуле (6.2).

Значение коэффициента S_2' выбираем из табл. 6.2 (табл. 3 [1]), $S_2' = 62$ м.

$$S_2 = 0,89 \cdot 0,79 \cdot 62 = 43,6 \text{ м}$$

5. Определяем углы защиты δ_3 и δ_4 по табл. 5.2 (табл. 4 [1]) лабораторной работы № 5. Углы защиты составляют $\delta_3 = 79^\circ$; $\delta_4 = 74^\circ$

6. Определяем наличие области восстановления исходного горного давления. Значение параметров L_1 и L_2 , вычисляем по формулам (6.6) и (6.7). Значения L'_1 , L'_2 , определяются по номограмме, представленной на рис. 6.1 (рис. 6 [1]).

$$L'_1 = 220 \text{ м}, L'_2 = 275 \text{ м}; L_1 = 0,89 \cdot 220 \text{ м} = 195,8 \text{ м}; L_2 = 0,89 \cdot 275 = 244,8 \text{ м}$$

Так как, $a < L_1 + L_2$ область восстановления исходного горного давления отсутствует.

7. Выполняем построение защищенной зоны на разрезе вкрест простирания при отработке защитного пласта столбами по простиранию (рис.6.5).

Размер защищенной зоны в почву $S_2 = 43,6$ м меньше мощности междупластья $h_2 = 60$ м, поэтому очистной забой по выбросоопасному пласту l_2 не будет находиться в защищенной зоне.

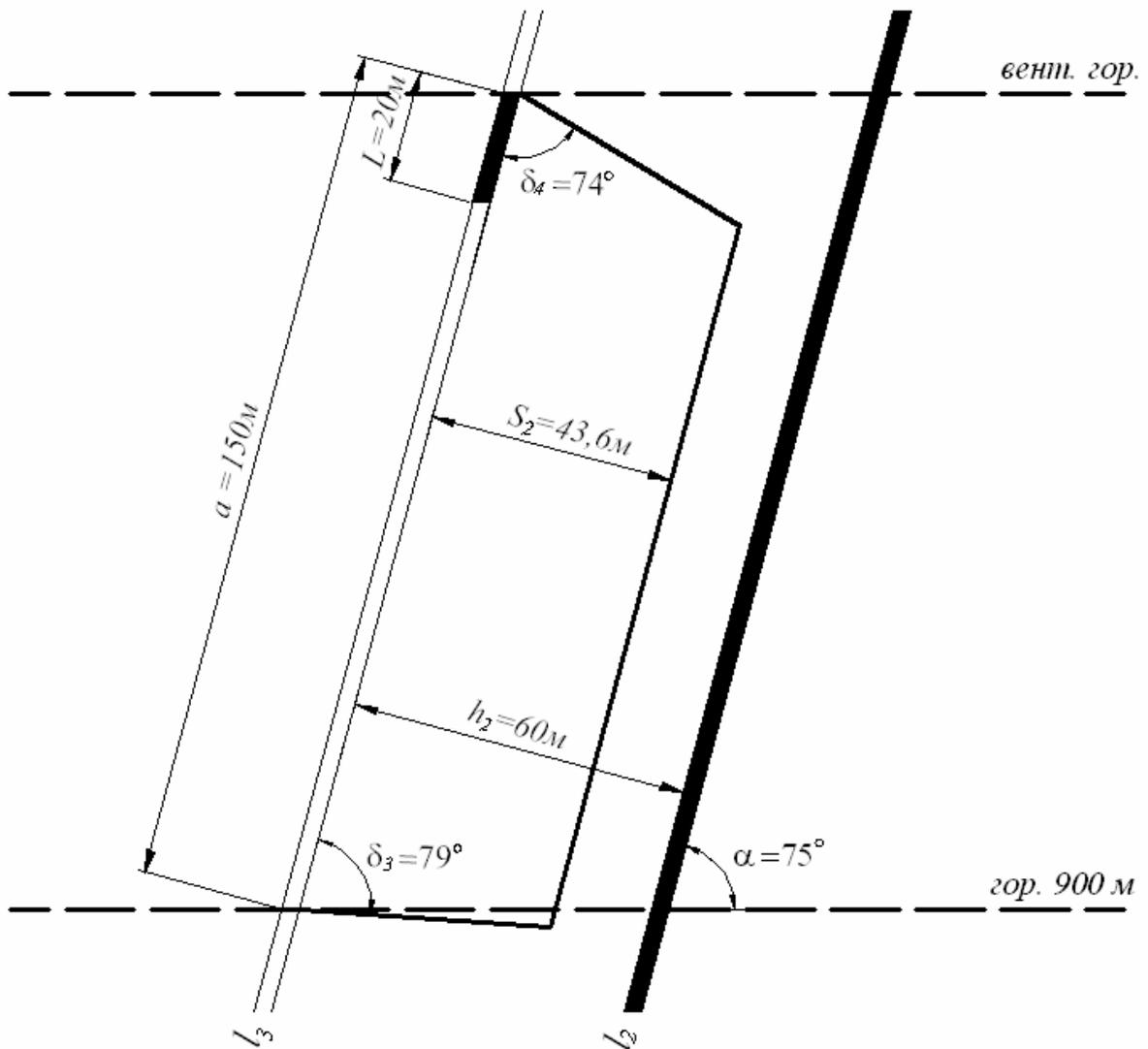


Рис. 6.5. Пример построения защищенной зоны на разрезе вкrest простираения

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятию „защитный пласт”.
2. Дайте определение понятию „защищенная зона”.
3. Объясните, в чем выражается механизм защитного действия опережающей разработки защитных пластов?
4. Дайте определение понятию „критическая мощность защитного пласта” и объясните, каким образом она определяется.
5. Объясните, каким образом влияет процентное содержание песчаников в междупластье на размер защищенной зоны?
6. Укажите, в каких случаях образуется область восстановления исходного горного давления.

Список литературы

1. Построение зон защиты и ПГД для условий больших глубин. Методика КД 12.07.301-96 / Руководящий нормативный документ. – Министерство угольной промышленности Украины, 1997. – 41 с.

Лабораторная работа № 7

Время на выполнение – 6 часов

ПОСТРОЕНИЕ ЗОН ПОВЫШЕННОГО ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ (ПГД), ОПАСНЫХ ПО ПРОЯВЛЕНИЯМ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ

- Учебные цели:*
1. Изучение методики расчета и построения зон повышенного горного давления, опасных по проявлениям горного давления в очистных забоях
 2. Приобретение навыков в построении зон ПГД, опасных по проявлениям горного давления в очистных забоях, на разрезах вкрест простирания и по простиранию

Справочный материал для выполнения лабораторной работы №7

При разработке свит угольных пластов в зонах ПГД от целиков и краевых частей соседних пластов отмечается повышенная опасность возникновения горных ударов и внезапных выбросов угля, породы и газа, существенно снижается устойчивость пород кровли в очистных забоях и вследствие этого повышается вероятность обрушений пород в лавах, а также резко ухудшается состояние капитальных и подготовительных выработок. Несмотря на общую природу образования зон ПГД от целиков и краевых частей соседних пластов, существующие методики расчета и построения зон ПГД, опасных по внезапным выбросам угля и газа и зон ПГД, по проявлениям горного давления в очистных выработках, значительно отличаются друг от друга.

В настоящее время расчет и построение зон ПГД, опасных по проявлениям горного давления в очистных забоях, выполняется в соответствии с нормативным документом „Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов мощностью до 3,5 м с углом падения до 35°” [1].

При построении зон ПГД, опасных по проявлениям горного давления в очистных выработках, пласт, на котором оставлены целики или краевые части, называется *влияющим*, а пласт, на котором ведутся очистные или подготовительные работы – *разрабатываемым*.

В зависимости от взаимного расположения линии очистного забоя на разрабатываемом пласте и границ целиков или краевых частей на влияющем пласте различают следующие виды целиков или краевых частей:

– „параллельные” целики (рис. 7.1, а) или краевые части (рис. 7.2, а) при расположении границ целика (краевой части) на влияющем пласте примерно параллельно направлению подвигания очистного забоя на разрабатываемом пласте;

– „перпендикулярные” целики (рис. 7.1, б) или краевые части (рис. 7.2, б) при расположении границ целика (краевой части) на влияющем пласте примерно перпендикулярно направлению подвигания очистного забоя на разрабатываемом пласте;

– „диагональные” целики (рис. 7.1, в, г) или краевые части (рис. 7.2, в, г) с углом отклонения более 25° от параллели или перпендикуляра к направлению подвигания очистного забоя на разрабатываемом пласте.

Исходными данными для расчета и построения границ зон ПГД являются:

- глубина расположения целика или краевой части, на влияющем пласте H , м;
- вынимаемая мощность влияющего пласта m , м;
- ширина целика на влияющем пласте L , м;
- угол падения пластов α , град;
- мощность междупластий h , м.

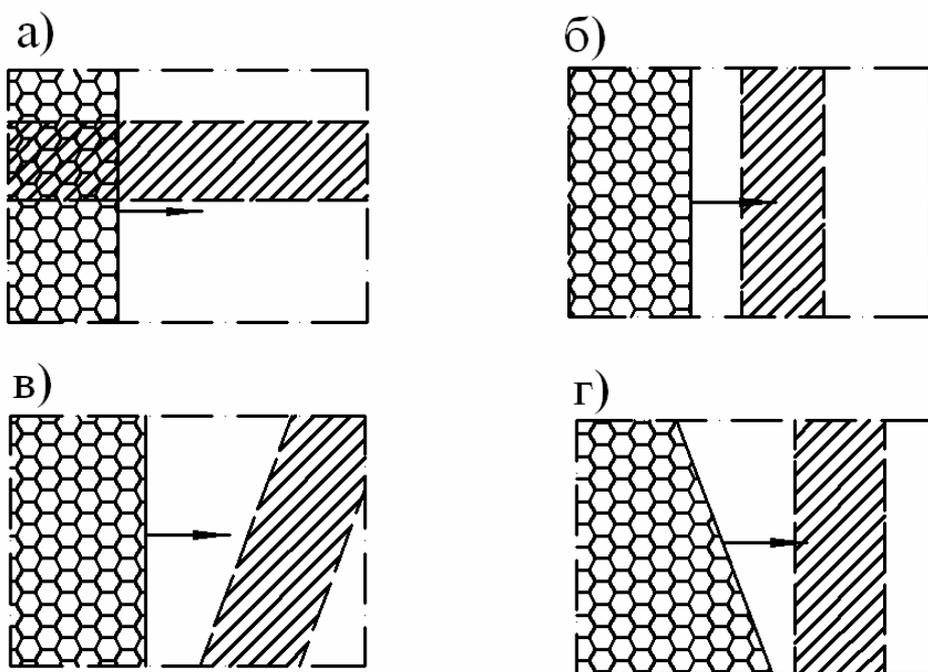


Рис. 7.1. Основные схемы взаимного расположения линии очистных забоев и целиков

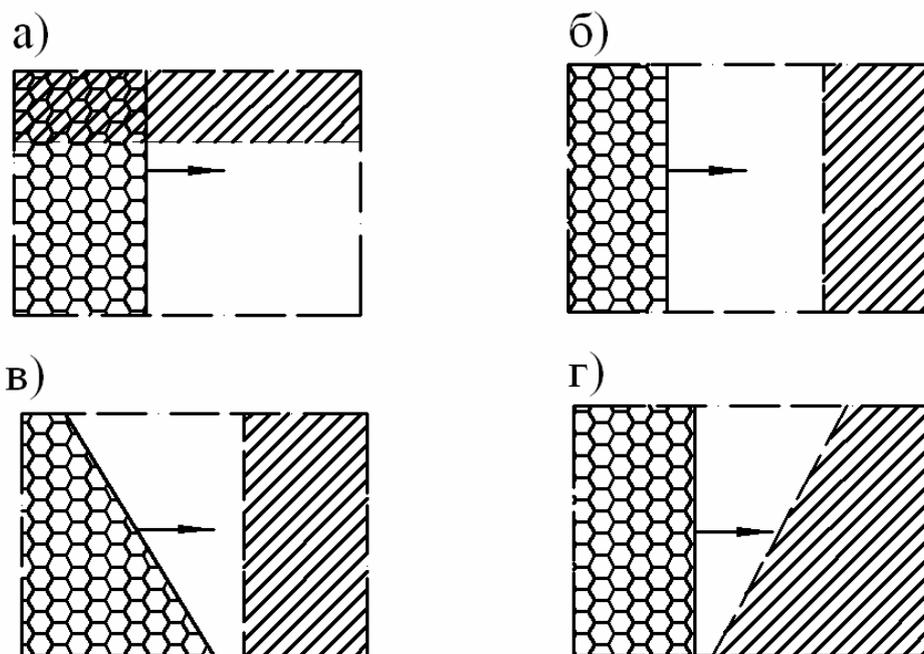


Рис. 7.2. Основные схемы взаимного расположения линии очистных забоев и краевых частей

По степени опасности проявлений горного давления в очистных забоях зоны ПГД разделяется на три вида:

- 1) зона повышенной опасности (ЗПО);
- 2) опасная зона (ОЗ);
- 3) прогнозная зона (ПЗ).

ЗПО характеризуется наибольшей интенсивностью проявлений горного давления. При работе очистных забоев в этих зонах возможны динамические проявления горного давления в разрушения нижних слоев непосредственной кровли или значительной части массива горных пород в окрестности очистного забоя.

В зоне повышенной опасности происходят наиболее интенсивные проявления горного давления в очистных забоях (резкое снижение устойчивости непосредственной кровли, зажатие „нажестко” секций механизированных крепей, увеличение отжима угля и пучения почвы), наиболее часто происходят случаи завалов лав.

При работе очистного забоя в опасной зоне (ОЗ) происходит снижение устойчивости непосредственной кровли за счет повышенной трещиноватости и расслоения пород. Наиболее характерным проявлением горного давления при работе очистных забоев в опасной зоне (ОЗ) является увеличение интенсивности процесса вывалообразования.

В прогнозной зоне (ПЗ) наиболее вероятно незначительное снижение устойчивости непосредственной кровли в очистных забоях.

Порядок расчета и построения зон ПГД

1. По номограмме на рис. 5.1 (рис. 2 [1]) лабораторной работы № 5 определяется ширина зоны опорного давления l на влияющем пласте в зависимости от H и m .

2. Определяются дальности N_1 зоны повышенной опасности (ЗПО), N_2 опасной зоны (ОЗ) и N_3 прогнозной зоны (ПЗ) в кровлю влияющего пласта и дальности N'_1 , N'_2 и N'_3 соответствующих зон (ЗПО, ОЗ, ПЗ) в почву влияющего пласта. Дальности зон ЗПО, ОЗ и ПЗ рассчитываются в безразмерных величинах N_i/l по номограммам на рис. 7.3 в кровлю влияющего пласта и на рис. 7.4 – в почву влияющего пласта в зависимости от отношения ширины целика к ширине зоны опорного давления L/l с учетом взаимного расположения целиков и краевых частей относительно направления подвигания очистного забоя на разрабатываемом пласте. Для краевых частей дальности ЗПО, ОЗ и ПЗ определяются по номограммам (рис. 7.3, 7.4) при отношении $L/l = 2$.

3. Значения дальностей зон ЗПО, ОЗ и ПЗ соответственно N_1 , N_2 , N_3 , (N'_1 , N'_2 , N'_3) в метрах вычисляются путем умножения отношений N_i/l , полученных из номограмм, на ширину зоны опорного давления l .

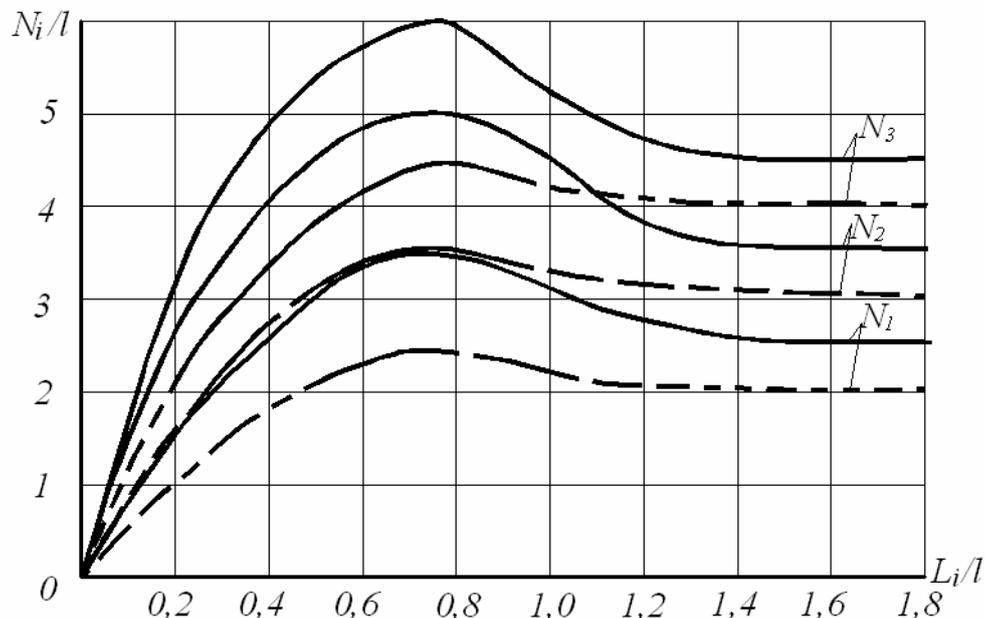


Рис. 7.3. Безразмерные значения дальности влияния зон ПГД при проходе лав над целиками (краевыми частями):

— для перпендикулярных целиков и схода с перпендикулярных краевых частей;

- - для параллельных целиков, краевых частей и входа на перпендикулярные краевые части

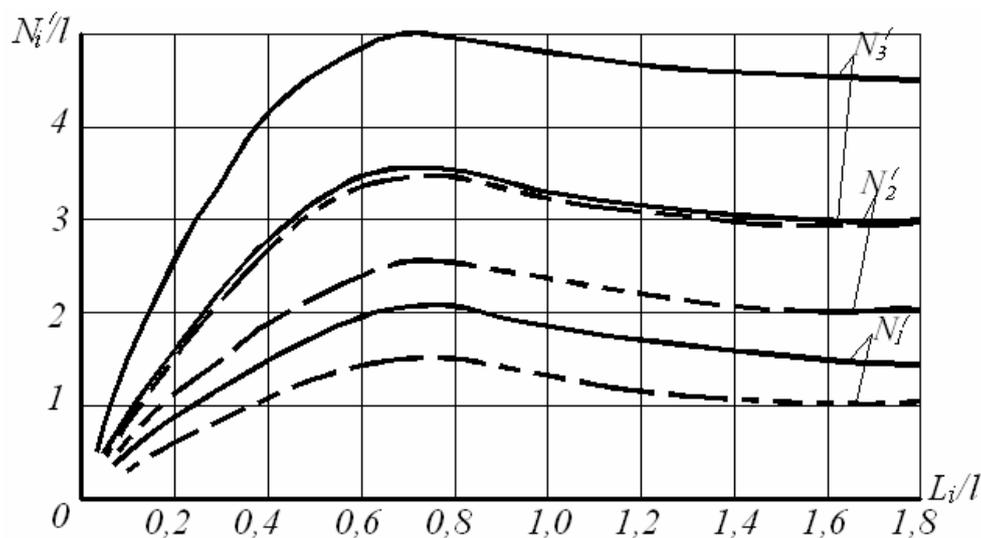


Рис. 7.4. Безразмерные значения дальности влияния зон ПГД при проходе лав под целиками (краевыми частями):

- для перпендикулярных целиков и выхода из-под перпендикулярных краевых частей;
- - для параллельных целиков, краевых частей и входа под перпендикулярные краевые части

4. Для построения зон ПГД на разрезах вкрест простирания (рис. 7.5) прежде всего проводятся границы зон ЗПО, ОЗ и ПЗ по дальности параллельно напластованию на расстояниях от влияющего пласта N_1, N_2, N_3 , (в кровлю) и N'_1, N'_2, N'_3 (в почву). Далее из точек A и B' (A и B') под углом 60° к напластованию штриховыми линиями проводятся лучи до пересечения с границами ЗПО по дальности в точках C' и D' (C и D). Из точек C' и D' (C и D) проводятся прямые перпендикулярно напластованию до пересечения с границами зон ОЗ и ПЗ в точках L' и M' (L и M) и E' и $Ж'$ (E и $Ж$). Таким образом, отрезки $C'L'$ (CL) и $D'M'$ (DM) являются боковыми границами ОЗ, а отрезки $L'E'$ (LE) и $M'Ж'$ ($MЖ$) боковыми границами ПЗ. Для построения боковых границ ЗПО из точек A и B' (A и B') в плоскости напластования откладываются отрезки $A'K'$ (AK) и $B'T'$ (BT), равные 20 м. Точки K' и T' (K и T) соединяются с точками C' и D' (C и D) и образуются боковые границы ЗПО. Для пласта 2 ширина ЗПО будет равна отрезку $P'P'$, а для пласта 3 – PP .

Построение границ зон ПГД от краевых частей производится в соответствии со схемой (рис. 7.6). Со стороны выработанного пространства зоны ПГД строятся так же, как от целика. Со стороны массива границами зон являются прямые проведенные перпендикулярно напластованию через точки на границах зон опорного давления в массиве.

Построение зон ПГД на разрезах по простиранию выполняется так же, как и на разрезах вкрест простирания, но в этом случае принимается $\alpha = 0^\circ$.

Границы зон ПГД, построенные на разрезах вкрест простирания и по простиранию, наносятся красным цветом на планы горных выработок разрабатываемого пласта и календарные планы развития горных работ с

указанием степени опасности зон (ЗПО, ОЗ или ПЗ), например „зона ПО от пл. m_2 ”.

Методические указания к выполнению работы

Задание:

Для заданных условий определить параметры зоны ПГД от целика, опасной по проявлениям горного давления в очистных забоях.

На разрезе вкрест простирания выполнить построение границ зоны ПГД от целика.

Исходные данные

При отработке свиты пластов (l_1, l_2, l_3, l_4) по пласту l_3 оставлен охранный целик шириной L . Угол падения пластов α . Вынимаемая мощность разрабатываемого пласта l_3 m . Глубина залегания пласта l_3 H_{l_3} . Мощности междупластий составляют $h_{2-1}, h_{3-2}, h_{3-4}$.

Численные значения исходных данных по вариантам приведены в таблицах В.1, В.2 приложения В. Номер варианта выбирается в соответствии с порядковым номером в журнальном списке академической группы.

Масштаб построений границ зоны ПГД от целика, опасной по проявлениям горного давления в очистных забоях, 1:2000.

Порядок выполнения

1. По номограмме на рис. 5.1 (рис. 2 [1]) лабораторной работы № 5 определяется ширина зоны опорного давления l на влияющем пласте в зависимости от H и m .

2. По номограммам определяются безразмерные величины N_i/l для параллельного целика на рис. 7.3 в кровлю влияющего пласта и на рис. 7.4 – в почву влияющего пласта в зависимости от отношения ширины целика к ширине зоны опорного давления L/l .

3. Вычисляются значения дальностей зон ЗПО, ОЗ и ПЗ соответственно $N_1, N_2, N_3, (N'_1, N'_2, N'_3)$ путем умножения отношений N_i/l , полученных из номограмм, на ширину зоны опорного давления l .

4. Выполняется построение зоны ПГД от целика на разрезе вкрест простирания в соответствии с методикой, изложенной выше в п.4 данной работы (рис. 7.5).

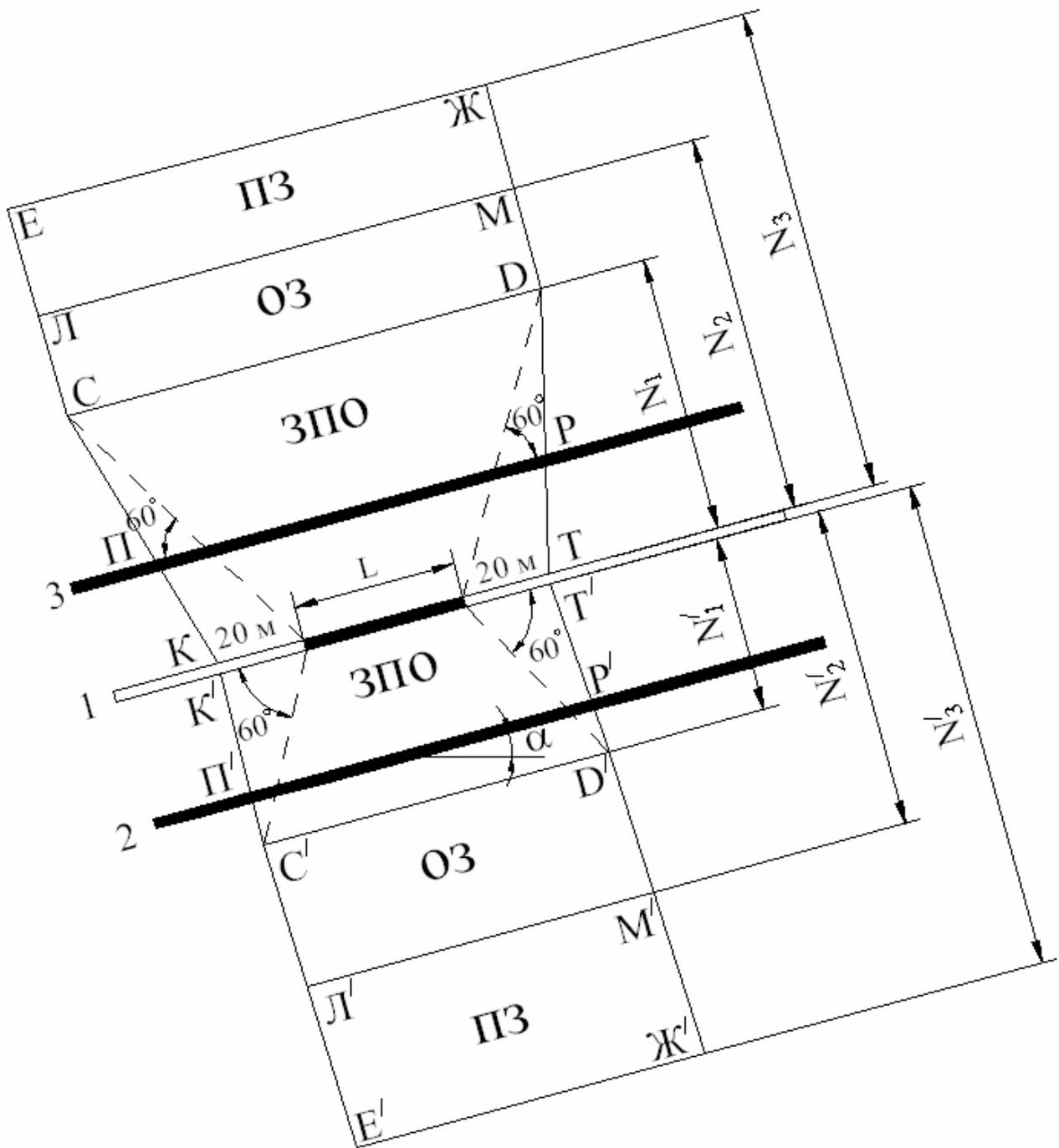


Рис. 7.5. Схема построения зон ПГД от целика на вертикальном разрезе
вкост простирания

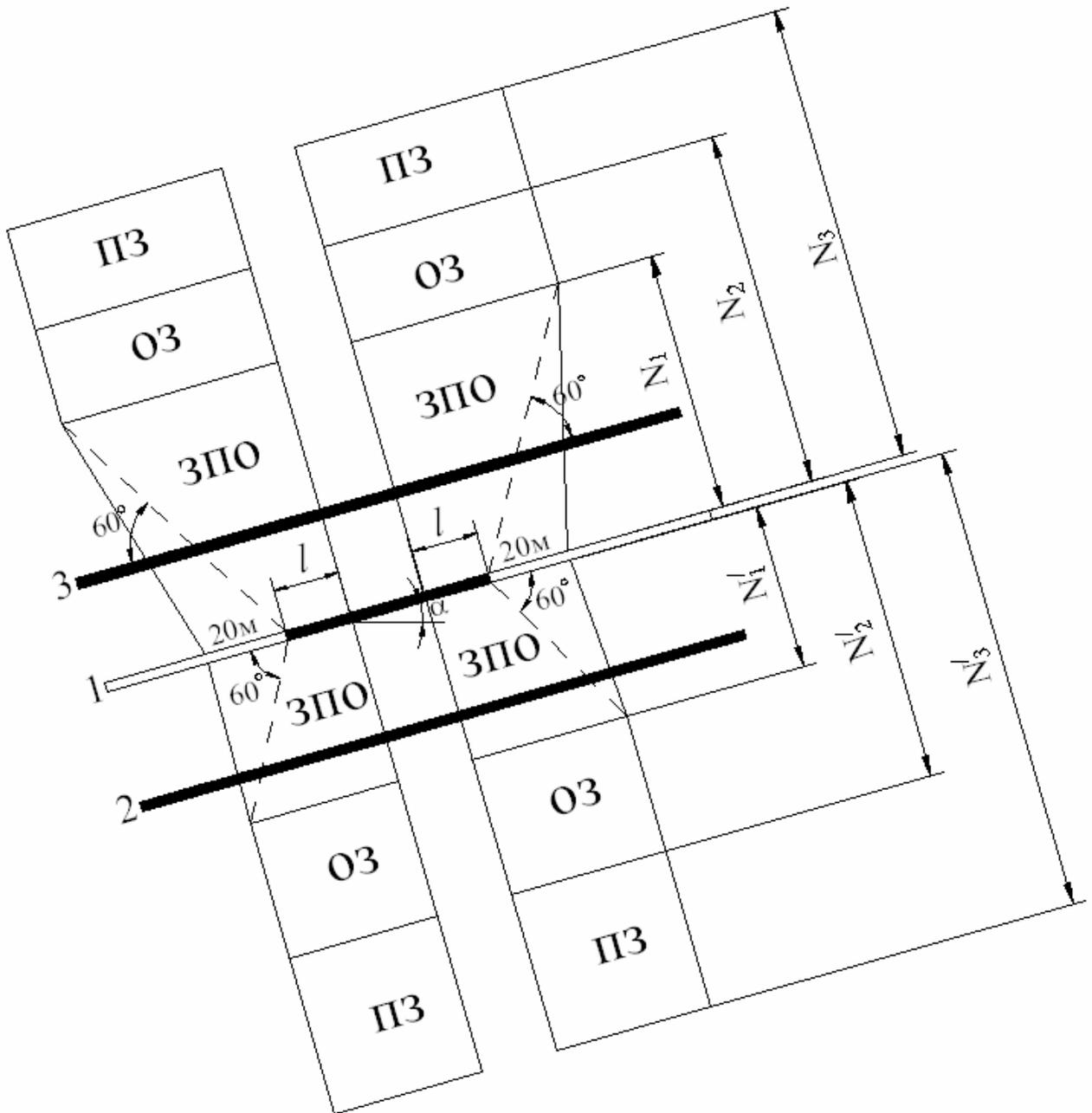


Рис. 7.6. Схема построения зон ПГД от краевой части на вертикальном разрезе вкрест простирания

Пример выполнения работы

При отработке свиты пластов (l_1, l_2, l_3, l_4) по пласту l_3 оставлен охранный целик шириной $L = 30$ м. Угол падения пластов $\alpha = 15^\circ$. Вынимаемая мощность влияющего пласта $l_3 m = 1,5$ м. Глубина залегания $H_{l_3} = 500$ м пласта l_3 . Мощности междупластий составляют $h_{2-1} = 50$ м, $h_{3-2} = 20$ м, $h_{3-4} = 60$ м.

Решение

1. По номограмме на рис. 5.1 (рис. 2 [1]) лабораторной работы № 5 определяем ширину зоны опорного давления l на влияющем пласте при $H = 500$ м и $m = 1,5$ м.

Ширина зоны опорного давления $l = 50$ м.

2. Вычисляем отношения ширины целика к ширине зоны опорного давления, т.е L/l , а также отношения мощности междупластий к ширине зоны опорного давления, т.е $(h_{1-2} + h_{2-3})/l$, h_{2-3}/l и h_{3-4}/l .

$$\frac{L}{l} = \frac{30}{50} = 0,60; \quad \frac{h_{2-1} + h_{2-3}}{l} = \frac{h_{3-1}}{l} = \frac{50 + 20}{50} = 1,40;$$
$$\frac{h_{3-2}}{l} = \frac{20}{50} = 0,40; \quad \frac{h_{3-4}}{l} = \frac{60}{50} = 1,20.$$

Определяем безразмерные величины N_i/l для параллельного целика по номограммам на рис. 7.3 в кровлю влияющего пласта и на рис. 7.4 – в почву влияющего пласта в зависимости от отношения ширины целика к ширине зоны опорного давления L/l .

В кровлю влияющего пласта: $N_1/l = 2,4$; $N_2/l = 3,4$; $N_3/l = 4,1$.

В почву влияющего пласта: $N'_1/l = 1,5$; $N'_2/l = 2,4$; $N'_3/l = 3,3$.

3. Вычисляем значения дальностей зон ЗПО, ОЗ и ПЗ соответственно N_1 , N_2 , N_3 , (N'_1 , N'_2 , N'_3) путем умножения отношений N_i/l , полученных из номограмм, на ширину зоны опорного давления l .

Дальность действия ЗПО в кровлю влияющего пласта l_3 :

$$N_1 = 50 \cdot 2,4 = 120,0 \text{ м.}$$

Дальность действия ОЗ в кровлю влияющего пласта l_3 :

$$N_2 = 50 \cdot 3,4 = 170,0 \text{ м.}$$

Дальность действия ПЗ в кровлю влияющего пласта l_3 :

$$N_3 = 50 \cdot 4,1 = 205,0 \text{ м.}$$

Дальность действия ЗПО в почву влияющего пласта l_3 :

$$N'_1 = 50 \cdot 1,5 = 75,0 \text{ м.}$$

Дальность действия ОЗ в почву влияющего пласта l_3 :

$$N'_2 = 50 \cdot 2,4 = 120,0 \text{ м.}$$

Дальность действия ПЗ в почву влияющего пласта l_3 :

$$N'_3 = 50 \cdot 3,3 = 165,0 \text{ м.}$$

По отношению L/l и h_{3-4}/l для параллельных целиков установим зону, в которую попадает пласт l_4 . При $L/l = 0,60$ и $h_{3-4}/l = 1,20$ устанавливаем, что пласт l_4 попадает в ЗПО, так как $h_{3-4}/l = 1,20$ меньше $N_1/l = 2,4$.

По отношению L/l и h_{2-3}/l для параллельных целиков установим зону, в которую попадает пласт l_2 . При $L/l = 0,60$ и $h_{3-2}/l = 0,40$ устанавливаем, что пласт l_2 попадает в ЗПО, так как $h_{3-2}/l = 0,40$ меньше $N'_1/l = 1,5$.

По отношению L/l и h_{1-3}/l для параллельных целиков установим зону, в которую попадает пласт l_1 . При $L/l = 0,60$ и $h_{3-1}/l = 1,40$ устанавливаем, что пласт l_1 попадает в ЗПО, так как $h_{3-1}/l = 0,40$ меньше $N'_1/l = 1,5$.

4. Выполняем построение зоны ПГД от целика на разрезе вкрест простирания в соответствии с методикой, изложенной выше в п.4 данной работы (рис. 7.5).

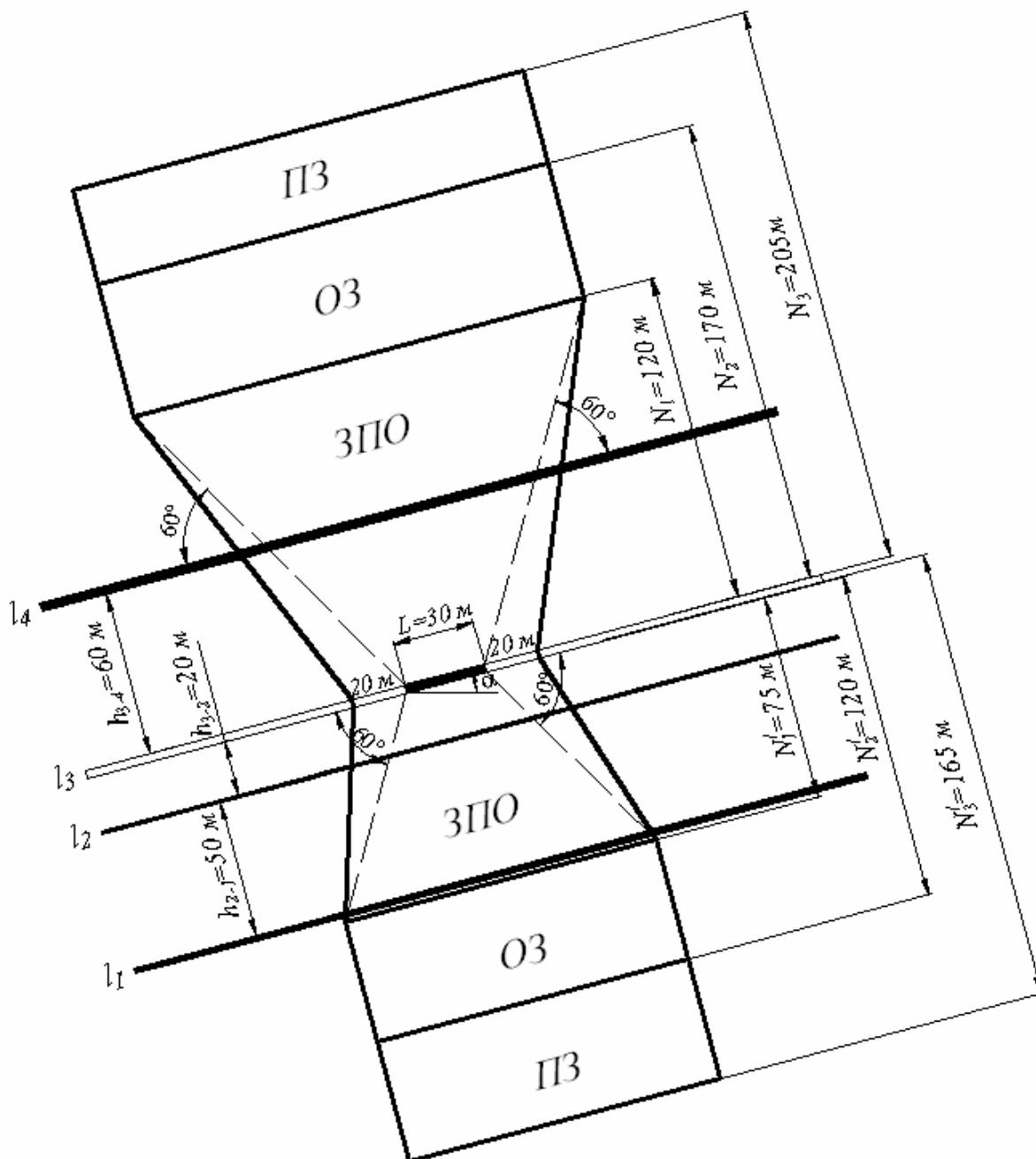


Рис. 7.5. Пример построения зоны ПГД от целика на разрезе вкрест простирания

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните понятия „параллельные” целики или краевые части, „перпендикулярные” целики или краевые части, „диагональные” целики или краевые части.
2. Как по степени опасности проявлений горного давления в очистных забоях разделяются зоны ПГД?
3. Каким образом определяются дальности действия зоны повышенной опасности, опасной зоны и прогнозной зоны в кровлю и почву влияющего пласта?

Список литературы

1. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов мощностью до 3,5 м с углом падения до 35° / С.Т. Кузнецов, Д.Г. Пекарский, В.В. Сычев и др. – Л.: ВНИМИ, 1984. – 62 с.

Лабораторная работа № 8

Время на выполнение – 6 часов

ПОСТРОЕНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ЦЕЛИКА ПОД РЕЧКОЙ СПОСОБОМ ПЕРПЕНДИКУЛЯРОВ

- Учебные цели:*
1. Изучение методики расчета и построения предохранительных целиков под водными объектами способом перпендикуляров.
 2. Приобретение навыков в построении предохранительных целиков под водными объектами способом перпендикуляров

Справочный материал для выполнения лабораторной работы №8

Условия выемки угольных пластов под водными объектами на земной поверхности (водотоками, водоемами, водоносными горизонтами и обводненными зонами) регламентируются „Правилами подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом” [1].

Водные объекты по условиям подработки разделяются на две группы:

I группа – водотоки, водоемы и обводненные породы, подстилаемые глинами или суглинками, при выполнении одного из следующих условий:

- мощность глин (суглинков) не менее глубины водотока (водоема) или напора воды над почвой водоносного горизонта;
- уровень воды в коренных породах, залегающих под глинами (суглинками), располагается ниже почвы последних.

II группа – водные объекты, не удовлетворяющие условиям отнесения их к I группе.

Подработка водного объекта I группы за пределами зоны опасного влияния не приводит к существенному увеличению притока воды в выработки, а подработка водного объекта II группы за пределами зоны опасного влияния является безопасной с точки зрения предотвращения прорывов воды, но не исключает возможности постепенного нарастания притока по мере развития горных работ.

Границами наземного водного объекта в плане являются:

- границы максимального разлива воды по данным гидрогеологической службы, если наземные водотоки и водоемы не имеют в основании обводненных отложений;
- границы обводненных отложений (песков, галечников, сильнотрещиноватых пород и т.п.).

Нижней границей водотока (водоема) является его дно (ложе).

Зоной опасного влияния водного объекта считается участок, в пределах которого выемка угля может вызвать недопустимый приток, а в отдельных случаях – прорыв воды и затопление выработок.

Границы зоны опасного влияния водного объекта определяются углами разрывов: по простиранию пласта – угол разрывов δ'' , а со стороны восстания и падения – соответственно углами разрывов β'' и γ'' .

На рисунке 8.1 представлены зоны влияния горной выработки на вертикальных разрезах.



Рис. 8.1. Зоны влияния горной выработки на вертикальных разрезах

В соответствии с „Правилами подработки...” [1] границы зоны возможных трещин определяются углами разрывов, которые принимаются на 10° больше соответствующих углов сдвига в коренных породах в соответствии с табл. 8.1 (табл. 5.2 [1]), но не более 90° .

Если граница зоны опасного влияния водного объекта по падению располагается ниже горизонта безопасной глубины, который определяется по табл. 8.2 и 8.3 (табл. 9.1 и 9.2 [1]), то нижней границей целика считают горизонт безопасной глубины, определяемый в зависимости от допустимых показателей деформаций земной поверхности.

Безопасная глубина разработки под водными объектами (H_{δ}) – минимальная глубина, при которой зона водопродящих трещин, образующаяся над выработанным пространством, не достигает нижней границы водного объекта.

Безопасная глубина разработки при выемке одного пласта для водных объектов I-й группы при $h_r \geq 2m$ и $m \leq 2,5m$ определяется по табл. 8.2. (где h_r – мощность залегающих под водным объектом глинистых наносов или пород, аналогичных им по физико-механическим свойствам, например аргиллитов Западного Донбасса; m – вынимаемая мощность пласта). Для водных объектов I-й и II-й групп при $h_r < 2m$ безопасная глубина разработки при выемке одного пласта определяется по табл. 8.3.

Таблица 8.1

Углы сдвига в коренных породах, наносах и мезозойских отложениях

Месторождение, марка угля	Углы сдвига				
	коренные породы			наносы, φ	мезозойские отложения, δ_m
	по простираню пласта, δ	по восстаню пласта, γ	по падению пласта, β		
Донбасс, марки углей: Д, ДГ, Г, Ж, ОС, Т	80	80	$80 - 0,8\alpha \geq 30$	60	70
Донбасс марка угля А	$\frac{85}{80}$	$\frac{85}{80}$	$\frac{85 - 0,8\alpha \geq 30}{80 - 0,8\alpha \geq 25}$	60	70
Западный Донбасс	75	75	75	50	70
Львовско- Волынский бассейн	$\frac{75}{70}$	$\frac{75}{70}$	$\frac{75}{70}$	50	$\frac{75}{70}$
Днепровский буроугольный бассейн	55	55	55	55	55
Примечание. В числителе приведены значения для неподработанной толщи, в знаменателе – для подработанной.					

Таблица 8.2

Безопасная глубина разработки под водными объектами I группы при $h_{Г} \geq 2m$
и $m \leq 2,5 м$

Мощность пласта m , м	Минимальная мощность глинистых наносов $h_{Г}$					
	от 2 до 4 вкл.	свыше 4 до 6 вкл.	свыше 6 до 8 вкл.	свыше 8 до 10 вкл.	свыше 10 до 15 вкл.	свыше 15
не более 1,0	40	35	30	30	25	20
1,5	60	50	45	40	35	30
2,0	75	60	55	50	45	40
2,5	–	65	60	55	50	50

Примечание. При промежуточных значениях мощности пласта величину безопасной глубины определяют интерполяцией с последующим округлением до 5 м в большую сторону.

Таблица 8.3

Безопасная глубина разработки под водными объектами I и II групп при
 $h_{Г} < 2m$ и $m \leq 2,5 м$

Мощность пласта m , м	Средняя мощность аргиллитов, алевролитов и глинистых сланцев от мощности подрабатываемой толщи, %				
	от 0 до 20 вкл.	свыше 20 до 40 вкл.	свыше 40 до 60 вкл.	свыше 60 до 80 вкл.	свыше 80 до 100 вкл.
не более 1,0	40	35	30	30	25
1,5	60	50	45	40	35
2,0	75	60	55	50	45
2,5	-	65	60	55	50

Примечание 1. При промежуточных значениях мощности пласта величину безопасной глубины определяют интерполяцией с последующим округлением до 5 м в большую сторону.

Примечание 2. При определении процентного содержания аргиллитов, алевролитов и глинистых сланцев в подрабатываемой толще наносы и породы, удаленные от кровли разрабатываемого пласта на расстояние менее 10м (m – вынимаемая мощность пласта в метрах), не учитывают.

В зависимости от конфигурации водного объекта построение предохранительных целиков производится от границ водного объекта в плане по способу вертикальных разрезов или по способу перпендикуляров.

В данной работе рассматривается построение предохранительных целиков по способу перпендикуляров.

Порядок построения предохранительного целика по способу перпендикуляров

1. На границе водного объекта (линиях максимального разлива воды) намечаются характерные точки *А, Д, Ж, К, Г, Б* (рис. 8.2). Максимальная ширина участка разлива *а*.

2. В намеченных характерных точках измеряются острые углы θ между касательной к границе водного объекта и направлением простирания пласта.

3. Вычисляются значения углов разрывов в диагональном направлении (β'') ' и (γ'') ' по формулам:

$$ctg(\beta'')' = \sqrt{ctg^2 \beta'' \cdot \cos^2 \theta + ctg^2 \delta'' \cdot \sin^2 \theta}, \quad (8.1)$$

$$ctg(\gamma'')' = \sqrt{ctg^2 \gamma'' \cdot \cos^2 \theta + ctg^2 \delta'' \cdot \sin^2 \theta}, \quad (8.2)$$

где δ'' – угол разрывов по простиранию пласта, градус;

β'' – угол разрывов со стороны восстания, градус;

γ'' – угол разрывов со стороны падения, градус;

θ – острые углы между касательной к границе водного объекта и направлением простирания пласта, градус.

4. Рассчитываются длины перпендикуляров *q* в сторону восстания пласта или *l* в сторону падения для каждой характерной точки по формулам:

$$q = \frac{H ctg(\beta'')'}{1 + ctg(\beta'')' \cdot \cos \theta \cdot tg \alpha}, \quad (8.3)$$

$$l = \frac{H ctg(\gamma'')'}{1 - ctg(\gamma'')' \cdot \cos \theta \cdot tg \alpha}, \quad (8.4)$$

где (β'') ' и (γ'') ' – углы разрывов в диагональном направлении, градус;

θ – острые углы между касательной к границе водного объекта и направлением простирания пласта, градус;

H – глубина залегания пласта в характерной точке, м;

α – угол падения пласта под данной характерной точкой, градус.

Результаты расчетов длин перпендикуляров целесообразно представить в виде таблицы (табл. 8.4).

Таблица 8.4

Расчет длин перпендикуляров

Точка	θ , град	$\cos^2 \theta$	$\sin^2 \theta$	<i>H</i> , м	$ctg(\beta'')$ '	$ctg(\gamma'')$ '	<i>q</i> , м	<i>l</i> , м
<i>А</i>								
<i>Д</i>								
<i>Ж</i>								
<i>К</i>								
<i>Г</i>								
<i>Б</i>								

5. Длины перпендикуляров q в сторону восстания пласта или l в сторону падения, вычисленные по формулам (8.3) и (8.4), откладываются в характерных точках (рис. 8.2) по нормали к границе водного объекта и получают точки $a, д, ж, к, г, б$, расположенные на границах зоны опасного влияния водного объекта.

6. Определяется горизонт безопасной глубины по данным табл. 8.2 или 8.3 (табл. 9.1 и 9.2 [1]).

7. Границей предохранительного целика со стороны падения пласта является горизонт безопасной глубины $к_1к_2$ (рис. 8.2). Точки $а_1, ж_1, б_1$ – это точки пересечения границ зоны опасного влияния водного объекта с технической границей шахты. В связи с этим границы предохранительного целика под водный объект определяются точками $а_1, д, ж_1, к_2, к_1, г, б_1$.

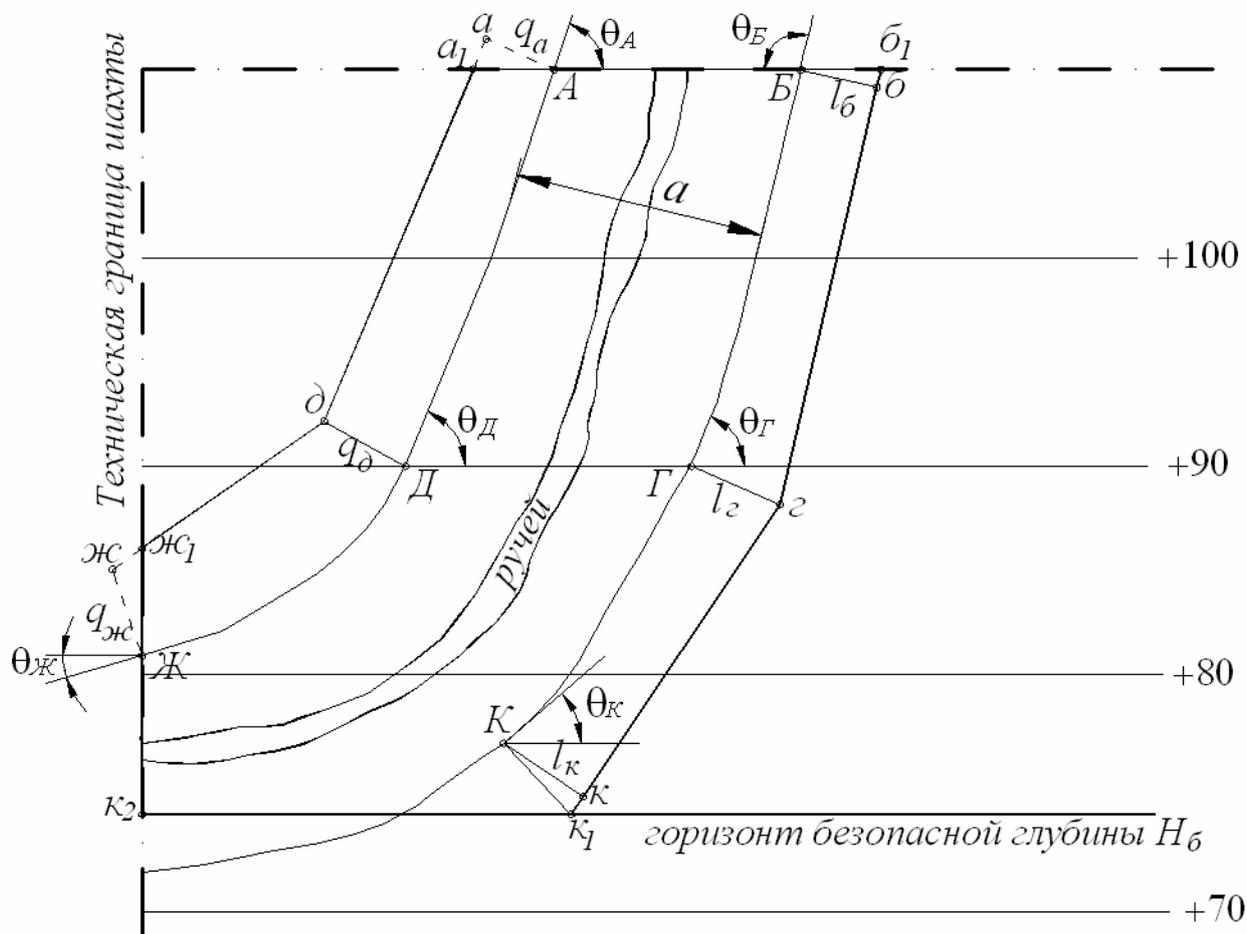


Рис. 8.2. Построение предохранительного целика под ручей способом перпендикуляров

Методические указания к выполнению работы

Задание:

Для условий Донецкого бассейна построить предохранительный целик под водный объект способом перпендикуляром.

Исходные данные

На одной из шахт Донбасса через поле шахты протекает ручей. Максимальная ширина участка разлива воды в период паводка a . Под ручьем разрабатывается пласт k_2 вынимаемой мощностью m и углом падения α . Под руслом ручья, включая участки его максимального разлива в период паводка, залегают глинистые наносы мощностью h_r . Высотная отметка земной поверхности на участке разлива ручья Z . Глубина залегания пласта k_2 на участке H .

Численные значения исходных данных по вариантам приведены в таблицах Г.1, Г.2 приложения Г. Номер варианта выбирается в соответствии с порядковым номером в журнальном списке академической группы.

Масштаб построений предохранительного целика под ручей 1:2000.

Порядок выполнения

1. Строится гипсометрический план пласта k_2 .

Заложение на плане между соседними изогипсами определяется по формуле:

$$S = \Delta h \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \quad (8.5)$$

где Δh – высота сечения изогипс, м;

α – угол падения пласта, градус.

Определяются границы пласта, по которым будет построен целик:

$$Z_{nl} = Z_{нов} - H, \quad (8.6)$$

где $Z_{нов}$ – высотная отметка земной поверхности на участке разлива ручья, м;

H – глубина залегания пласта на участке, м.

2. Наносятся на гипсометрический план границы ручья, а также границы максимальной ширины участка разлива воды в период паводка a .

3. На границе максимальной ширины участка разлива воды в период паводка намечаются характерные точки.

4. В намеченных характерных точках измеряются острые углы θ между касательной к границе водного объекта и направлением простирания пласта.

5. Вычисляются значения углов разрывов в диагональном направлении (β'') ' и (γ'') ' по формулам (8.1) и (8.2). Для расчета углов разрывов в диагональном направлении определяются углы сдвига для данного месторождения в соответствии с табл. 8.1 (табл. 5.2 [1]).

6. По гипсометрическому плану определяются отметки пласта в характерных точках, вычисляются глубины залегания пласта в характерных

точках и рассчитываются длины перпендикуляров q в сторону восстания пласта или l в сторону падения для каждой характерной точки по формулам (8.3) и (8.4).

Результаты расчетов длин перпендикуляров заносятся в таблицу (табл. 8.4).

7. Длины перпендикуляров q в сторону восстания пласта или l в сторону падения, откладываются в характерных точках (рис. 8.2) по нормали к границе водного объекта и получают точки, расположенные на границах зоны опасного влияния водного объекта.

8. Определяется горизонт безопасной глубины по данным табл. 8.2 или 8.3 (табл. 9.1 и 9.2 [1]). Рассчитывается отметка горизонта безопасной глубины, и горизонт безопасной глубины наносится на гипсометрический план.

Уточняется конфигурация предохранительного целика с учетом горизонта безопасной глубины.

Пример выполнения работы

На одной из шахт Донбасса через поле шахты протекает ручей. Максимальная ширина участка разлива воды в период паводка $a = 50$ м. Под ручьем разрабатывается пласт k_2 вынимаемой мощностью $m = 1,10$ м и углом падения $\alpha = 18^\circ$. Под руслом ручья, включая участки его максимального разлива в период паводка, залегают глинистые наносы мощностью $h_r = 20$ м. Высотная отметка земной поверхности на участке разлива ручья $Z = 200$ м. Глубина залегания пласта k_2 на участке $H = 180 - 260$ м.

Решение

1. Строим гипсометрический план пласта k_2 .

Заложение на плане между соседними изогипсами определяем по формуле (8.5).

$$S = 20 \cdot \operatorname{ctg} 18^\circ = 61,5 \text{ м.}$$

Определяем границы пласта, по которым будет построен целик по формуле (8.6).

$$Z_{пл}^{\max} = 200 - 180 = 20 \text{ м, } Z_{пл}^{\min} = 200 - 260 = -60 \text{ м}$$

2. Наносим на гипсометрический план границы ручья, а также границы максимальной ширины участка разлива воды в период паводка $a = 50$ м.

3. На границе максимальной ширины участка разлива воды в период паводка намечаем характерные точки $A, B, C, D, M, N, K, L, F, E$.

4. В намеченных характерных точках измеряем острые углы θ между касательной к границе водного объекта и направлением простирания пласта.

Вычисляем значения углов разрывов в диагональном направлении (β'') ' и (γ''') ' по формулам (8.1) и (8.2). Для расчета углов разрывов в диагональном

направлении определяем углы сдвижения для данного месторождения в соответствии с табл. 8.1 (табл. 5.2 [1]).

Углы сдвижения для Донбасса:

$\delta = 80^\circ$ – угол сдвижения по простиранию пласта;

$\beta = 80 - 0,8\alpha = 66^\circ$ – угол сдвижения со стороны восстания пласта;

$\gamma = 80^\circ$ – угол сдвижения со стороны падения пласта.

Углы разрывов для Донбасса:

$\delta'' = 80^\circ$ – угол разрывов по простиранию пласта;

$\beta'' = 66^\circ$ – угол разрывов со стороны восстания пласта;

$\gamma'' = 80^\circ$ – угол разрывов со стороны падения пласта.

5. По гипсометрическому плану определяем отметки пласта в характерных точках, вычисляем глубины залегания пласта в характерных точках и рассчитываем длины перпендикуляров q в сторону восстания пласта или l в сторону падения для каждой характерной точки по формулам (8.3) и (8.4).

Результаты расчетов длин перпендикуляров заносим в таблицу (табл. 8.5).

6. Длины перпендикуляров q в сторону восстания пласта или l в сторону падения, вычисленные по формулам (8.3) и (8.4), откладываем в характерных точках (рис. 8.3) по нормали к границе водного объекта и получаем точки $a, b, c, d, m, n, k, l, f, e$, расположенные на границах зоны опасного влияния водного объекта.

Таблица 8.5

Расчет длин перпендикуляров

Точка	$\theta, \text{град}$	$\cos^2 \theta$	$\sin^2 \theta$	$H, \text{м}$	$\text{ctg}(\beta'')$	$\text{ctg}(\gamma'')$	$q, \text{м}$	$l, \text{м}$
A	48	0,4477	0,5523	180	0,3259	–	73,1	–
B	77	0,0510	0,9494	200	0,1987	–	86,2	–
C	48	0,4477	0,5523	220	0,3259	–	89,3	–
D	65	0,1786	0,8214	240	0,2468	–	100,7	–
M	61	0,2350	0,7650	260	0,2653	–	108,2	–
N	43	0,5349	0,4651	180	–	0,1763	–	33,1
K	76	0,0585	0,9415	200	–	0,1763	–	35,8
L	46	0,4825	0,5174	220	–	0,1763	–	40,4
F	62	0,2204	0,7796	240	–	0,1761	–	43,5
E	61	0,2350	0,7650	260	–	0,1763	–	47,1

7. Определяем горизонт безопасной глубины по данным табл. 8.2 (табл. 9.1 [1]), так как $m = 1,10$ м и мощность глинистых наносов $h_r = 20$ м. Безопасная глубина составляет $H_6 = 25$ м

Рассчитывается отметка горизонта безопасной глубины, и горизонт безопасной глубины наносится на гипсометрический план.

$$Z_6 = 200 - 25 = 175 \text{ м.}$$

Уточняется конфигурация предохранительного целика с учетом горизонта безопасной глубины.

Горизонт безопасной глубины находится намного выше глубины ведения планируемых горных работ, поэтому оставление целика под ручей нецелесообразно.

Возможные границы предохранительного целика под ручей определяются точками $a_1, a, b, c, d, m_1, e_1, e, f, l, k, n_1$ (рис. 8.3).

Вопросы для самоконтроля

1. Как разделяются водные объекты по условиям подработки?
2. Что является границами наземного водного объекта в плане?
3. Что называется зоной опасного влияния водного объекта?
4. Каким образом определяются границы зоны опасного влияния водного объекта?
5. Что называется безопасной глубиной разработки под водными объектами и как она определяется?
6. Назовите способы построения предохранительных целиков под водные объекты.

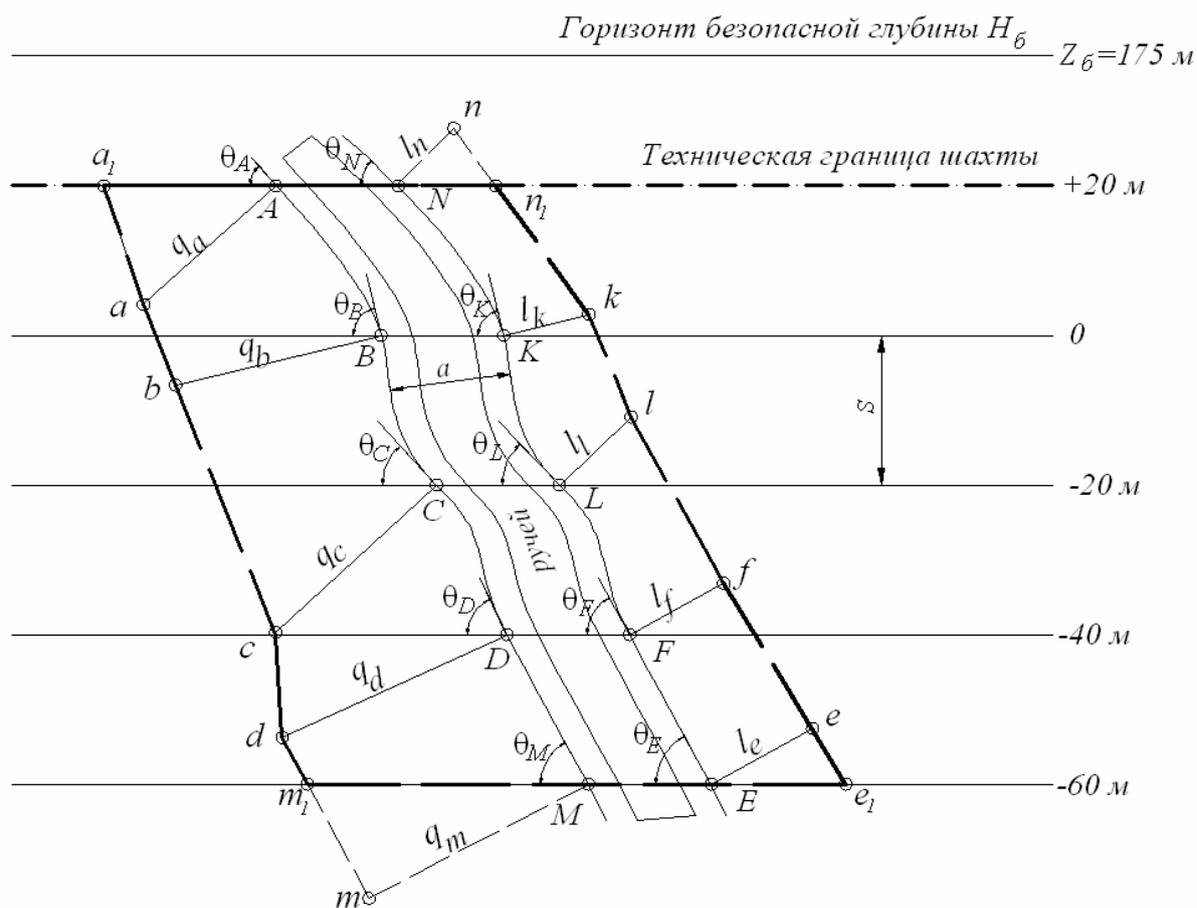


Рис. 8.3. Пример построение предохранительного целика под ручей способом перпендикуляров

Список литературы

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом / Отраслевой стандарт. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 127 с.

Лабораторная работа № 9

Время на выполнение – 6 часов

ПОСТРОЕНИЕ ГРАНИЦ ОПАСНЫХ ЗОН (БАРЬЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ) У РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

- Учебные цели:**
1. Изучение методики расчета и построения барьерных целиков и границ безопасного ведения горных работ у скважин
 2. Приобретение навыков в построении барьерных целиков и границ безопасного ведения горных работ у скважин

Справочный материал для выполнения лабораторной работы №9

Опасные по прорывам воды зоны устанавливаются:

- у затопленных выработок, пройденных по угольным пластам или по вмещающим породам;
- у затопленных шахтных стволов, шурфов и скважин;
- у разрывных тектонических нарушений, пересекающих затопленные выработки;
- толщах пород, залегающих под и над затопленными выработками.

Контур затопленных выработок могут быть достоверными и недостоверными. Контур можно считать достоверным, если он зафиксирован в горной графической документации по результатам маркшейдерских съемок, выполненных после останова забоев выработок с соблюдением требований нормативных документов. Правильность нанесения контура выработок может быть проверена по материалам маркшейдерских съемок. Если эти условия не соблюдаются, то контур затопленных выработок следует считать недостоверным.

Целики угольных пластов в границах опасных зон называют барьерными, если они оставлены у затопленных выработок с достоверным контуром, у скважин и разрывных нарушений, пересекающих затопленные выработки. Угольные целики в границах опасных зон по пластам, залегающим под и над затопленными выработками, называют предохранительными.

При недостоверном контуре затопленных выработок устанавливается граница безопасного ведения горных работ от предлагаемого контура затопленных выработок на расстоянии, превышающем ширину опасной зоны,

рассчитанную для данных горно-геологических условий при достоверном контуре затопленных выработок. Это расстояние устанавливается в каждом конкретном случае в зависимости от возможной погрешности изображенного на плане контура затопленных выработок.

Проекты границ опасных зон по прорывам воды составляются маркшейдерской и геологической службами шахты. Ответственным за своевременное составление проекта границы опасной зоны у затопленных выработок является главный маркшейдер шахты, а у разрывных нарушений и незатампонированных (некачественно затампонированных) буровых скважин – главный геолог шахты.

Проект границ опасной зоны состоит из пояснительной записки и графических материалов.

В пояснительной записке приводятся материалы о достоверности контура затопленных выработок, объеме и напоре воды в них, расчеты ширины барьерного целика при достоверном контуре затопленных выработок, исходные данные для построения предохранительных целиков, материалы по обоснованию границы безопасного ведения горных работ при недостоверном контуре затопленных выработок, методика маркшейдерских работ по определению в натуре границы опасной зоны.

Графические материалы включают выкопировки из исходных планов горных выработок с нанесением проектируемых границ барьерных и предохранительных целиков, границ безопасного ведения горных работ и выработок вблизи них, пунктов опорной и съемочной сети, геологические разрезы с указанием затопленных выработок (скважин, разрывного нарушения) и уровня воды в них, чертежи по построению границ опасных зон.

Ширина барьерных целиков у затопленных очистных и пластовых подготовительных выработок с достоверным контуром в пластах мощностью до 3,5 м с углами падения $\alpha \leq 30^\circ$ в соответствии с „Инструкцией по безопасному ведению горных работ у затопленных выработок” [1] рассчитывается по формуле:

$$d = 5m + 0,05H + 0,001l, \text{ но не менее } 20 \text{ м} \quad (9.1)$$

где d – ширина опасной зоны (барьерного целика), м;

H – расстояние по вертикали от земной поверхности до контура затопления, м;

m – вынимаемая мощность пласта, м;

l – суммарная протяженность подземных теодолитных ходов, используемых для определения контура затопленных выработок и построения границ опасных зон, м (протяженность теодолитных ходов, проложенных до 1950г., при определении l удваивается).

В Донском бассейне ширина барьерных целиков при углах падения $\alpha > 30^\circ$ принимается равной:

- а) $d + 20 \text{ м}$ – для барьерных целиков, вытянутых по простиранию при α от 45° до 70° ; при $\alpha > 70^\circ$ барьерные целики не оставляются;

б) $d + 10$ м – для барьерных целиков, вытянутых по падению, при α от 45° до 90° ;

в) при α от 30° до 45° ширина опасных зон определяется интерполяцией между значениями, рассчитанными при $\alpha \leq 30^\circ$ и $\alpha > 45^\circ$.

Если по формуле (9.1) величина d , меньше 20 м, то ширина барьерного целика принимается равной 20 м.

У затопленной выработки, пройденной по породе, ширина барьерного целика (опасной зоны) d_n рассчитывается по формуле [1]:

$$d_i = 0,05H + 0,001l + \Delta, \text{ но не менее } 20 \text{ м.} \quad (9.2)$$

В формуле (9.2) значения H и l те же, что и в формуле (9.1).

Величина Δ для барьерных целиков, вытянутых по простиранию, принимается при углах падения слоев пород $0^\circ - 30^\circ$ равной 0 и при углах падения слоев пород $45^\circ - 90^\circ$ – равной 10 м. При углах падения слоев пород $30 - 45^\circ$ величина Δ принимается равной 5 м.

Для барьерных целиков, вытянутых по направлению падения слоев пород, величина $\Delta = 0$.

У затопленных вертикальных шахтных стволов шурфов и технических скважин ширина барьерных целиков определяется по формуле

$$d_c = 0,05H + 0,001l + 5, \text{ но не менее } 20 \text{ м.} \quad (9.3)$$

где d – ширина опасной зоны в плане, м;

H – вертикальное расстояние от земной поверхности до горизонта, на котором строится опасная зона, м;

m – вынимаемая мощность пласта, м;

l – то же, что и в формуле (9.1).

При отсутствии координат точек пересечения скважины с пластом или данных об элементах искривления скважины радиус окружности барьерного целика (опасной зоны) при углах падения $\alpha \leq 45^\circ$ рассчитывается по формуле (9.3). После этого рассчитанное значение радиуса окружности целика (опасной зоны) увеличивается на $0,08H$ при H менее 300 м и на $0,14H$ при более 500 м. При этом H – расстояние по скважине от ее устья до пласта. При H от 300 до 500 м увеличение радиуса окружности барьерного целика находится интерполяцией. За центр окружности барьерного целика (опасной зоны) принимается вертикальная проекция устья скважины.

Методические указания к выполнению работы

Задание:

Используя данные инклинометрии искривленной скважины, построить на плане барьерные целики при встрече кондиционных пластов m_0 и m_3 , а также границу безопасного ведения работ без учета наличия данных о направлении скважины и сравнить положения границ целиков.

Исходные данные

Скважина № 597 расположена на угольном участке „Ждановский глубокий” объединения „Октябрьуголь” пробурена в 1956 г. станком БС-1200. Инклинометрия выполнена инклинометром ИШ-2. Условные координаты и отметка устья: $x_{уст} = 1000,0$ м; $y_{уст} = 1000,0$ м; $z_{уст} = 230,5$ м.

При бурении встречены шесть пластов, из них пласты m_9 и m_3 имеют кондиционную мощность (табл. 9.1.).

Таблица 9.1

Сведения о встреченных пластах угля

№ п/п	Наименование пластов	Мощность пласта, м	Угол падения по керну, градус
1	m_9	0,70	7
2	m_6'	0,30	7
3	m_4	0,30	6
4	m_3	0,80	6
5	m_2	0,65	5
6	l_8'	0,45	5

По скважине через определенное расстояние l проводились замеры азимутального α и зенитного β углов.

Численные значения исходных данных по вариантам приведены в таблицах Д.1, Д.2 приложения Д. Номер варианта выбирается в соответствии с порядковым номером в журнальном списке академической группы.

Масштаб построений барьерных целиков по пластам m_9 и m_3 , а также границ безопасного ведения работ 1:1000.

Порядок выполнения

1. Вычисляются пространственные координаты забоя искривленных скважин по формулам:

$$x_3 = x_{уст} + \sum l_i \cdot \sin \beta_i \cdot \cos \alpha_i, \quad (9.4)$$

$$y_3 = y_{уст} + \sum l_i \cdot \sin \beta_i \cdot \sin \alpha_i, \quad (9.5)$$

$$z_3 = z_{уст} - \sum l_i \cdot \cos \beta_i, \quad (9.6)$$

где $x_{уст}$, $y_{уст}$, $z_{уст}$ – координаты устья скважины, м;

l_i – длина интервалов между точками измерения параметров направления; м;

β_i и α_i – зенитный и азимутальный (дирекционный) углы интервалов оси скважины, градус.

Определение пространственных координат забоя искривленной скважины можно представить в виде таблицы (табл. 9.2).

2. Определяется H – расстояние по скважине от ее устья до пластов m_9 и m_3 .

Из таблицы 9.2 выбираются высотные отметки пластов m_9 и m_3 (z_{m_9} и z_{m_3})

$$H_{m_9} = z_{уст} - z_{m_9}, \quad (9.7)$$

$$H_{m_3} = z_{уст} - z_{m_3} \quad (9.8)$$

Таблица 9.2

Определение координат встречи скважины с пластами m_9 и m_3

№ п/п	Глубина замера, м	Расстояние между замерами, l_i , м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	$l_i \cdot \cos \beta_i$	$l_i \cdot \sin \beta_i$	Азимут α , град	Приращения координат, м		Координаты, м		
								Δx	Δy	x	y	z
1												
2												
...												
16												
16'				m_9								
...												
40												
40'				m_3								

3. Вычисляется ширина барьерных целиков по пластам m_9 и m_3 и границы безопасного ведения работ

У затопленных технических скважин ширина барьерных целиков определяется по формуле (9.3). Для определения протяженности теодолитных ходов $l = 3000$ м.

Для определения границ безопасного ведения работ рассчитанное значение радиуса окружности целика (опасной зоны) увеличивается на $0,08H$ при H менее 300 м и на $0,14H$ при более 500 м. При этом H – расстояние по скважине от ее устья до пласта. При H от 300 до 500 м увеличение радиуса окружности барьерного целика находится интерполяцией.

4. Выполняется построение барьерных целиков по пластам m_9 и m_3 , а также границ безопасного ведения работ. Пример построения представлен на рис. 9.1.

Пример выполнения работы

Скважина № 597 расположена на угольном участке „Ждановский глубокий” объединения „Октябрьуголь” пробурена в 1956 г. станком БС-1200. Инклинометрия выполнена инклинометром ИШ-2. Условные координаты и отметка устья: $x_{уст} = 1000,0$ м; $y_{уст} = 1000,0$ м; $z_{уст} = 230,5$ м.

При бурении встречены шесть пластов, из них пласты m_9 и m_3 имеют кондиционную мощность (табл. 9.1.).

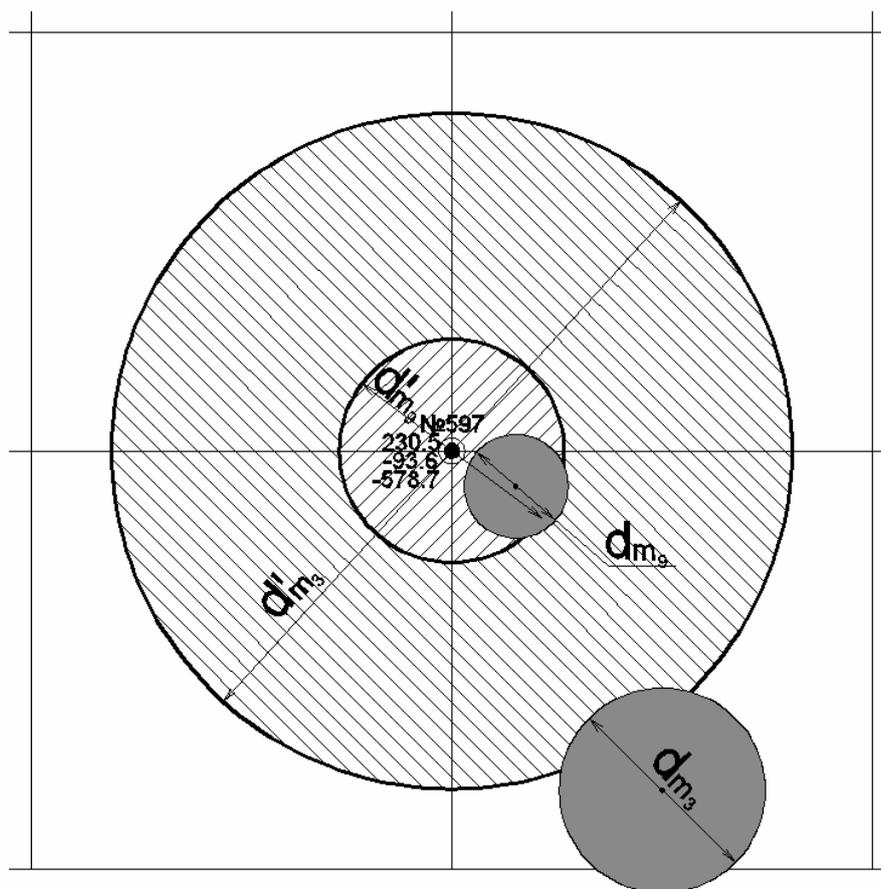


Рис. 9.1. Пример построения барьерных целиков и границ безопасного ведения работ по пластам m_9 и m_3

По скважине через расстояние $l = 20$ м проводились замеры азимутального α и зенитного β углов. Исходные данные приведены в табл. 9.3.

Решение

1. По формулам (9.4) – (9.6) вычисляем пространственные координаты забоя скважины № 597. Результаты расчетов заносим в таблицу (табл. 9.4).

2. Из табл. 9.4 выбираем высотные отметки пластов m_9 и m_3

$$z_{m_9} = -87,270 \text{ м}; z_{m_3} = -572,105 \text{ м}$$

По формулам (9.7) и (9.8) вычисляем H – расстояние по скважине от ее устья до пластов m_9 и m_3 .

$$H_{m_9} = 230,500 - (-87,270) = 317,800 \text{ м};$$

$$H_{m_3} = 230,500 - (-572,105) = 802,600 \text{ м}.$$

Таблица 9.3

Данные инклинометрии по скважине № 597

№ п/п	Расстояние между замерами, l , м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, l , м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	Азимут α , градус
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	20	0°30'		40	21	20	7°30'		80
2	20	1		43	22	20	8		83
3	20	1°30'		43	23	20	8		83
4	20	1°30'		47	24	20	8°30'		83
5	20	2		47	25	20	9		83
6	20	2		60	26	20	9		85
7	20	2°30'		60	27	20	9°30'		85
8	20	3		60	28	20	9°30'		85
9	20	3°30'		63	29	20	9°30'		85
10	20	4		63	30	20	10		87
11	20	4°30'		69	31	20	10		87
12	20	4°30'		69	32	20	10		91
13	20	4°30'		71	33	20	10°30'		91
14	20	5		71	34	20	10°30'		93
15	20	5		71	35	20	10°30'		93
16	20	5°30'		75	36	20	11		95
16'	4,7	5°30'	m_9	75	37	20	11°30'		97
17	15,3	5°30'		77	38	20	11°30'		97
18	20	6°30'		77	39	20	12		97
19	20	7		80	40	20	12°30'		99
20	20	7		80	40'	16,8	12°30'	m_3	99

3. Вычисляется ширина барьерных целиков по пластам m_9 и m_3 и границы безопасного ведения работ

У затопленных технических скважин ширина барьерных целиков определяется по формуле (9.3). Для определения протяженности теодолитных ходов $l = 3000$ м.

$$dm_9 = 0,05 \cdot 317,8 + 0,001 \cdot 3000 + 5 = 23,9 \text{ м};$$

$$dm_3 = 0,05 \cdot 802,6 + 0,001 \cdot 3000 + 5 = 48,1 \text{ м}.$$

Для определения границ безопасного ведения работ по пласту m_9 рассчитанное значение радиуса окружности целика (опасной зоны) dm_9 увеличивается на $0,09H$, т.е $d'm_9 = dm_9 + 0,09 \cdot 317,8 = 23,9 + 0,09 \cdot 317,8 = 52,5$ м.

Для определения границ безопасного ведения работ по пласту m_3 рассчитанное значение радиуса окружности целика (опасной зоны) dm_3 увеличивается на $0,14H$, т.е $d'm_3 = dm_3 + 0,14 \cdot 802,6 = 48,1 + 0,14 \cdot 802,6 = 160,5$ м.

4. Выполняем построение барьерных целиков по пластам m_9 и m_3 , а также границ безопасного ведения работ (рис. 9.2).

Из рисунка 9.2 видно, что опасная зона, построенная без координат встречи скважины с пластом (граница безопасного ведения работ) для пласта m_9 почти совпадает с положением барьерного целика, но имеет большую площадь.

Опасная зона, построенная без координат встречи скважины с пластом m_3 (граница безопасного ведения работ) не совпадает с положением барьерного целика и при ведении работ по пласту большая вероятность встречи скважины вне границы безопасного ведения работ.

Вопросы для самоконтроля

1. В каких случаях контур затопленных выработок считается достоверным?
2. В каких случаях у затопленных выработок устанавливается граница безопасного ведения горных работ?
3. Дайте определение понятию „барьерный целик”.
4. Что должен содержать проект границ опасных зон по прорывам воды?
5. Как определяется ширина барьерных целиков у затопленных технических скважин?

Список литературы

1. Инструкция по безопасному ведению горных работ у затопленных выработок. – Л.: ВНИМИ, 1984. – 66 с.

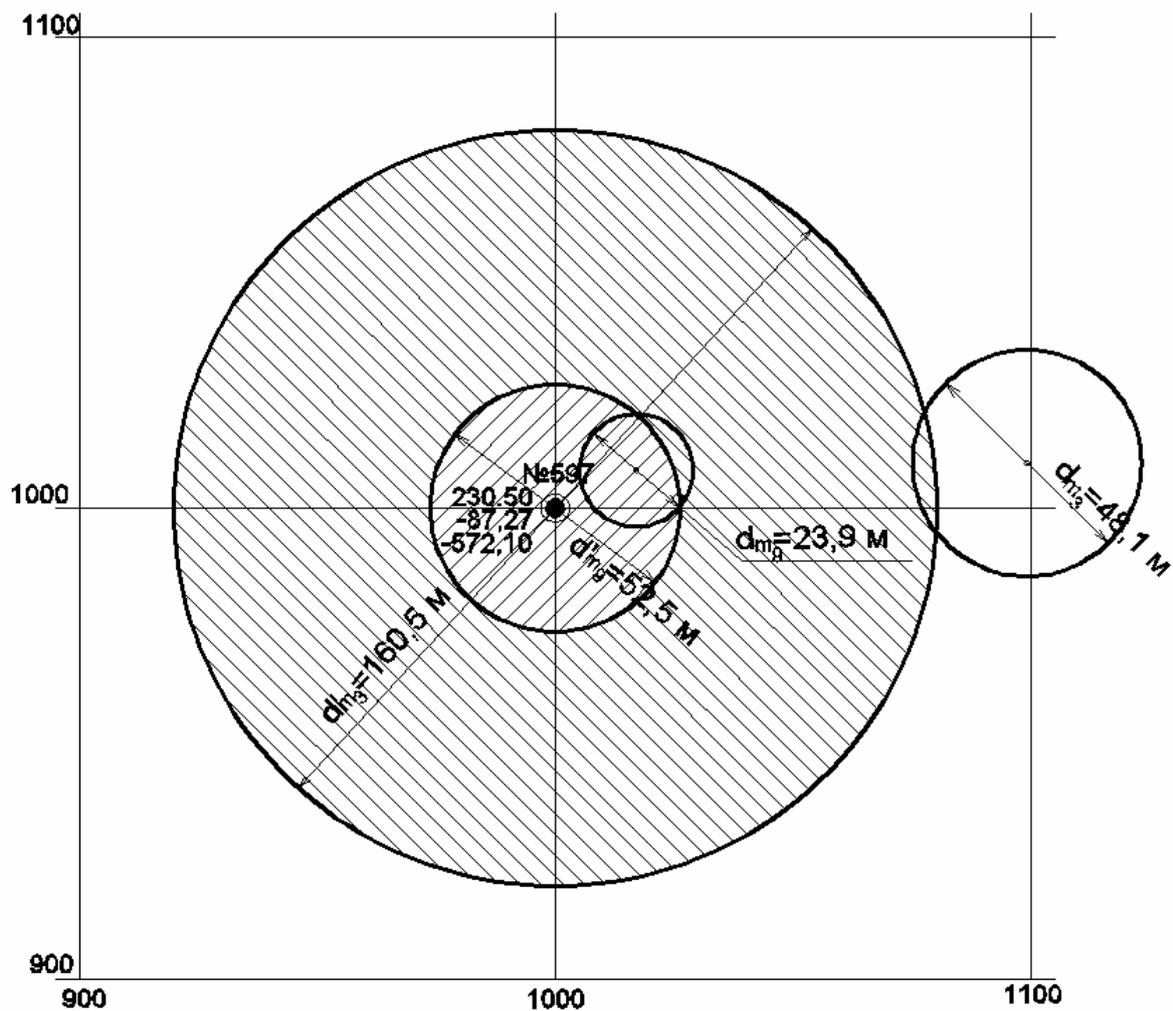


Рис. 9.2. Построение барьерных целиков и границ безопасного ведения работ по пластам m_9 и m_3

Таблица 9.4

Определение координат встречи скважины № 597 с пластами m_9 и m_3

№ п/п	Глубина замера, м	Расстояние между замерами, l_i , м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	$l_i \cdot \cos \beta_i$	$l_i \cdot \sin \beta_i$	Азимут α , град	Приращения координат, м		Координаты, м		
								Δx	Δy	x	y	z
1	20	20	0°30'		16,667	0,291	40	0,223	0,187	1000,223	1000,187	213,833
2	40	20	1		19,997	0,349	43	0,255	0,238	1000,478	1000,425	196,836
3	60	20	1°30'		19,990	0,640	43	0,468	0,436	1000,946	1000,861	176,846
4	80	20	1°30'		19,990	0,640	47	0,436	0,468	1001,382	1001,329	156,856
5	100	20	2		19,988	0,698	47	0,476	0,510	1001,858	1001,839	136,868
6	120	20	2		19,988	0,698	60	0,349	0,604	1002,207	1002,443	116,880
7	140	20	2°30'		19,976	0,989	60	0,495	0,856	1002,702	1003,299	96,904
8	160	20	3		19,973	1,047	60	0,524	0,907	1003,226	1004,206	76,931
9	180	20	3°30'		19,995	1,337	63	0,607	0,191	1003,833	1005,397	56,976
10	200	20	4		19,951	1,395	63	0,633	1,243	1004,466	1006,640	37,025
11	220	20	4°30'		19,929	1,685	69	0,604	1,573	1005,070	1008,213	17,096
12	240	20	4°30'		19,929	1,685	69	0,604	1,573	1005,674	1009,786	-2,833
13	260	20	4°30'		19,929	1,685	71	0,549	1,593	1006,223	1011,379	-22,762
14	280	20	5		19,924	1,743	71	0,567	1,648	1006,790	1013,027	-42,688
15	300	20	5		19,924	1,743	71	0,567	1,648	1007,357	1014,675	-62,610
16	320	20	5°30'		19,896	2,033	75	0,526	1,964	1007,883	1016,639	-82,594
16'	324,7	4,7	5°30'	m_9	4,676	0,478	75	0,124	0,462	1008,007	1017,101	-87,270
17	340	15,3	5°30'		15,221	1,555	77	0,350	1,515	1008,357	1018,616	-102,491
18	360	20	6°30'		19,858	2,380	77	0,535	2,319	1008,892	1020,935	-122,349
19	380	20	7		19,851	2,437	80	0,423	2,400	1009,315	1023,335	-142,200
20	400	20	7		19,851	2,437	80	0,423	2,400	1009,738	1025,735	-162,051

Продолжение табл. 9.4

№ п/п	Глубина замера, м	Расстояние между замерами, l_i , м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	$l_i \cdot \cos \beta_i$	$l_i \cdot \sin \beta_i$	Азимут α , град	Приращения координат, м		Координаты, м		
								Δx	Δy	x	y	z
21	420	20	7°30'		19,813	2,726	80	0,473	2,685	1010,211	1028,420	-181,864
22	440	20	8		19,805	2,783	83	0,339	2,762	1010,550	1031,182	-201,669
23	460	20	8		19,805	2,783	83	0,339	2,762	1010,889	1033,944	-221,474
24	480	20	8°30'		19,763	3,071	83	0,374	3,048	1011,263	1036,992	-241,237
25	500	20	9		19,754	3,129	83	0,381	3,106	1011,644	1040,098	-260,991
26	520	20	9		19,754	3,129	85	0,273	3,117	1011,917	1043,215	-280,745
27	540	20	9°30'		19,706	3,416	85	0,298	3,403	1012,215	1046,618	-300,451
28	560	20	9°30'		19,706	3,416	85	0,298	3,403	1012,513	1050,021	-320,157
29	580	20	9°30'		19,706	3,416	85	0,298	3,403	1012,811	1053,424	-339,863
30	600	20	10		19,696	3,473	87	0,182	3,468	1012,993	1056,892	-359,559
31	620	20	10		19,696	3,473	87	0,182	3,468	1013,175	1060,360	-379,255
32	640	20	10		19,696	3,473	91	-0,061	3,472	1013,114	1063,832	-398,951
33	660	20	10°30'		19,643	3,759	91	-0,066	3,758	1013,648	1067,590	-418,594
34	680	20	10°30'		19,643	3,759	93	-0,197	3,754	1012,851	1071,344	-438,237
35	700	20	10°30'		19,643	3,759	93	-0,197	3,754	1012,654	1075,098	-457,880
36	720	20	11		19,632	3,816	95	-0,333	3,801	1012,321	1078,899	-477,512
37	740	20	11°30'		19,575	4,101	97	-0,500	4,070	1011,821	1082,969	-497,087
38	760	20	11°30'		19,575	4,101	97	-0,500	4,070	1011,321	1087,039	-516,662
39	780	20	12		19,563	4,159	97	-0,507	4,128	1010,814	1091,167	-536,225
40	800	20	12°30'		19,500	4,442	99	-0,695	4,387	1010,119	1095,554	-555,725
40'	816,8	16,8	12°30'	m_3	16,380	3,732	99	-0,584	3,686	1009,535	1099,240	-572,105

Лабораторная работа № 10

Время на выполнение – 6 часов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ

- Учебные цели:**
1. Изучение методики расчета коэффициента устойчивости бортов карьеров.
 2. Приобретение навыков в построении поверхности скольжения и определении коэффициента устойчивости бортов карьеров методом алгебраического суммирования сил по поверхности

Справочный материал для выполнения лабораторной работы №10

При проектировании, строительстве и эксплуатации карьеров важное значение имеет устойчивость уступов и бортов карьеров. В основу расчетных методов устойчивости бортов карьеров положен баланс сумм удерживающих и сдвигающих сил оползневого клина.

Показателем устойчивости является коэффициент устойчивости:

$$n = \frac{\sum F_{тр} + \sum F_{сц}}{\sum F_{сдв}}, \quad (10.1)$$

где $\sum F_{тр}$ – сумма сил трения;

$\sum F_{сц}$ – сумма сил сцепления;

$\sum F_{сдв}$ – сумма сил, сдвигающих оползневой клин.

В практическом виде коэффициент устойчивости имеет следующий вид (рис. 10.1):

$$n = \frac{\operatorname{tg} \rho \sum N_i + \sum k_i L_i}{\sum T_i}, \quad (10.2)$$

где ρ – угол внутреннего трения, градус;

k_i – коэффициент сцепления в элементарном блоке, МПа;

L_i – длина поверхности скольжения в элементарном блоке, м;

$\sum T$ – сумма касательных составляющих веса оползневого клина;

$\sum N$ – сумма нормальных составляющих оползневого клина.

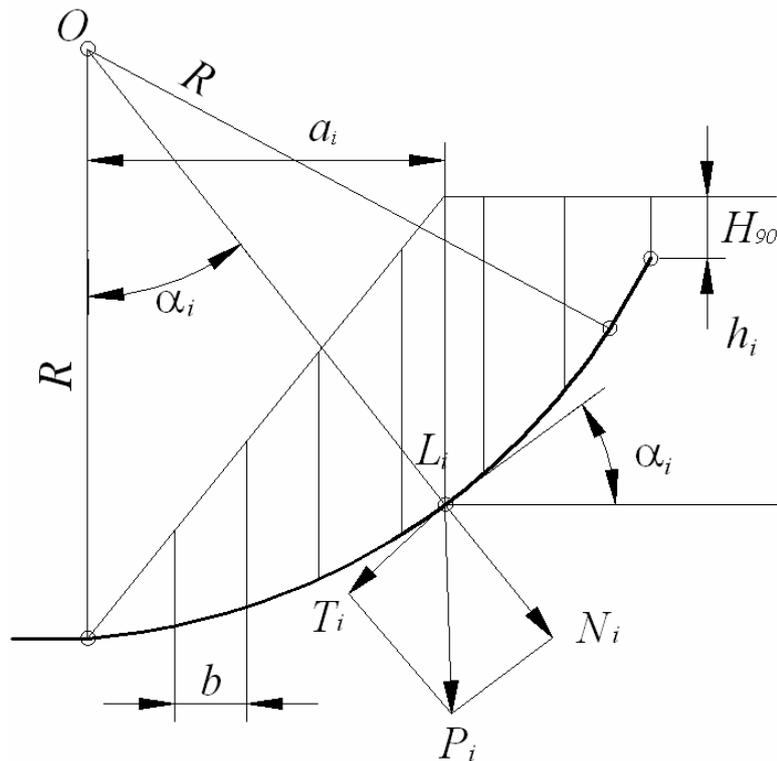


Рис. 10.1. Расчет устойчивости откоса при круглоцилиндрической поверхности скольжения

Касательные составляющие веса оползневого клина:

$$T_i = P_i \cdot \sin \alpha_i, \quad (10.3)$$

где P_i – вес i -го блока, кг/м;

α – угол наклона основания блока к горизонтали, градус.

Нормальные составляющие веса оползневого клина:

$$N_i = P_i \cdot \cos \alpha_i, \quad (10.4)$$

где P_i – вес i -го блока, кг/м;

α – угол наклона основания блока к горизонтали, градус.

При $n < 1$ нарушается баланс удерживающих и сдвигающих сил, т.е. при

$$\sum F_{тр} + \sum F_{сц} \leq \sum F_{сдв}.$$

Для определения предельного угла наклона борта α рассчитывается вначале величина H_{90} :

$$H_{90} = \frac{2k \cdot (45^\circ - \frac{\rho}{2})}{\gamma}, \quad (10.5)$$

где γ – средняя плотность пород, кг/м³;

k – коэффициент сцепления породы, МПа.

Далее определяется высота борта карьера по заданному углу наклона α с помощью графика (рис. 10.2). Через точку оси абсцисс, соответствующую

значению заданного угла, проводится ордината до кривой, соответствующей расчетному углу внутреннего трения ρ_n ; на оси ординат определяется условная высота откоса H' . Величину H' необходимо умножить на H_{90} и получить высоту борта:

$$H = H_{90} \cdot H' . \quad (10.6)$$

Высота борта H_1 с учетом поверхностей ослабления (контакты напластования, плоскости трещин и т.п.) определяется по формуле:

$$H_1 = H \cdot b , \quad (10.7)$$

где b – поправочный коэффициент.

$$b = b_0 - c \cdot \delta , \quad (10.8)$$

где b_0, δ – величины, определяемые в зависимости от угла падения (табл. 10.1) слоев пород (поверхностей ослабления).

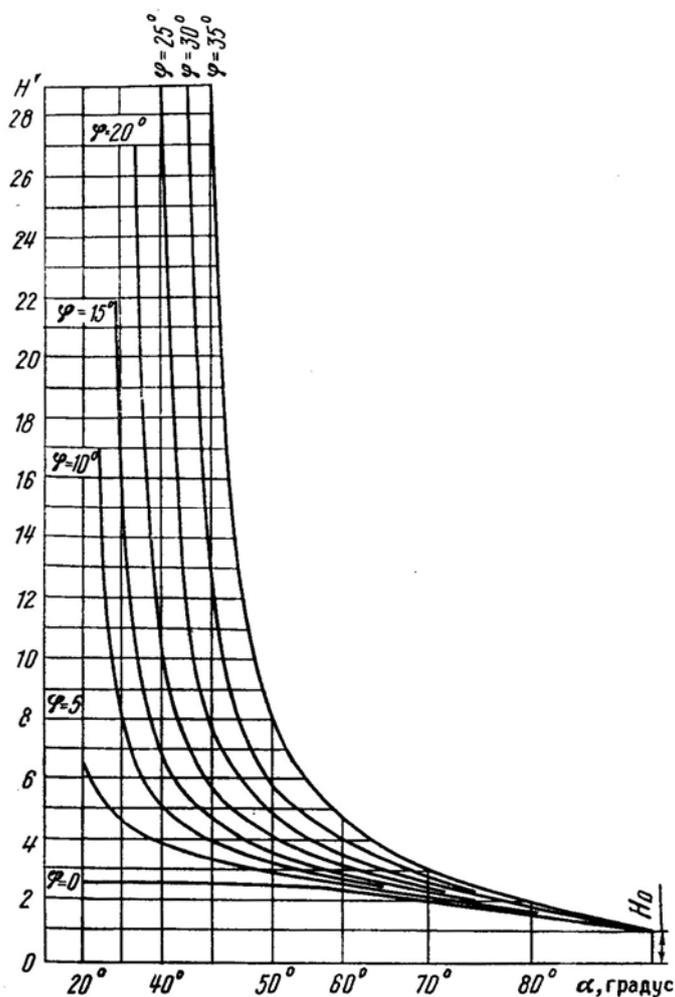


Рис. 10.2. График плоского откоса

Таблица 10.1

Поправочные коэффициенты для углов наклона поверхностей ослабления

Угол наклона борта, градус	Поправочные коэффициенты для углов наклона (усл. град.) поверхностей ослабления									
	+20		+10		0		-10		-20	
	b_0	δ	b_0	δ	b_0	δ	b_0	δ	b_0	δ
40	0,920	0,079	0,850	0,118	0,795	0,160	0,740	0,300	0,532	0,400
50	1,000	0,063	0,910	0,110	0,815	0,150	0,765	0,250	0,687	0,340
60	–	–	1,000	0,100	0,880	0,140	0,800	0,220	0,660	0,295
70	–	–	–	–	1,000	0,135	0,880	0,205	0,720	0,255

Углы наклона поверхностей ослабления считаются положительными при падении в сторону массива пород и отрицательными – при падении в сторону выемки.

Величина c определяется по формуле:

$$c = \frac{tg\rho}{tg\psi'} - 1,28, \quad (10.9)$$

где ψ' – средняя величина угла сдвига по участку с наиболее напряженной поверхностью ослабления,

$$tg\psi' = tg\rho' + \frac{k'}{\sigma_{cp}}, \quad (10.10)$$

где ρ' – расчетный угол внутреннего трения по плоскости ослабления, градус;

k' – расчетная сила сцепления по плоскости ослабления, МПа;

σ_{cp} – средняя интенсивность нормального напряжения по наиболее слабому контакту, МПа.

При расчете устойчивого положения бортов большую сложность представляет отыскание дуги скольжения (поверхности), физико-механические свойства массива по которой и определяют его устойчивость. Методик построения поверхностей скольжения множество. Наиболее простая из них – методика Г.Л. Фисенко.

Ширина призмы обрушения на верхней площадке откоса (рис. 10.3) вычисляется по формуле:

$$a = \frac{2H \left[1 - ctg\alpha \cdot tg\left(\frac{\alpha + \rho}{2}\right) \right] - 2H_{90}}{ctg\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right) + tg\left(\frac{\alpha + \rho}{2}\right)}. \quad (10.11)$$

Для построения поверхности скольжения оползневого клина и определения коэффициента устойчивости, как правило, выбирается крупный масштаб 1:100 или 1:50. Оползневой клин разбивается на элементарные призмы (рис. 10.3).

У каждой призмы определяется нормальная составляющая силы веса элементарного блока и касательная составляющая силы веса элементарного

блока.

Нормальная составляющая силы веса элементарного блока:

$$N_i = Q_i \cdot \cos \alpha, \quad (10.12)$$

где Q_i – вес элементарного блока породы, кг/м;

α – угол наклона основания блока к горизонтали, градус.

Касательная составляющая силы веса элементарного блока:

$$N_i = Q_i \cdot \sin \alpha, \quad (10.13)$$

где Q_i – вес элементарного блока породы, кг/м;

α – угол наклона основания блока к горизонтали, градус.

Вес элементарного блока породы:

$$Q_i = S_i \cdot \gamma, \quad (10.14)$$

где S_i – площадь поперечного сечения элементарного блока, м²;

γ – плотность горной породы, кг/м³.

Площадь поперечного сечения элементарного блока:

$$S_i = a_i \cdot h_i, \quad (10.15)$$

где a_i, h_i – соответственно ширина и высота элементарного блока, м.

Сила сцепления элементарного блока породы:

$$F_{ic\psi} = k \cdot L_i, \quad (10.16)$$

где k – коэффициент сцепления в элементарном блоке, МПа;

L_i – длина поверхности скольжения в элементарном блоке, м.

На конечном этапе вычисленные и измеренные показатели (формулы (10.12) ... (10.16)) подставляются в формулу (10.2) для определения коэффициента устойчивости.

Методические указания к выполнению работы

Задание:

Определить рациональную высоту борта карьера при угле наклона α , основываясь на устойчивости борта карьера с коэффициентом запаса $n = 1,3$.

Исходные данные

Определить рациональную высоту борта карьера при угле наклона α , основываясь на устойчивости борта карьера с коэффициентом запаса $n = 1,3$.

Борт карьера сложен слоистыми горными породами пологозалегающими. В каждом конкретном варианте угол падения поверхностей ослабления может быть направлен либо в сторону массива, либо в сторону выемки. Породы характеризуются следующими показателями (без учета слабых контактов между слоями): сцепление k , угол внутреннего трения ρ , плотность γ . Показатели сопротивляемости сдвигу по контактам пород: расчетная сила сцепления по плоскости ослабления $k' = 0,1$ МПа; расчетный

угол внутреннего трения по плоскости ослабления $\rho' = 15^\circ$. Средняя интенсивность нормального напряжения по наиболее слабому контакту $\sigma_{cp} = 2,45$ МПа.

Численные значения исходных данных по вариантам приведены в таблицах Е.1, Е.2 приложения Е. Номер варианта выбирается в соответствии с порядковым номером в журнальном списке академической группы.

Масштаб построения поверхности скольжения откоса борта карьера 1:2000.

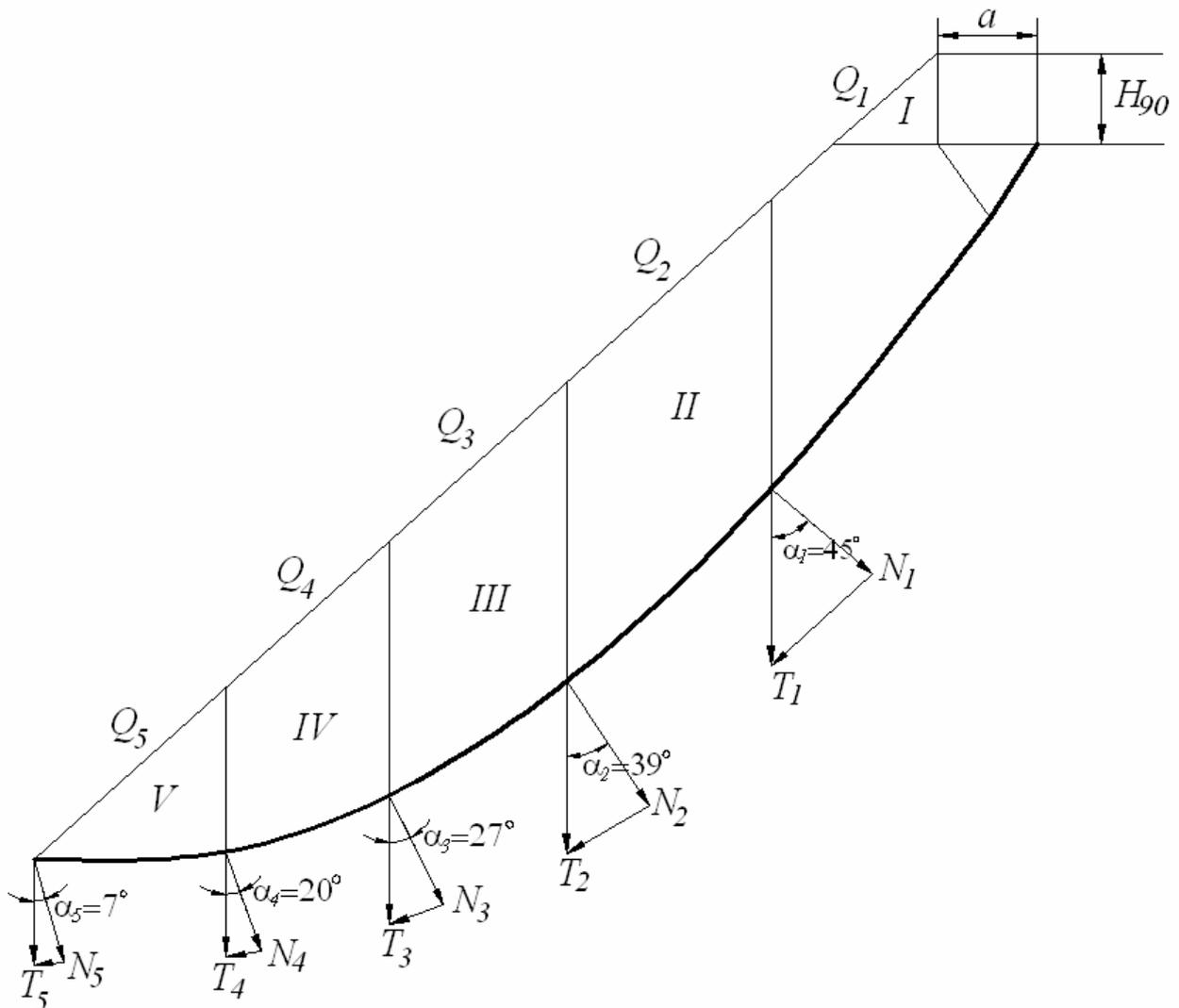


Рис. 10.3. Схема к расчету устойчивости бортов карьера

Порядок выполнения

1. По формуле (10.5) определяется глубина вертикальной трещины разрыва H_{90} .

2. Расчет высоты борта по заданному углу откоса α производится с использованием графика (рис.10.2), формулы (10.6) и величины глубины

вертикальной трещины H_{90} .

3. Высота борта карьера определяется по формуле (10.6)

4. Высота борта карьера с учетом поверхностей ослабления вычисляется с использованием формул (10.7) ... (10.10).

При этом из таблицы 10.1 в соответствии с углом падения поверхностей ослабления выбираются коэффициенты b_0 и σ . Значение поправочного коэффициента b вычисляется по формуле (10.8), высота борта H_1 с учетом поверхностей ослабления рассчитывается по формуле (10.7).

5. Для построения поверхности скольжения по формуле (10.11) вычисляется ширина призмы обрушения на верхней площадке.

6. По методу Г.Л. Фесенко в масштабе 1:2000 строится поверхность скольжения в однородном массиве. Построение производится в следующей последовательности (рис. 10.4). От верхней бровки A откоса откладывается ширина призмы обрушения $a = AB$. Из точек A и B вертикально вниз откладывается величина H_{90} , получая точки A' и B' . Из точек A' и B' проводятся линии под углом $45^\circ + (\rho/2)$ к горизонту. Из полученной при пересечении этих линий точки C восстанавливается перпендикуляр к направлению $B'C$ до взаимного пересечения в точке O с перпендикуляром, восстановленным из точки L к направлению LN , составляющему с откосом угол $\varepsilon = 45^\circ - (\rho/2)$. Точка L определяется как точка пересечения линий проведенных горизонтально на глубине H и наклонной линии под углом α . Радиусом $R = OC = OL$ проводится дуга окружности LC с центром в точке O . Линия $BB'CL$ является искомой поверхностью скольжения на разрезе откоса. На глубине H_1 проводится поверхность ослабления DC_1 .

7. Следующий этап расчета устойчивости методом алгебраического суммирования сил по поверхности скольжения сводится к определению сумм сдвигающих и удерживающих сил по поверхности скольжения. Для этого полученная призма обрушения разбивается на блоки одинаковой ширины, границы между которыми принимаются вертикальными.

8. Нумеруются блоки, и определяется их объем и масса по формулам (10.14) и (10.15).

9. Для каждого блока измеряются углы наклона α основания блока к горизонтали.

10. Используя формулы (10.12), (10.13) и (10.16) рассчитываются величины сдвигающих и удерживающих сил для каждого элементарного блока. Для удобства данные и вычисления целесообразно представить в виде таблицы (табл. 10.2).

11. Рассчитывается коэффициент устойчивости откоса по формуле (10.2).

12. Сравнивается рассчитанное по формуле (10.2) значение коэффициента устойчивости откоса с заданным по условию $n = 1,3$ и в случае, если рассчитанное значение меньше заданного, принимается решение о повторном расчете при меньшем угле наклона откоса.

Пример выполнения работы

Определить рациональную высоту борта карьера при угле наклона $\alpha = 40^\circ$, основываясь на устойчивости борта карьера с коэффициентом запаса $n = 1,3$.

Борт карьера сложен слоистыми горными породами пологозалегающими, с углом падения (-1°) поверхностей ослабления в сторону выемки. Породы характеризуются следующими показателями (без учета слабых контактов между слоями): сцепление $k = 2,0$ МПа, угол внутреннего трения $\rho = 25^\circ$, плотность $\gamma = 2,5 \cdot 10^3$ кг/м³. Показатели сопротивляемости сдвигу по контактам пород: расчетная сила сцепления по плоскости ослабления $k' = 0,1$ МПа; расчетный угол внутреннего трения по плоскости ослабления $\rho' = 15^\circ$. Средняя интенсивность нормального напряжения по наиболее слабому контакту $\sigma_{cp} = 2,45$ МПа.

Решение

1. По формуле (10.5) определяем глубину вертикальной трещины разрыва H_{90}

$$H_{90} = \frac{2 \cdot 2,0 \cdot 10^3}{2,5 \cdot 10^3} \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{25^\circ}{2} \right) = 25,0 \text{ м.}$$

2. Расчет высоты борта по заданному углу откоса $\alpha = 40^\circ$ производим с использованием графика (рис. 10.2), формулы (10.6) и величины глубины вертикальной трещины H_{90} .

По графику (рис. 10.2) определяем величину H' , соответствующую $\alpha = 40^\circ$ и $\rho = 25^\circ$. $H' = 7,8$ м.

3. Высота борта карьера определяется по формуле (10.6)

$$H = 7,8 \cdot 25 = 195,0 \text{ м.}$$

4. Высоту борта карьера с учетом поверхностей ослабления вычисляем с использованием формул (10.7) ... (10.10).

$$\operatorname{tg} \psi' = \operatorname{tg} 15^\circ + \frac{0,1}{2,45} = 0,3088; \psi' = 17^\circ;$$

$$c = \frac{\operatorname{tg} 25^\circ}{\operatorname{tg} 17^\circ} - 1,28 = 0,245.$$

При этом из таблицы 10.1 в соответствии с углом падения поверхностей ослабления выбираем коэффициенты $b_0 = 0,795$ и $\sigma = 0,160$. Значение поправочного коэффициента b вычисляем по формуле (10.8), высоту борта H_1 с учетом поверхностей ослабления рассчитываем по формуле (10.7).

$$b = 0,795 - 0,245 \cdot 0,160 = 0,751;$$

$$H_1 = 195,0 \cdot 0,751 = 146,0 \text{ м.}$$

5. Для построения поверхности скольжения по формуле (10.11) вычисляем ширину призмы обрушения на верхней площадке

$$a = \frac{2 \cdot 195,0 \left[1 - \operatorname{ctg} 40^\circ \operatorname{tg} \left(\frac{40^\circ + 25^\circ}{2} \right) \right] - 2 \cdot 25,0}{\operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{25^\circ}{2} \right) + \operatorname{tg} \left(\frac{40^\circ + 25^\circ}{2} \right)} = 20,0 \text{ м.}$$

6. По методу Г.Л. Фесенко в масштабе 1:2000 строим поверхность скольжения в однородном массиве. Построение выполняем в следующей последовательности (рис. 10.5). От верхней бровки A откоса откладываем ширина призмы обрушения $a = AB = 20$ м. Из точек A и B вертикально вниз откладываем величина $H_{90} = 25,0$ м, получая точки A' и B' . Из точек A' и B' проводим линии под углом $45^\circ + (\rho/2) = 57^\circ 30'$ к горизонту. Из полученной при пересечении этих линий точки C восстанавливаем перпендикуляр к направлению $B'C$ до взаимного пересечения в точке O с перпендикуляром, восстановленным из точки L к направлению LN , составляющему с откосом угол $\varepsilon = 45^\circ - (\rho/2) = 32^\circ 30'$. Точка L определяется как точка пересечения линий проведенных горизонтально на глубине $H = 195,0$ м и наклонной линии под углом $\alpha = 40^\circ$. Радиусом $R = OC = OL$ проводится дуга окружности LC с центром в точке O . Линия $BB'CL$ является искомой поверхностью скольжения на разрезе откоса. На глубине $H_1 = 146,0$ м проводим поверхность ослабления DC_1 .

7. Определяем суммы сдвигающих и удерживающих сил по поверхности скольжения. Для этого полученную призму обрушения разбиваем на 6 блоков одинаковой ширины, границы между которыми принимаем вертикальными.

8. Нумеруем блоки, и определяем их объем и масса по формулам (10.14) и (10.15).

9. Для каждого блока измеряем углы наклона α основания блока к горизонтали.

10. Используя формулы (10.12), (10.13) и (10.16) рассчитываем величины сдвигающих и удерживающих сил для каждого элементарного блока. Результаты вычислений заносим в таблицу (табл. 10.3).

Итого: $\sum N_i = 17809 \cdot 10^3$ кг/м; $\sum T_i = 17214 \cdot 10^3$ кг/м; $\sum L_i = 250$ м

Сумма удерживающих сил:

$$\sum F_{mp} + \sum F_{c\varphi} = \operatorname{tg} \rho \sum N_i + k \sum L_i = \operatorname{tg} 25^\circ \cdot 17809 \cdot 10^3 + 20 \cdot 250 = 13304 \cdot 10^3 \text{ кг/м}$$

Сумма сдвигающих сил:

$$F_{c\delta\theta} = \sum T_i = 17214 \cdot 10^3 \text{ кг/м.}$$

11. Рассчитывается коэффициент устойчивости откоса по формуле (10.2).

$$n = \frac{13304 \cdot 10^3}{17214 \cdot 10^3} = 0,77.$$

Вывод: величина коэффициента устойчивости откоса меньше, чем заданная ($n=1,3$), следовательно, все расчеты необходимо повторить для меньшего угла наклона откоса.

Таблица 10.3

Вычисленные показатели по блокам

№ п/п	Показатели	Блоки					
		1	2	3	4	5	6
1	Площадь, S_i , м ²	924	1452	1606	1606	1584	2829
2	Масса блока шириной 1 м, Q_i , кг/м	$2310 \cdot 10^3$	$3630 \cdot 10^3$	$4015 \cdot 10^3$	$4015 \cdot 10^3$	$3690 \cdot 10^3$	$7072 \cdot 10^3$
3	Угол наклона основания элементарного блока к горизонтали, α_i , градус	58	57	45	40	38	38
4	Нормальные составляющие веса блоков, N_i , кг/м	$1224 \cdot 10^3$	$1997 \cdot 10^3$	$2819 \cdot 10^3$	$3076 \cdot 10^3$	$3120 \cdot 10^3$	$5573 \cdot 10^3$
5	Касательные составляющие веса блоков, T_i , кг/м	$1959 \cdot 10^3$	$3044 \cdot 10^3$	$2839 \cdot 10^3$	$2580 \cdot 10^3$	$2438 \cdot 10^3$	$4354 \cdot 10^3$
6	Длина основания блока по поверхности скольжения, L , м	42	38	32	28	28	82

Вопросы для самоконтроля

1. Каким образом определяется коэффициент устойчивости бортов карьеров?
2. Объясните принцип построения поверхности скольжения по методике Г.Л. Фесенко?

Список литературы

1. Галустьян Э.Л. Геомеханика открытых горных работ: справочное пособие. – М.: Недра, 1992. – 272 с.
2. Евдокимов А.В., Симанкин А.Г. сборник упражнений по маркшейдерскому делу: Учебное пособие для вузов. – М.: МГГУ, 2004. – 297 с.

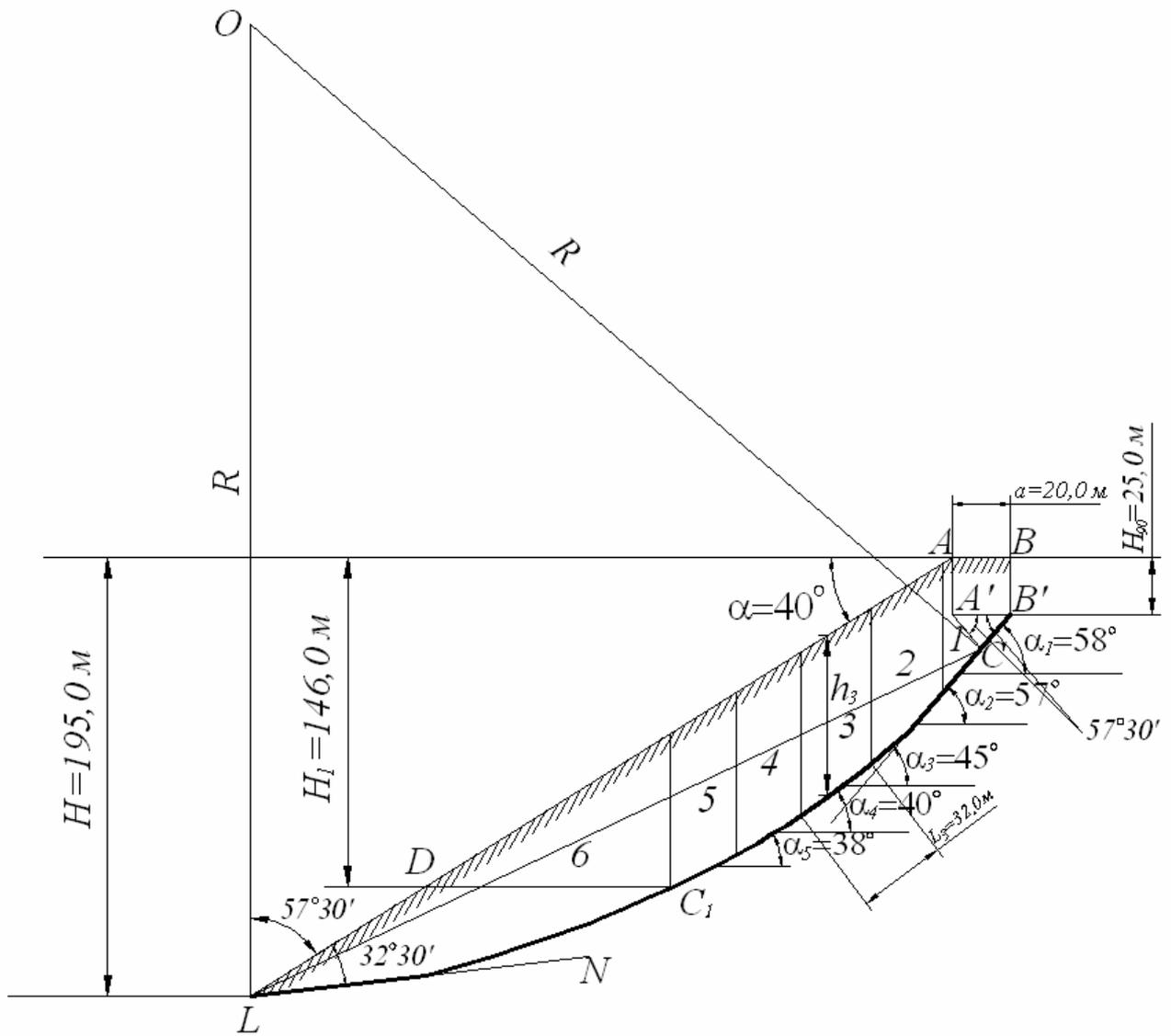


Рис. 10.5. Схема построения поверхности скольжения откоса борта карьера при $\alpha=40^\circ$

Приложение А

Варианты исходных данных для выполнения лабораторной работы № 5

Таблица А.1

1-я группа

№ п/п	Hl_2 , м	ml_2 , м	h_{1-2} , м	h_{2-3} , м	h_{3-4} , м	α , градус	a , м
1	300	1,26	60	30	40	5	150
2	350	0,65	50	40	40	7	160
3	400	0,92	40	20	40	8	170
4	450	1,15	30	30	40	10	180
5	500	1,25	20	40	40	10	190
6	550	1,30	50	20	40	11	200
7	600	1,10	60	30	40	12	150
8	650	1,05	40	40	40	15	160
9	700	0,78	30	20	40	17	170
10	750	1,30	20	30	40	18	180
11	800	1,00	60	40	40	19	190
12	850	0,92	50	20	40	20	200
13	900	1,20	40	30	40	11	150
14	950	1,10	30	40	40	13	160
15	1000	1,20	20	20	40	18	170
16	370	1,38	25	30	40	16	180
17	420	1,02	45	40	40	5	190
18	530	1,15	50	20	40	11	200
19	680	1,12	65	30	40	14	150
20	710	1,06	25	40	40	15	160
21	850	1,08	30	20	40	12	170
22	940	1,26	40	30	40	17	180
23	990	1,22	60	40	40	20	190
24	350	1,20	30	20	40	21	200
25	400	1,26	50	30	40	19	150

2-я группа

№ п/п	Hl_2 , м	ml_2 , м	h_{1-2} , м	h_{2-3} , м	h_{3-4} , м	α , градус	a , м
1	400	0,75	20	20	30	5	200
2	430	1,10	30	30	30	7	190
3	550	1,20	40	20	30	8	180
4	450	0,75	50	30	30	10	170
5	500	1,00	25	20	30	10	160
6	380	1,45	35	30	30	11	150
7	460	1,30	45	20	30	12	200
8	500	0,90	55	30	30	15	190
9	450	0,92	20	20	30	17	180
10	450	1,25	30	30	30	18	170
11	480	0,72	40	20	30	19	160
12	600	1,10	50	30	30	20	150
13	650	0,75	25	20	30	11	200
14	700	0,92	35	30	30	13	190
15	800	1,05	45	20	30	18	180
16	850	1,16	55	30	30	16	170
17	920	1,26	20	20	30	5	160
18	900	1,05	30	30	30	11	150
19	950	0,70	40	20	30	14	200
20	1000	1,30	50	30	30	15	190
21	800	0,80	25	20	30	12	180
22	420	1,35	35	30	30	17	170
23	500	1,15	45	20	30	20	160
24	460	1,05	55	30	30	21	150
25	600	1,25	20	20	30	19	200

Приложение Б

Варианты исходных данных для выполнения лабораторной работы № 6

Таблица Б.1

1-я группа

№ п/п	H , м	H_0 , м	h_2 , м	a , м	L , м	m , м	α , градус	η , %
1	500	300	40	100	20	1,5	45	40
2	600	400	45	110	20	1,4	50	35
3	700	500	50	120	25	1,2	55	30
4	800	600	55	130	25	1,3	60	35
5	900	700	60	140	25	1,7	65	37
6	1000	800	40	150	30	1,8	70	51
7	1100	900	45	160	30	1,0	75	53
8	1200	1000	50	170	30	1,2	45	55
9	1300	1100	55	180	30	1,5	50	42
10	500	400	60	190	20	1,6	55	40
11	600	500	40	200	20	1,3	60	37
12	700	500	45	100	25	1,2	65	48
13	800	700	50	110	25	1,7	70	50
14	900	600	55	120	25	1,1	75	45
15	1000	700	60	130	30	1,4	45	35
16	1100	800	40	140	30	1,2	50	40
17	1200	700	45	150	30	1,0	55	50
18	1300	400	50	160	30	1,1	60	55
19	800	400	55	170	25	1,4	65	41
20	700	600	60	180	25	1,3	70	47
21	500	300	40	190	20	1,5	75	37
22	600	400	45	200	25	1,7	45	35
23	900	600	50	100	25	1,6	50	38
24	700	300	55	110	25	1,5	55	39
25	600	500	60	120	20	1,4	60	50

Таблица Б.1

2-я группа

№ п/п	H , м	H_0 , м	h_2 , м	a , м	L , м	m , м	α , градус	η , %
1	1000	500	60	200	30	1,5	75	40
2	900	400	55	190	25	1,4	70	42
3	800	500	50	180	25	1,2	65	35
4	700	400	45	170	25	1,3	60	38
5	600	400	40	160	20	1,0	55	45
6	500	400	60	150	20	1,1	50	47
7	1000	600	55	140	30	1,4	45	51
8	900	500	50	130	25	1,6	75	50
9	800	600	45	120	25	0,9	70	53
10	700	500	40	110	25	1,1	65	48
11	600	500	60	100	20	1,0	60	39
12	500	400	55	200	20	1,5	55	42
13	1000	700	50	190	30	1,3	50	40
14	900	600	45	180	25	1,2	45	51
15	800	700	40	170	25	1,4	75	52
16	700	600	60	160	25	1,6	70	46
17	600	500	55	150	20	1,0	65	44
18	500	400	50	140	20	1,1	60	37
19	1000	800	45	130	30	1,5	55	39
20	900	700	40	120	25	1,4	50	40
21	800	500	60	110	25	1,3	45	42
22	700	600	55	100	25	1,0	75	45
23	600	400	50	200	20	0,9	70	50
24	500	400	45	190	20	1,0	65	49
25	1000	900	40	180	30	1,2	60	38

Приложение В

Варианты исходных данных для выполнения лабораторной работы № 7

Таблица В.1

1-я группа

№ п/п	H_{l_3} , м	m_{l_3} , м	h_{2-1} , м	h_{3-2} , м	h_{3-4} , м	α , градус	L , м
1	400	0,95	20	20	40	5	20
2	450	0,90	20	30	50	7	25
3	480	0,80	20	40	60	10	30
4	500	0,85	20	50	40	12	35
5	550	1,00	20	60	50	15	40
6	580	1,05	20	20	60	8	20
7	600	1,10	20	30	40	13	25
8	650	1,15	20	40	50	10	30
9	680	1,20	20	50	60	11	35
10	700	1,17	20	60	40	14	40
11	750	1,22	20	20	50	15	20
12	780	1,25	20	30	60	17	25
13	800	1,30	20	40	40	20	30
14	850	1,00	20	50	50	5	35
15	880	1,10	20	60	60	10	40
16	900	0,90	20	20	40	20	20
17	950	0,95	20	30	50	14	25
18	980	1,27	20	40	60	13	30
19	1000	1,18	20	50	40	11	35
20	400	1,15	20	60	50	8	40
21	500	1,00	20	20	60	5	20
22	600	0,80	20	30	40	10	25
23	700	0,90	20	40	50	9	30
24	800	1,10	20	50	60	15	35
25	900	1,00	20	60	40	10	40

2-я группа

№ п/п	H_{l_3} , м	m_{l_3} , м	h_{2-1} , м	h_{3-2} , м	h_{3-4} , м	α , градус	L , м
1	400	0,85	30	60	50	5	30
2	500	0,80	30	50	30	8	40
3	600	0,90	30	40	20	10	30
4	700	1,00	30	30	50	12	40
5	800	1,05	30	20	30	13	30
6	900	1,10	30	60	20	7	40
7	1000	1,12	30	50	50	5	30
8	450	1,15	30	40	30	9	40
9	550	1,20	30	30	20	17	30
10	650	0,87	30	20	50	16	40
11	750	0,92	30	60	30	20	30
12	850	1,02	30	50	20	14	40
13	950	1,05	30	40	50	6	30
14	420	1,15	30	30	30	9	40
15	520	1,20	30	20	20	10	30
16	620	1,23	30	60	50	13	40
17	720	1,27	30	50	30	12	30
18	820	1,25	30	40	20	8	40
19	920	1,30	30	30	50	17	30
20	1000	1,21	30	20	30	14	40
21	470	1,17	30	60	20	15	30
22	570	1,00	30	50	50	12	40
23	670	0,98	30	40	30	20	30
24	770	0,80	30	30	20	5	40
25	870	0,85	30	20	50	10	30

Приложение Г

Варианты исходных данных для выполнения лабораторной работы № 8

Таблица Г.1

1-я группа

№ п/п	a , м	m , м	α , градус	h_r , м	Z , м	H , м
1	52	1,60	10	4,1	120,0	20-100
2	48	1,96	16	5,4	100,0	40-120
3	42	1,64	12	6,3	100,0	50-150
4	61	1,70	14	7,2	120,0	70-210
5	56	1,82	16	5,8	80,0	30-100
6	43	1,70	13	6,2	125,0	45-120
7	57	1,87	19	3,2	120,0	40-110
8	48	1,15	15	5,4	120,0	50-190
9	62	1,60	12	3,5	100,0	60-120
10	56	1,60	14	11,4	120,0	80-190
11	42	1,48	18	10,5	150,0	20-100
12	64	1,23	13	15,0	150,0	70-150
13	44	1,56	17	13,2	120,0	80-160
14	56	1,12	20	9,8	140,0	100-180
15	64	1,60	16	16,0	140,0	120-200
16	50	1,50	18	14,1	180,0	170-240
17	62	1,20	13	5,8	120,0	60-180
18	52	1,26	17	6,9	80,0	120-160
19	48	1,42	15	7,8	120,0	80-190
20	60	1,35	16	10,5	100,0	60-150
21	49	1,10	12	5,9	190,0	50-200
22	57	1,18	14	8,5	140,0	70-200
23	46	1,50	15	14,7	100,0	50-120
24	54	1,31	18	16,5	180,0	100-220
25	50	1,18	12	14,0	180,0	50-190

Таблица Г.2

2-я группа

№ п/п	a , м	m , м	α , градус	h_r , м	Z , м	H , м
1	50	1,18	15	6,1	200,0	180-250
2	48	1,40	10	11,4	250,0	140-220
3	40	1,32	14	6,3	150,0	20-200
4	45	1,70	18	9,2	150,0	10-110
5	30	1,51	11	5,8	150,0	50-200
6	40	1,31	15	4,2	100,0	60-150
7	55	1,25	14	9,2	190,0	50-200
8	48	1,10	10	12,4	140,0	70-200
9	60	1,13	16	4,5	100,0	50-120
10	56	1,05	11	11,4	180,0	100-220
11	44	1,09	12	10,5	180,0	50-190
12	38	1,15	14	15,0	120,0	50-190
13	40	1,43	17	14,2	100,0	60-120
14	56	1,12	16	9,8	120,0	80-190
15	50	1,60	13	18,0	120,0	20-100
16	50	1,55	20	14,1	100,0	40-120
17	62	1,22	15	9,8	100,0	50-150
18	47	1,23	21	6,9	120,0	70-210
19	48	1,21	13	8,8	80,0	30-100
20	60	1,39	10	10,5	125,0	45-120
21	40	1,10	11	5,9	120,0	40-110
22	52	1,15	16	12,5	120,0	50-190
23	46	1,50	14	16,7	100,0	60-120
24	54	1,30	18	12,5	120,0	80-190
25	50	1,40	17	9,0	180,0	50-190

Приложение Д

Варианты исходных данных для выполнения лабораторной работы № 9

Таблица Д.1 – 1-я группа

Вариант 1				Вариант 2				Вариант 3						
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус
1	5,0	0°30'		56	1	5,0	0°30'		40	1	5,0	0°30'		23
2	5,0	1		60	2	5,0	1		43	2	5,0	1		23
3	5,0	1°30'		60	3	5,0	1°30'		43	3	5,0	1°30'		23
4	5,0	1°30'		67	4	5,0	1°30'		47	4	5,0	1°30'		23
5	5,0	2		77	5	5,0	2		47	5	5,0	2		24
6	5,0	2		81	6	5,0	2		60	6	5,0	2		24
7	5,0	2°30'		85	7	5,0	2°30'		60	7	5,0	2°30'		25
8	5,0	3		92	8	5,0	3		60	8	5,0	3		25
9	5,0	3°30'		96	9	5,0	3°30'		63	9	5,0	3°30'		26
10	5,0	4		100	10	5,0	4		63	10	5,0	4		26
11	5,0	4°30'		108	11	5,0	4°30'		69	11	5,0	4°30'		26
12	5,0	4°30'		108	12	5,0	4°30'		69	12	5,0	4°30'		27
13	5,0	4°30'		108	13	5,0	4°30'		71	13	5,0	4°30'		27
14	5,0	5		108	14	5,0	5		71	14	5,0	5		29
15	5,0	5		108	15	5,0	5		71	15	5,0	5		29
16	5,0	5°30'		112	16	5,0	5°30'		75	16	5,0	5°30'		31
16'	3,7	5°30'	m ₉	112	16'	3,7	5°30'	m ₉	75	16'	3,7	5°30'	m ₉	32
17	1,3	5°30'		120	17	1,3	5°30'		77	17	1,3	5°30'		32
18	5,0	6°30'		120	18	5,0	6°30'		77	18	5,0	6°30'		32
19	5,0	7		122	19	5,0	7		80	19	5,0	7		34
20	5,0	7		124	20	5,0	7		80	20	5,0	7		34
21	5,0	7°30'		124	21	5,0	7°30'		80	21	5,0	7°30'		36
22	5,0	8		128	22	5,0	8		83	22	5,0	8		36
23	5,0	8		128	23	5,0	8		83	23	5,0	8		36
24	5,0	8°30'		128	24	5,0	8°30'		83	24	5,0	8°30'		38
25	5,0	9		132	25	5,0	9		83	25	5,0	9		38
26	5,0	9		132	26	5,0	9		85	26	5,0	9		38
27	5,0	9°30'		132	27	5,0	9°30'		85	27	5,0	9°30'		40
28	5,0	9°30'		134	28	5,0	9°30'		85	28	5,0	9°30'		40
29	5,0	9°30'		136	29	5,0	9°30'		85	29	5,0	9°30'		41
30	5,0	10		136	30	5,0	10		87	30	5,0	10		41
31	5,0	10		136	31	5,0	10		87	31	5,0	10		42
32	5,0	10		140	32	5,0	10		91	32	5,0	10		44
33	5,0	10°30'		140	33	5,0	10°30'		91	33	5,0	10°30'		46
34	5,0	10°30'		140	34	5,0	10°30'		93	34	5,0	10°30'		46
35	5,0	10°30'		140	35	5,0	10°30'		93	35	5,0	10°30'		46
36	5,0	11		140	36	5,0	11		95	36	5,0	11		48
37	5,0	11°30'		140	37	5,0	11°30'		97	37	5,0	11°30'		48
38	5,0	11°30'		140	38	5,0	11°30'		97	38	5,0	11°30'		48
39	5,0	12		142	39	5,0	12		97	39	5,0	12		51
40	5,0	12°30'		142	40	5,0	12°30'		99	40	5,0	12°30'		51
40'	2,6	12°30'	m ₃	142	40'	2,6	12°30'	m ₃	99	40'	2,6	12°30'	m ₃	51

Вариант 4				Вариант 5				Вариант 6						
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус
1	5,0	0°30'		136	1	5,0	0°30'		121	1	10,0	0°30'		56
2	5,0	1		136	2	5,0	1		125	2	10,0	1		60
3	5,0	1°30'		136	3	5,0	1°30'		125	3	10,0	1°30'		60
4	5,0	1°30'		138	4	5,0	1°30'		133	4	10,0	1°30'		67
5	5,0	2		138	5	5,0	2		141	5	10,0	2		77
6	5,0	2		140	6	5,0	2		145	6	10,0	2		81
7	5,0	2°30'		140	7	5,0	2°30'		149	7	10,0	2°30'		85
8	5,0	3		140	8	5,0	3		157	8	10,0	3		92
9	5,0	3°30'		142	9	5,0	3°30'		161	9	10,0	3°30'		96
10	5,0	4		142	10	5,0	4		165	10	10,0	4		100
11	5,0	4°30'		144	11	5,0	4°30'		173	11	10,0	4°30'		108
12	5,0	4°30'		144	12	5,0	4°30'		173	12	10,0	4°30'		108
13	5,0	4°30'		144	13	5,0	4°30'		173	13	10,0	4°30'		108
14	5,0	5		144	14	5,0	5		173	14	10,0	5		108
15	5,0	5		148	15	5,0	5		173	15	10,0	5		108
16	5,0	5°30'		148	16	5,0	5°30'		177	16	10,0	5°30'		112
16'	3,7	5°30'	m ₉	148	16'	3,7	5°30'	m ₉	177	16'	4,7	5°30'	m ₉	112
17	1,3	5°30'		154	17	1,3	5°30'		185	17	5,3	5°30'		120
18	5,0	6°30'		154	18	5,0	6°30'		185	18	10,0	6°30'		120
19	5,0	7		154	19	5,0	7		185	19	10,0	7		122
20	5,0	7		154	20	5,0	7		189	20	10,0	7		124
21	5,0	7°30'		154	21	5,0	7°30'		189	21	10,0	7°30'		124
22	5,0	8		159	22	5,0	8		193	22	10,0	8		128
23	5,0	8		159	23	5,0	8		193	23	10,0	8		128
24	5,0	8°30'		159	24	5,0	8°30'		193	24	10,0	8°30'		128
25	5,0	9		159	25	5,0	9		197	25	10,0	9		132
26	5,0	9		166	26	5,0	9		197	26	10,0	9		132
27	5,0	9°30'		166	27	5,0	9°30'		197	27	10,0	9°30'		132
28	5,0	9°30'		166	28	5,0	9°30'		197	28	10,0	9°30'		134
29	5,0	9°30'		171	29	5,0	9°30'		201	29	10,0	9°30'		136
30	5,0	10		171	30	5,0	10		201	30	10,0	10		136
31	5,0	10		171	31	5,0	10		201	31	10,0	10		136
32	5,0	10		176	32	5,0	10		205	32	10,0	10		140
33	5,0	10°30'		176	33	5,0	10°30'		205	33	10,0	10°30'		140
34	5,0	10°30'		176	34	5,0	10°30'		205	34	10,0	10°30'		140
35	5,0	10°30'		182	35	5,0	10°30'		205	35	10,0	10°30'		140
36	5,0	11		182	36	5,0	11		205	36	10,0	11		140
37	5,0	11°30'		184	37	5,0	11°30'		205	37	10,0	11°30'		140
38	5,0	11°30'		188	38	5,0	11°30'		205	38	10,0	11°30'		140
39	5,0	12		196	39	5,0	12		205	39	10,0	12		142
40	5,0	12°30'		196	40	5,0	12°30'		205	40	10,0	12°30'		142
40'	2,6	12°30'	m ₃	196	40'	2,6	12°30'	m ₃	205	40'	6,8	12°30'	m ₃	142

Вариант 7					Вариант 8					Вариант 9				
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус
1	10,0	0°30'		40	1	10,0	0°30'		23	1	10,0	0°30'		136
2	10,0	1		43	2	10,0	1		23	2	10,0	1		136
3	10,0	1°30'		43	3	10,0	1°30'		23	3	10,0	1°30'		136
4	10,0	1°30'		47	4	10,0	1°30'		23	4	10,0	1°30'		138
5	10,0	2		47	5	10,0	2		24	5	10,0	2		138
6	10,0	2		60	6	10,0	2		24	6	10,0	2		140
7	10,0	2°30'		60	7	10,0	2°30'		25	7	10,0	2°30'		140
8	10,0	3		60	8	10,0	3		25	8	10,0	3		140
9	10,0	3°30'		63	9	10,0	3°30'		26	9	10,0	3°30'		142
10	10,0	4		63	10	10,0	4		26	10	10,0	4		142
11	10,0	4°30'		69	11	10,0	4°30'		26	11	10,0	4°30'		144
12	10,0	4°30'		69	12	10,0	4°30'		27	12	10,0	4°30'		144
13	10,0	4°30'		71	13	10,0	4°30'		27	13	10,0	4°30'		144
14	10,0	5		71	14	10,0	5		29	14	10,0	5		144
15	10,0	5		71	15	10,0	5		29	15	10,0	5		148
16	10,0	5°30'		75	16	10,0	5°30'		31	16	10,0	5°30'		148
16'	4,7	5°30'	m ₉	75	16'	4,7	5°30'	m ₉	32	16'	4,7	5°30'	m ₉	148
17	5,3	5°30'		77	17	5,3	5°30'		32	17	5,3	5°30'		154
18	10,0	6°30'		77	18	10,0	6°30'		32	18	10,0	6°30'		154
19	10,0	7		80	19	10,0	7		34	19	10,0	7		154
20	10,0	7		80	20	10,0	7		34	20	10,0	7		154
21	10,0	7°30'		80	21	10,0	7°30'		36	21	10,0	7°30'		154
22	10,0	8		83	22	10,0	8		36	22	10,0	8		159
23	10,0	8		83	23	10,0	8		36	23	10,0	8		159
24	10,0	8°30'		83	24	10,0	8°30'		38	24	10,0	8°30'		159
25	10,0	9		83	25	10,0	9		38	25	10,0	9		159
26	10,0	9		85	26	10,0	9		38	26	10,0	9		166
27	10,0	9°30'		85	27	10,0	9°30'		40	27	10,0	9°30'		166
28	10,0	9°30'		85	28	10,0	9°30'		40	28	10,0	9°30'		166
29	10,0	9°30'		85	29	10,0	9°30'		41	29	10,0	9°30'		171
30	10,0	10		87	30	10,0	10		41	30	10,0	10		171
31	10,0	10		87	31	10,0	10		42	31	10,0	10		171
32	10,0	10		91	32	10,0	10		44	32	10,0	10		176
33	10,0	10°30'		91	33	10,0	10°30'		46	33	10,0	10°30'		176
34	10,0	10°30'		93	34	10,0	10°30'		46	34	10,0	10°30'		176
35	10,0	10°30'		93	35	10,0	10°30'		46	35	10,0	10°30'		182
36	10,0	11		95	36	10,0	11		48	36	10,0	11		182
37	10,0	11°30'		97	37	10,0	11°30'		48	37	10,0	11°30'		184
38	10,0	11°30'		97	38	10,0	11°30'		48	38	10,0	11°30'		188
39	10,0	12		97	39	10,0	12		51	39	10,0	12		196
40	10,0	12°30'		99	40	10,0	12°30'		51	40	10,0	12°30'		196
40'	6,8	12°30'	m ₃	99	40'	6,8	12°30'	m ₃	51	40'	6,8	12°30'	m ₃	196

Вариант 10				Вариант 11				Вариант 12						
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус
1	10,0	0°30'		121	1	15,0	0°30'		56	1	15,0	0°30'		40
2	10,0	1		125	2	15,0	1		60	2	15,0	1		43
3	10,0	1°30'		125	3	15,0	1°30'		60	3	15,0	1°30'		43
4	10,0	1°30'		133	4	15,0	1°30'		67	4	15,0	1°30'		47
5	10,0	2		141	5	15,0	2		77	5	15,0	2		47
6	10,0	2		145	6	15,0	2		81	6	15,0	2		60
7	10,0	2°30'		149	7	15,0	2°30'		85	7	15,0	2°30'		60
8	10,0	3		157	8	15,0	3		92	8	15,0	3		60
9	10,0	3°30'		161	9	15,0	3°30'		96	9	15,0	3°30'		63
10	10,0	4		165	10	15,0	4		100	10	15,0	4		63
11	10,0	4°30'		173	11	15,0	4°30'		108	11	15,0	4°30'		69
12	10,0	4°30'		173	12	15,0	4°30'		108	12	15,0	4°30'		69
13	10,0	4°30'		173	13	15,0	4°30'		108	13	15,0	4°30'		71
14	10,0	5		173	14	15,0	5		108	14	15,0	5		71
15	10,0	5		173	15	15,0	5		108	15	15,0	5		71
16	10,0	5°30'		177	16	15,0	5°30'		112	16	15,0	5°30'		75
16'	4,7	5°30'	m ₉	177	16'	4,7	5°30'	m ₉	112	16'	4,7	5°30'	m ₉	75
17	5,3	5°30'		185	17	10,3	5°30'		120	17	10,3	5°30'		77
18	10,0	6°30'		185	18	15,0	6°30'		120	18	15,0	6°30'		77
19	10,0	7		185	19	15,0	7		122	19	15,0	7		80
20	10,0	7		189	20	15,0	7		124	20	15,0	7		80
21	10,0	7°30'		189	21	15,0	7°30'		124	21	15,0	7°30'		80
22	10,0	8		193	22	15,0	8		128	22	15,0	8		83
23	10,0	8		193	23	15,0	8		128	23	15,0	8		83
24	10,0	8°30'		193	24	15,0	8°30'		128	24	15,0	8°30'		83
25	10,0	9		197	25	15,0	9		132	25	15,0	9		83
26	10,0	9		197	26	15,0	9		132	26	15,0	9		85
27	10,0	9°30'		197	27	15,0	9°30'		132	27	15,0	9°30'		85
28	10,0	9°30'		197	28	15,0	9°30'		134	28	15,0	9°30'		85
29	10,0	9°30'		201	29	15,0	9°30'		136	29	15,0	9°30'		85
30	10,0	10		201	30	15,0	10		136	30	15,0	10		87
31	10,0	10		201	31	15,0	10		136	31	15,0	10		87
32	10,0	10		205	32	15,0	10		140	32	15,0	10		91
33	10,0	10°30'		205	33	15,0	10°30'		140	33	15,0	10°30'		91
34	10,0	10°30'		205	34	15,0	10°30'		140	34	15,0	10°30'		93
35	10,0	10°30'		205	35	15,0	10°30'		140	35	15,0	10°30'		93
36	10,0	11		205	36	15,0	11		140	36	15,0	11		95
37	10,0	11°30'		205	37	15,0	11°30'		140	37	15,0	11°30'		97
38	10,0	11°30'		205	38	15,0	11°30'		140	38	15,0	11°30'		97
39	10,0	12		205	39	15,0	12		142	39	15,0	12		97
40	10,0	12°30'		205	40	15,0	12°30'		142	40	15,0	12°30'		99
40'	6,8	12°30'	m ₃	205	40'	2,6	12°30'	m ₃	142	40'	2,6	12°30'	m ₃	99

Вариант 13				Вариант 14				Вариант 15						
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус
1	15,0	0°30'		23	1	15,0	0°30'		136	1	15,0	0°30'		121
2	15,0	1		23	2	15,0	1		136	2	15,0	1		125
3	15,0	1°30'		23	3	15,0	1°30'		136	3	15,0	1°30'		125
4	15,0	1°30'		23	4	15,0	1°30'		138	4	15,0	1°30'		133
5	15,0	2		24	5	15,0	2		138	5	15,0	2		141
6	15,0	2		24	6	15,0	2		140	6	15,0	2		145
7	15,0	2°30'		25	7	15,0	2°30'		140	7	15,0	2°30'		149
8	15,0	3		25	8	15,0	3		140	8	15,0	3		157
9	15,0	3°30'		26	9	15,0	3°30'		142	9	15,0	3°30'		161
10	15,0	4		26	10	15,0	4		142	10	15,0	4		165
11	15,0	4°30'		26	11	15,0	4°30'		144	11	15,0	4°30'		173
12	15,0	4°30'		27	12	15,0	4°30'		144	12	15,0	4°30'		173
13	15,0	4°30'		27	13	15,0	4°30'		144	13	15,0	4°30'		173
14	15,0	5		29	14	15,0	5		144	14	15,0	5		173
15	15,0	5		29	15	15,0	5		148	15	15,0	5		173
16	15,0	5°30'		31	16	15,0	5°30'		148	16	15,0	5°30'		177
16'	4,7	5°30'	m ₉	32	16'	4,7	5°30'	m ₉	148	16'	4,7	5°30'	m ₉	177
17	10,3	5°30'		32	17	10,3	5°30'		154	17	10,3	5°30'		185
18	15,0	6°30'		32	18	15,0	6°30'		154	18	15,0	6°30'		185
19	15,0	7		34	19	15,0	7		154	19	15,0	7		185
20	15,0	7		34	20	15,0	7		154	20	15,0	7		189
21	15,0	7°30'		36	21	15,0	7°30'		154	21	15,0	7°30'		189
22	15,0	8		36	22	15,0	8		159	22	15,0	8		193
23	15,0	8		36	23	15,0	8		159	23	15,0	8		193
24	15,0	8°30'		38	24	15,0	8°30'		159	24	15,0	8°30'		193
25	15,0	9		38	25	15,0	9		159	25	15,0	9		197
26	15,0	9		38	26	15,0	9		166	26	15,0	9		197
27	15,0	9°30'		40	27	15,0	9°30'		166	27	15,0	9°30'		197
28	15,0	9°30'		40	28	15,0	9°30'		166	28	15,0	9°30'		197
29	15,0	9°30'		41	29	15,0	9°30'		171	29	15,0	9°30'		201
30	15,0	10		41	30	15,0	10		171	30	15,0	10		201
31	15,0	10		42	31	15,0	10		171	31	15,0	10		201
32	15,0	10		44	32	15,0	10		176	32	15,0	10		205
33	15,0	10°30'		46	33	15,0	10°30'		176	33	15,0	10°30'		205
34	15,0	10°30'		46	34	15,0	10°30'		176	34	15,0	10°30'		205
35	15,0	10°30'		46	35	15,0	10°30'		182	35	15,0	10°30'		205
36	15,0	11		48	36	15,0	11		182	36	15,0	11		205
37	15,0	11°30'		48	37	15,0	11°30'		184	37	15,0	11°30'		205
38	15,0	11°30'		48	38	15,0	11°30'		188	38	15,0	11°30'		205
39	15,0	12		51	39	15,0	12		196	39	15,0	12		205
40	15,0	12°30'		51	40	15,0	12°30'		196	40	15,0	12°30'		205
40'	2,6	12°30'	m ₃	51	40'	2,6	12°30'	m ₃	196	40'	2,6	12°30'	m ₃	205

Вариант 16				Вариант 17				Вариант 18						
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус
1	20,0	0°30'		56	1	20,0	0°30'		40	1	20,0	0°30'		23
2	20,0	1		60	2	20,0	1		43	2	20,0	1		23
3	20,0	1°30'		60	3	20,0	1°30'		43	3	20,0	1°30'		23
4	20,0	1°30'		67	4	20,0	1°30'		47	4	20,0	1°30'		23
5	20,0	2		77	5	20,0	2		47	5	20,0	2		24
6	20,0	2		81	6	20,0	2		60	6	20,0	2		24
7	20,0	2°30'		85	7	20,0	2°30'		60	7	20,0	2°30'		25
8	20,0	3		92	8	20,0	3		60	8	20,0	3		25
9	20,0	3°30'		96	9	20,0	3°30'		63	9	20,0	3°30'		26
10	20,0	4		100	10	20,0	4		63	10	20,0	4		26
11	20,0	4°30'		108	11	20,0	4°30'		69	11	20,0	4°30'		26
12	20,0	4°30'		108	12	20,0	4°30'		69	12	20,0	4°30'		27
13	20,0	4°30'		108	13	20,0	4°30'		71	13	20,0	4°30'		27
14	20,0	5		108	14	20,0	5		71	14	20,0	5		29
15	20,0	5		108	15	20,0	5		71	15	20,0	5		29
16	20,0	5°30'		112	16	20,0	5°30'		75	16	20,0	5°30'		31
16'	4,7	5°30'	m ₉	112	16'	4,7	5°30'	m ₉	75	16'	4,7	5°30'	m ₉	32
17	15,3	5°30'		120	17	15,3	5°30'		77	17	15,3	5°30'		32
18	20,0	6°30'		120	18	20,0	6°30'		77	18	20,0	6°30'		32
19	20,0	7		122	19	20,0	7		80	19	20,0	7		34
20	20,0	7		124	20	20,0	7		80	20	20,0	7		34
21	20,0	7°30'		124	21	20,0	7°30'		80	21	20,0	7°30'		36
22	20,0	8		128	22	20,0	8		83	22	20,0	8		36
23	20,0	8		128	23	20,0	8		83	23	20,0	8		36
24	20,0	8°30'		128	24	20,0	8°30'		83	24	20,0	8°30'		38
25	20,0	9		132	25	20,0	9		83	25	20,0	9		38
26	20,0	9		132	26	20,0	9		85	26	20,0	9		38
27	20,0	9°30'		132	27	20,0	9°30'		85	27	20,0	9°30'		40
28	20,0	9°30'		134	28	20,0	9°30'		85	28	20,0	9°30'		40
29	20,0	9°30'		136	29	20,0	9°30'		85	29	20,0	9°30'		41
30	20,0	10		136	30	20,0	10		87	30	20,0	10		41
31	20,0	10		136	31	20,0	10		87	31	20,0	10		42
32	20,0	10		140	32	20,0	10		91	32	20,0	10		44
33	20,0	10°30'		140	33	20,0	10°30'		91	33	20,0	10°30'		46
34	20,0	10°30'		140	34	20,0	10°30'		93	34	20,0	10°30'		46
35	20,0	10°30'		140	35	20,0	10°30'		93	35	20,0	10°30'		46
36	20,0	11		140	36	20,0	11		95	36	20,0	11		48
37	20,0	11°30'		140	37	20,0	11°30'		97	37	20,0	11°30'		48
38	20,0	11°30'		140	38	20,0	11°30'		97	38	20,0	11°30'		48
39	20,0	12		142	39	20,0	12		97	39	20,0	12		51
40	20,0	12°30'		142	40	20,0	12°30'		99	40	20,0	12°30'		51
40'	16,8	12°30'	m ₃	142	40'	16,8	12°30'	m ₃	99	40'	16,8	12°30'	m ₃	51

Вариант 19				Вариант 20				Вариант 21						
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	Азимут α , градус
1	20,0	0°30'		136	1	20,0	0°30'		121	1	25,0	0°30'		56
2	20,0	1		136	2	20,0	1		125	2	25,0	1		60
3	20,0	1°30'		136	3	20,0	1°30'		125	3	25,0	1°30'		60
4	20,0	1°30'		138	4	20,0	1°30'		133	4	25,0	1°30'		67
5	20,0	2		138	5	20,0	2		141	5	25,0	2		77
6	20,0	2		140	6	20,0	2		145	6	25,0	2		81
7	20,0	2°30'		140	7	20,0	2°30'		149	7	25,0	2°30'		85
8	20,0	3		140	8	20,0	3		157	8	25,0	3		92
9	20,0	3°30'		142	9	20,0	3°30'		161	9	25,0	3°30'		96
10	20,0	4		142	10	20,0	4		165	10	25,0	4		100
11	20,0	4°30'		144	11	20,0	4°30'		173	11	25,0	4°30'		108
12	20,0	4°30'		144	12	20,0	4°30'		173	12	25,0	4°30'		108
13	20,0	4°30'		144	13	20,0	4°30'		173	13	25,0	4°30'		108
14	20,0	5		144	14	20,0	5		173	14	25,0	5		108
15	20,0	5		148	15	20,0	5		173	15	25,0	5		108
16	20,0	5°30'		148	16	20,0	5°30'		177	16	25,0	5°30'		112
16'	4,7	5°30'	m ₉	148	16'	4,7	5°30'	m ₉	177	16'	4,7	5°30'	m ₉	112
17	15,3	5°30'		154	17	15,3	5°30'		185	17	20,3	5°30'		120
18	20,0	6°30'		154	18	20,0	6°30'		185	18	25,0	6°30'		120
19	20,0	7		154	19	20,0	7		185	19	25,0	7		122
20	20,0	7		154	20	20,0	7		189	20	25,0	7		124
21	20,0	7°30'		154	21	20,0	7°30'		189	21	25,0	7°30'		124
22	20,0	8		159	22	20,0	8		193	22	25,0	8		128
23	20,0	8		159	23	20,0	8		193	23	25,0	8		128
24	20,0	8°30'		159	24	20,0	8°30'		193	24	25,0	8°30'		128
25	20,0	9		159	25	20,0	9		197	25	25,0	9		132
26	20,0	9		166	26	20,0	9		197	26	25,0	9		132
27	20,0	9°30'		166	27	20,0	9°30'		197	27	25,0	9°30'		132
28	20,0	9°30'		166	28	20,0	9°30'		197	28	25,0	9°30'		134
29	20,0	9°30'		171	29	20,0	9°30'		201	29	25,0	9°30'		136
30	20,0	10		171	30	20,0	10		201	30	25,0	10		136
31	20,0	10		171	31	20,0	10		201	31	25,0	10		136
32	20,0	10		176	32	20,0	10		205	32	25,0	10		140
33	20,0	10°30'		176	33	20,0	10°30'		205	33	25,0	10°30'		140
34	20,0	10°30'		176	34	20,0	10°30'		205	34	25,0	10°30'		140
35	20,0	10°30'		182	35	20,0	10°30'		205	35	25,0	10°30'		140
36	20,0	11		182	36	20,0	11		205	36	25,0	11		140
37	20,0	11°30'		184	37	20,0	11°30'		205	37	25,0	11°30'		140
38	20,0	11°30'		188	38	20,0	11°30'		205	38	25,0	11°30'		140
39	20,0	12		196	39	20,0	12		205	39	25,0	12		142
40	20,0	12°30'		196	40	20,0	12°30'		205	40	25,0	12°30'		142
40'	16,8	12°30'	m ₃	196	40'	16,8	12°30'	m ₃	205	40'	16,8	12°30'	m ₃	142

Вариант 22				Вариант 23				Вариант 24						
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус
1	25,0	0°30'		40	1	25,0	0°30'		23	1	25,0	0°30'		136
2	25,0	1		43	2	25,0	1		23	2	25,0	1		136
3	25,0	1°30'		43	3	25,0	1°30'		23	3	25,0	1°30'		136
4	25,0	1°30'		47	4	25,0	1°30'		23	4	25,0	1°30'		138
5	25,0	2		47	5	25,0	2		24	5	25,0	2		138
6	25,0	2		60	6	25,0	2		24	6	25,0	2		140
7	25,0	2°30'		60	7	25,0	2°30'		25	7	25,0	2°30'		140
8	25,0	3		60	8	25,0	3		25	8	25,0	3		140
9	25,0	3°30'		63	9	25,0	3°30'		26	9	25,0	3°30'		142
10	25,0	4		63	10	25,0	4		26	10	25,0	4		142
11	25,0	4°30'		69	11	25,0	4°30'		26	11	25,0	4°30'		144
12	25,0	4°30'		69	12	25,0	4°30'		27	12	25,0	4°30'		144
13	25,0	4°30'		71	13	25,0	4°30'		27	13	25,0	4°30'		144
14	25,0	5		71	14	25,0	5		29	14	25,0	5		144
15	25,0	5		71	15	25,0	5		29	15	25,0	5		148
16	25,0	5°30'		75	16	25,0	5°30'		31	16	25,0	5°30'		148
16'	4,7	5°30'	m ₉	75	16'	4,7	5°30'	m ₉	32	16'	4,7	5°30'	m ₉	148
17	20,3	5°30'		77	17	20,3	5°30'		32	17	20,3	5°30'		154
18	25,0	6°30'		77	18	25,0	6°30'		32	18	25,0	6°30'		154
19	25,0	7		80	19	25,0	7		34	19	25,0	7		154
20	25,0	7		80	20	25,0	7		34	20	25,0	7		154
21	25,0	7°30'		80	21	25,0	7°30'		36	21	25,0	7°30'		154
22	25,0	8		83	22	25,0	8		36	22	25,0	8		159
23	25,0	8		83	23	25,0	8		36	23	25,0	8		159
24	25,0	8°30'		83	24	25,0	8°30'		38	24	25,0	8°30'		159
25	25,0	9		83	25	25,0	9		38	25	25,0	9		159
26	25,0	9		85	26	25,0	9		38	26	25,0	9		166
27	25,0	9°30'		85	27	25,0	9°30'		40	27	25,0	9°30'		166
28	25,0	9°30'		85	28	25,0	9°30'		40	28	25,0	9°30'		166
29	25,0	9°30'		85	29	25,0	9°30'		41	29	25,0	9°30'		171
30	25,0	10		87	30	25,0	10		41	30	25,0	10		171
31	25,0	10		87	31	25,0	10		42	31	25,0	10		171
32	25,0	10		91	32	25,0	10		44	32	25,0	10		176
33	25,0	10°30'		91	33	25,0	10°30'		46	33	25,0	10°30'		176
34	25,0	10°30'		93	34	25,0	10°30'		46	34	25,0	10°30'		176
35	25,0	10°30'		93	35	25,0	10°30'		46	35	25,0	10°30'		182
36	25,0	11		95	36	25,0	11		48	36	25,0	11		182
37	25,0	11°30'		97	37	25,0	11°30'		48	37	25,0	11°30'		184
38	25,0	11°30'		97	38	25,0	11°30'		48	38	25,0	11°30'		188
39	25,0	12		97	39	25,0	12		51	39	25,0	12		196
40	25,0	12°30'		99	40	25,0	12°30'		51	40	25,0	12°30'		196
40'	16,8	12°30'	m ₃	99	40'	16,8	12°30'	m ₃	51	40'	16,8	12°30'	m ₃	196

Варианты исходных данных для выполнения лабораторной работы № 9

Таблица Д.2 – 2-я группа

Вариант 1				Вариант 2				Вариант 3						
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус
1	25,0	0°30'		121	1	25,0	0°30'		56	1	20,0	0°30'		136
2	25,0	1		125	2	25,0	1		60	2	20,0	1		136
3	25,0	1°30'		125	3	25,0	1°30'		60	3	20,0	1°30'		136
4	25,0	1°30'		133	4	25,0	1°30'		67	4	20,0	1°30'		138
5	25,0	2		141	5	25,0	2		77	5	20,0	2		138
6	25,0	2		145	6	25,0	2		81	6	20,0	2		140
7	25,0	2°30'		149	7	25,0	2°30'		85	7	20,0	2°30'		140
8	25,0	3		157	8	25,0	3		92	8	20,0	3		140
9	25,0	3°30'		161	9	25,0	3°30'		96	9	20,0	3°30'		142
10	25,0	4		165	10	25,0	4		100	10	20,0	4		142
11	25,0	4°30'		173	11	25,0	4°30'		108	11	20,0	4°30'		144
12	25,0	4°30'		173	12	25,0	4°30'		108	12	20,0	4°30'		144
13	25,0	4°30'		173	13	25,0	4°30'		108	13	20,0	4°30'		144
14	25,0	5		173	14	25,0	5		108	14	20,0	5		144
15	25,0	5		173	15	25,0	5		108	15	20,0	5		148
16	25,0	5°30'		177	16	25,0	5°30'		112	16	20,0	5°30'		148
16'	4,7	5°30'	m ₉	177	16'	4,7	5°30'	m ₉	112	16'	4,7	5°30'	m ₉	148
17	20,3	5°30'		185	17	20,3	5°30'		120	17	15,3	5°30'		154
18	25,0	6°30'		185	18	25,0	6°30'		120	18	20,0	6°30'		154
19	25,0	7		185	19	25,0	7		122	19	20,0	7		154
20	25,0	7		189	20	25,0	7		124	20	20,0	7		154
21	25,0	7°30'		189	21	25,0	7°30'		124	21	20,0	7°30'		154
22	25,0	8		193	22	25,0	8		128	22	20,0	8		159
23	25,0	8		193	23	25,0	8		128	23	20,0	8		159
24	25,0	8°30'		193	24	25,0	8°30'		128	24	20,0	8°30'		159
25	25,0	9		197	25	25,0	9		132	25	20,0	9		159
26	25,0	9		197	26	25,0	9		132	26	20,0	9		166
27	25,0	9°30'		197	27	25,0	9°30'		132	27	20,0	9°30'		166
28	25,0	9°30'		197	28	25,0	9°30'		134	28	20,0	9°30'		166
29	25,0	9°30'		201	29	25,0	9°30'		136	29	20,0	9°30'		171
30	25,0	10		201	30	25,0	10		136	30	20,0	10		171
31	25,0	10		201	31	25,0	10		136	31	20,0	10		171
32	25,0	10		205	32	25,0	10		140	32	20,0	10		176
33	25,0	10°30'		205	33	25,0	10°30'		140	33	20,0	10°30'		176
34	25,0	10°30'		205	34	25,0	10°30'		140	34	20,0	10°30'		176
35	25,0	10°30'		205	35	25,0	10°30'		140	35	20,0	10°30'		182
36	25,0	11		205	36	25,0	11		140	36	20,0	11		182
37	25,0	11°30'		205	37	25,0	11°30'		140	37	20,0	11°30'		184
38	25,0	11°30'		205	38	25,0	11°30'		140	38	20,0	11°30'		188
39	25,0	12		205	39	25,0	12		142	39	20,0	12		196
40	25,0	12°30'		205	40	25,0	12°30'		142	40	20,0	12°30'		196
40'	16,8	12°30'	m ₃	205	40'	16,8	12°30'	m ₃	142	40'	16,8	12°30'	m ₃	196

Вариант 4				Вариант 5				Вариант 6						
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус
1	25,0	0°30'		23	1	10,0	0°30'		121	1	5,0	0°30'		56
2	25,0	1		23	2	10,0	1		125	2	5,0	1		60
3	25,0	1°30'		23	3	10,0	1°30'		125	3	5,0	1°30'		60
4	25,0	1°30'		23	4	10,0	1°30'		133	4	5,0	1°30'		67
5	25,0	2		24	5	10,0	2		141	5	5,0	2		77
6	25,0	2		24	6	10,0	2		145	6	5,0	2		81
7	25,0	2°30'		25	7	10,0	2°30'		149	7	5,0	2°30'		85
8	25,0	3		25	8	10,0	3		157	8	5,0	3		92
9	25,0	3°30'		26	9	10,0	3°30'		161	9	5,0	3°30'		96
10	25,0	4		26	10	10,0	4		165	10	5,0	4		100
11	25,0	4°30'		26	11	10,0	4°30'		173	11	5,0	4°30'		108
12	25,0	4°30'		27	12	10,0	4°30'		173	12	5,0	4°30'		108
13	25,0	4°30'		27	13	10,0	4°30'		173	13	5,0	4°30'		108
14	25,0	5		29	14	10,0	5		173	14	5,0	5		108
15	25,0	5		29	15	10,0	5		173	15	5,0	5		108
16	25,0	5°30'		31	16	10,0	5°30'		177	16	5,0	5°30'		112
16'	4,7	5°30'	m ₉	32	16'	4,7	5°30'	m ₉	177	16'	3,7	5°30'	m ₉	112
17	20,3	5°30'		32	17	5,3	5°30'		185	17	1,3	5°30'		120
18	25,0	6°30'		32	18	10,0	6°30'		185	18	5,0	6°30'		120
19	25,0	7		34	19	10,0	7		185	19	5,0	7		122
20	25,0	7		34	20	10,0	7		189	20	5,0	7		124
21	25,0	7°30'		36	21	10,0	7°30'		189	21	5,0	7°30'		124
22	25,0	8		36	22	10,0	8		193	22	5,0	8		128
23	25,0	8		36	23	10,0	8		193	23	5,0	8		128
24	25,0	8°30'		38	24	10,0	8°30'		193	24	5,0	8°30'		128
25	25,0	9		38	25	10,0	9		197	25	5,0	9		132
26	25,0	9		38	26	10,0	9		197	26	5,0	9		132
27	25,0	9°30'		40	27	10,0	9°30'		197	27	5,0	9°30'		132
28	25,0	9°30'		40	28	10,0	9°30'		197	28	5,0	9°30'		134
29	25,0	9°30'		41	29	10,0	9°30'		201	29	5,0	9°30'		136
30	25,0	10		41	30	10,0	10		201	30	5,0	10		136
31	25,0	10		42	31	10,0	10		201	31	5,0	10		136
32	25,0	10		44	32	10,0	10		205	32	5,0	10		140
33	25,0	10°30'		46	33	10,0	10°30'		205	33	5,0	10°30'		140
34	25,0	10°30'		46	34	10,0	10°30'		205	34	5,0	10°30'		140
35	25,0	10°30'		46	35	10,0	10°30'		205	35	5,0	10°30'		140
36	25,0	11		48	36	10,0	11		205	36	5,0	11		140
37	25,0	11°30'		48	37	10,0	11°30'		205	37	5,0	11°30'		140
38	25,0	11°30'		48	38	10,0	11°30'		205	38	5,0	11°30'		140
39	25,0	12		51	39	10,0	12		205	39	5,0	12		142
40	25,0	12°30'		51	40	10,0	12°30'		205	40	5,0	12°30'		142
40'	16,8	12°30'	m ₃	51	40'	6,8	12°30'	m ₃	205	40'	2,6	12°30'	m ₃	142

Вариант 7					Вариант 8					Вариант 9				
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус
1	15,0	0°30'		136	1	20,0	0°30'		40	1	15,0	0°30'		121
2	15,0	1		136	2	20,0	1		43	2	15,0	1		125
3	15,0	1°30'		136	3	20,0	1°30'		43	3	15,0	1°30'		125
4	15,0	1°30'		138	4	20,0	1°30'		47	4	15,0	1°30'		133
5	15,0	2		138	5	20,0	2		47	5	15,0	2		141
6	15,0	2		140	6	20,0	2		60	6	15,0	2		145
7	15,0	2°30'		140	7	20,0	2°30'		60	7	15,0	2°30'		149
8	15,0	3		140	8	20,0	3		60	8	15,0	3		157
9	15,0	3°30'		142	9	20,0	3°30'		63	9	15,0	3°30'		161
10	15,0	4		142	10	20,0	4		63	10	15,0	4		165
11	15,0	4°30'		144	11	20,0	4°30'		69	11	15,0	4°30'		173
12	15,0	4°30'		144	12	20,0	4°30'		69	12	15,0	4°30'		173
13	15,0	4°30'		144	13	20,0	4°30'		71	13	15,0	4°30'		173
14	15,0	5		144	14	20,0	5		71	14	15,0	5		173
15	15,0	5		148	15	20,0	5		71	15	15,0	5		173
16	15,0	5°30'		148	16	20,0	5°30'		75	16	15,0	5°30'		177
16'	4,7	5°30'	m ₉	148	16'	4,7	5°30'	m ₉	75	16'	4,7	5°30'	m ₉	177
17	10,3	5°30'		154	17	15,3	5°30'		77	17	10,3	5°30'		185
18	15,0	6°30'		154	18	20,0	6°30'		77	18	15,0	6°30'		185
19	15,0	7		154	19	20,0	7		80	19	15,0	7		185
20	15,0	7		154	20	20,0	7		80	20	15,0	7		189
21	15,0	7°30'		154	21	20,0	7°30'		80	21	15,0	7°30'		189
22	15,0	8		159	22	20,0	8		83	22	15,0	8		193
23	15,0	8		159	23	20,0	8		83	23	15,0	8		193
24	15,0	8°30'		159	24	20,0	8°30'		83	24	15,0	8°30'		193
25	15,0	9		159	25	20,0	9		83	25	15,0	9		197
26	15,0	9		166	26	20,0	9		85	26	15,0	9		197
27	15,0	9°30'		166	27	20,0	9°30'		85	27	15,0	9°30'		197
28	15,0	9°30'		166	28	20,0	9°30'		85	28	15,0	9°30'		197
29	15,0	9°30'		171	29	20,0	9°30'		85	29	15,0	9°30'		201
30	15,0	10		171	30	20,0	10		87	30	15,0	10		201
31	15,0	10		171	31	20,0	10		87	31	15,0	10		201
32	15,0	10		176	32	20,0	10		91	32	15,0	10		205
33	15,0	10°30'		176	33	20,0	10°30'		91	33	15,0	10°30'		205
34	15,0	10°30'		176	34	20,0	10°30'		93	34	15,0	10°30'		205
35	15,0	10°30'		182	35	20,0	10°30'		93	35	15,0	10°30'		205
36	15,0	11		182	36	20,0	11		95	36	15,0	11		205
37	15,0	11°30'		184	37	20,0	11°30'		97	37	15,0	11°30'		205
38	15,0	11°30'		188	38	20,0	11°30'		97	38	15,0	11°30'		205
39	15,0	12		196	39	20,0	12		97	39	15,0	12		205
40	15,0	12°30'		196	40	20,0	12°30'		99	40	15,0	12°30'		205
40'	2,6	12°30'	m ₃	196	40'	16,8	12°30'	m ₃	99	40'	2,6	12°30'	m ₃	205

Вариант 10				Вариант 11				Вариант 12						
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	Азимут α , градус
1	25,0	0°30'		136	1	5,0	0°30'		121	1	20,0	0°30'		23
2	25,0	1		136	2	5,0	1		125	2	20,0	1		23
3	25,0	1°30'		136	3	5,0	1°30'		125	3	20,0	1°30'		23
4	25,0	1°30'		138	4	5,0	1°30'		133	4	20,0	1°30'		23
5	25,0	2		138	5	5,0	2		141	5	20,0	2		24
6	25,0	2		140	6	5,0	2		145	6	20,0	2		24
7	25,0	2°30'		140	7	5,0	2°30'		149	7	20,0	2°30'		25
8	25,0	3		140	8	5,0	3		157	8	20,0	3		25
9	25,0	3°30'		142	9	5,0	3°30'		161	9	20,0	3°30'		26
10	25,0	4		142	10	5,0	4		165	10	20,0	4		26
11	25,0	4°30'		144	11	5,0	4°30'		173	11	20,0	4°30'		26
12	25,0	4°30'		144	12	5,0	4°30'		173	12	20,0	4°30'		27
13	25,0	4°30'		144	13	5,0	4°30'		173	13	20,0	4°30'		27
14	25,0	5		144	14	5,0	5		173	14	20,0	5		29
15	25,0	5		148	15	5,0	5		173	15	20,0	5		29
16	25,0	5°30'		148	16	5,0	5°30'		177	16	20,0	5°30'		31
16'	4,7	5°30'	m ₉	148	16'	3,7	5°30'	m ₉	177	16'	4,7	5°30'	m ₉	32
17	20,3	5°30'		154	17	1,3	5°30'		185	17	15,3	5°30'		32
18	25,0	6°30'		154	18	5,0	6°30'		185	18	20,0	6°30'		32
19	25,0	7		154	19	5,0	7		185	19	20,0	7		34
20	25,0	7		154	20	5,0	7		189	20	20,0	7		34
21	25,0	7°30'		154	21	5,0	7°30'		189	21	20,0	7°30'		36
22	25,0	8		159	22	5,0	8		193	22	20,0	8		36
23	25,0	8		159	23	5,0	8		193	23	20,0	8		36
24	25,0	8°30'		159	24	5,0	8°30'		193	24	20,0	8°30'		38
25	25,0	9		159	25	5,0	9		197	25	20,0	9		38
26	25,0	9		166	26	5,0	9		197	26	20,0	9		38
27	25,0	9°30'		166	27	5,0	9°30'		197	27	20,0	9°30'		40
28	25,0	9°30'		166	28	5,0	9°30'		197	28	20,0	9°30'		40
29	25,0	9°30'		171	29	5,0	9°30'		201	29	20,0	9°30'		41
30	25,0	10		171	30	5,0	10		201	30	20,0	10		41
31	25,0	10		171	31	5,0	10		201	31	20,0	10		42
32	25,0	10		176	32	5,0	10		205	32	20,0	10		44
33	25,0	10°30'		176	33	5,0	10°30'		205	33	20,0	10°30'		46
34	25,0	10°30'		176	34	5,0	10°30'		205	34	20,0	10°30'		46
35	25,0	10°30'		182	35	5,0	10°30'		205	35	20,0	10°30'		46
36	25,0	11		182	36	5,0	11		205	36	20,0	11		48
37	25,0	11°30'		184	37	5,0	11°30'		205	37	20,0	11°30'		48
38	25,0	11°30'		188	38	5,0	11°30'		205	38	20,0	11°30'		48
39	25,0	12		196	39	5,0	12		205	39	20,0	12		51
40	25,0	12°30'		196	40	5,0	12°30'		205	40	20,0	12°30'		51
40'	16,8	12°30'	m ₃	196	40'	2,6	12°30'	m ₃	205	40'	16,8	12°30'	m ₃	51

Вариант 13					Вариант 14					Вариант 15				
№ п/п	Расстояние между замерами, <i>l</i> , м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, <i>l</i> , м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, <i>l</i> , м	Зенитный угол, β , градус	Пласт	Азимут α , градус
1	25,0	0°30'		40	1	10,0	0°30'		56	1	20,0	0°30'		121
2	25,0	1		43	2	10,0	1		60	2	20,0	1		125
3	25,0	1°30'		43	3	10,0	1°30'		60	3	20,0	1°30'		125
4	25,0	1°30'		47	4	10,0	1°30'		67	4	20,0	1°30'		133
5	25,0	2		47	5	10,0	2		77	5	20,0	2		141
6	25,0	2		60	6	10,0	2		81	6	20,0	2		145
7	25,0	2°30'		60	7	10,0	2°30'		85	7	20,0	2°30'		149
8	25,0	3		60	8	10,0	3		92	8	20,0	3		157
9	25,0	3°30'		63	9	10,0	3°30'		96	9	20,0	3°30'		161
10	25,0	4		63	10	10,0	4		100	10	20,0	4		165
11	25,0	4°30'		69	11	10,0	4°30'		108	11	20,0	4°30'		173
12	25,0	4°30'		69	12	10,0	4°30'		108	12	20,0	4°30'		173
13	25,0	4°30'		71	13	10,0	4°30'		108	13	20,0	4°30'		173
14	25,0	5		71	14	10,0	5		108	14	20,0	5		173
15	25,0	5		71	15	10,0	5		108	15	20,0	5		173
16	25,0	5°30'		75	16	10,0	5°30'		112	16	20,0	5°30'		177
16'	4,7	5°30'	m ₉	75	16'	4,7	5°30'	m ₉	112	16'	4,7	5°30'	m ₉	177
17	20,3	5°30'		77	17	5,3	5°30'		120	17	15,3	5°30'		185
18	25,0	6°30'		77	18	10,0	6°30'		120	18	20,0	6°30'		185
19	25,0	7		80	19	10,0	7		122	19	20,0	7		185
20	25,0	7		80	20	10,0	7		124	20	20,0	7		189
21	25,0	7°30'		80	21	10,0	7°30'		124	21	20,0	7°30'		189
22	25,0	8		83	22	10,0	8		128	22	20,0	8		193
23	25,0	8		83	23	10,0	8		128	23	20,0	8		193
24	25,0	8°30'		83	24	10,0	8°30'		128	24	20,0	8°30'		193
25	25,0	9		83	25	10,0	9		132	25	20,0	9		197
26	25,0	9		85	26	10,0	9		132	26	20,0	9		197
27	25,0	9°30'		85	27	10,0	9°30'		132	27	20,0	9°30'		197
28	25,0	9°30'		85	28	10,0	9°30'		134	28	20,0	9°30'		197
29	25,0	9°30'		85	29	10,0	9°30'		136	29	20,0	9°30'		201
30	25,0	10		87	30	10,0	10		136	30	20,0	10		201
31	25,0	10		87	31	10,0	10		136	31	20,0	10		201
32	25,0	10		91	32	10,0	10		140	32	20,0	10		205
33	25,0	10°30'		91	33	10,0	10°30'		140	33	20,0	10°30'		205
34	25,0	10°30'		93	34	10,0	10°30'		140	34	20,0	10°30'		205
35	25,0	10°30'		93	35	10,0	10°30'		140	35	20,0	10°30'		205
36	25,0	11		95	36	10,0	11		140	36	20,0	11		205
37	25,0	11°30'		97	37	10,0	11°30'		140	37	20,0	11°30'		205
38	25,0	11°30'		97	38	10,0	11°30'		140	38	20,0	11°30'		205
39	25,0	12		97	39	10,0	12		142	39	20,0	12		205
40	25,0	12°30'		99	40	10,0	12°30'		142	40	20,0	12°30'		205
40'	16,8	12°30'	m ₃	99	40'	6,8	12°30'	m ₃	142	40'	16,8	12°30'	m ₃	205

Вариант 16					Вариант 17					Вариант 18				
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус
1	5,0	0°30'		40	1	10,0	0°30'		23	1	15,0	0°30'		40
2	5,0	1		43	2	10,0	1		23	2	15,0	1		43
3	5,0	1°30'		43	3	10,0	1°30'		23	3	15,0	1°30'		43
4	5,0	1°30'		47	4	10,0	1°30'		23	4	15,0	1°30'		47
5	5,0	2		47	5	10,0	2		24	5	15,0	2		47
6	5,0	2		60	6	10,0	2		24	6	15,0	2		60
7	5,0	2°30'		60	7	10,0	2°30'		25	7	15,0	2°30'		60
8	5,0	3		60	8	10,0	3		25	8	15,0	3		60
9	5,0	3°30'		63	9	10,0	3°30'		26	9	15,0	3°30'		63
10	5,0	4		63	10	10,0	4		26	10	15,0	4		63
11	5,0	4°30'		69	11	10,0	4°30'		26	11	15,0	4°30'		69
12	5,0	4°30'		69	12	10,0	4°30'		27	12	15,0	4°30'		69
13	5,0	4°30'		71	13	10,0	4°30'		27	13	15,0	4°30'		71
14	5,0	5		71	14	10,0	5		29	14	15,0	5		71
15	5,0	5		71	15	10,0	5		29	15	15,0	5		71
16	5,0	5°30'		75	16	10,0	5°30'		31	16	15,0	5°30'		75
16'	3,7	5°30'	m ₉	75	16'	4,7	5°30'	m ₉	32	16'	4,7	5°30'	m ₉	75
17	1,3	5°30'		77	17	5,3	5°30'		32	17	10,3	5°30'		77
18	5,0	6°30'		77	18	10,0	6°30'		32	18	15,0	6°30'		77
19	5,0	7		80	19	10,0	7		34	19	15,0	7		80
20	5,0	7		80	20	10,0	7		34	20	15,0	7		80
21	5,0	7°30'		80	21	10,0	7°30'		36	21	15,0	7°30'		80
22	5,0	8		83	22	10,0	8		36	22	15,0	8		83
23	5,0	8		83	23	10,0	8		36	23	15,0	8		83
24	5,0	8°30'		83	24	10,0	8°30'		38	24	15,0	8°30'		83
25	5,0	9		83	25	10,0	9		38	25	15,0	9		83
26	5,0	9		85	26	10,0	9		38	26	15,0	9		85
27	5,0	9°30'		85	27	10,0	9°30'		40	27	15,0	9°30'		85
28	5,0	9°30'		85	28	10,0	9°30'		40	28	15,0	9°30'		85
29	5,0	9°30'		85	29	10,0	9°30'		41	29	15,0	9°30'		85
30	5,0	10		87	30	10,0	10		41	30	15,0	10		87
31	5,0	10		87	31	10,0	10		42	31	15,0	10		87
32	5,0	10		91	32	10,0	10		44	32	15,0	10		91
33	5,0	10°30'		91	33	10,0	10°30'		46	33	15,0	10°30'		91
34	5,0	10°30'		93	34	10,0	10°30'		46	34	15,0	10°30'		93
35	5,0	10°30'		93	35	10,0	10°30'		46	35	15,0	10°30'		93
36	5,0	11		95	36	10,0	11		48	36	15,0	11		95
37	5,0	11°30'		97	37	10,0	11°30'		48	37	15,0	11°30'		97
38	5,0	11°30'		97	38	10,0	11°30'		48	38	15,0	11°30'		97
39	5,0	12		97	39	10,0	12		51	39	15,0	12		97
40	5,0	12°30'		99	40	10,0	12°30'		51	40	15,0	12°30'		99
40'	2,6	12°30'	m ₃	99	40'	6,8	12°30'	m ₃	51	40'	2,6	12°30'	m ₃	99

Вариант 19				Вариант 20				Вариант 21						
№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус	№ п/п	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β , градус	Плост	Азимут α , градус
1	10,0	0°30'		40	1	15,0	0°30'		23	1	5,0	0°30'		136
2	10,0	1		43	2	15,0	1		23	2	5,0	1		136
3	10,0	1°30'		43	3	15,0	1°30'		23	3	5,0	1°30'		136
4	10,0	1°30'		47	4	15,0	1°30'		23	4	5,0	1°30'		138
5	10,0	2		47	5	15,0	2		24	5	5,0	2		138
6	10,0	2		60	6	15,0	2		24	6	5,0	2		140
7	10,0	2°30'		60	7	15,0	2°30'		25	7	5,0	2°30'		140
8	10,0	3		60	8	15,0	3		25	8	5,0	3		140
9	10,0	3°30'		63	9	15,0	3°30'		26	9	5,0	3°30'		142
10	10,0	4		63	10	15,0	4		26	10	5,0	4		142
11	10,0	4°30'		69	11	15,0	4°30'		26	11	5,0	4°30'		144
12	10,0	4°30'		69	12	15,0	4°30'		27	12	5,0	4°30'		144
13	10,0	4°30'		71	13	15,0	4°30'		27	13	5,0	4°30'		144
14	10,0	5		71	14	15,0	5		29	14	5,0	5		144
15	10,0	5		71	15	15,0	5		29	15	5,0	5		148
16	10,0	5°30'		75	16	15,0	5°30'		31	16	5,0	5°30'		148
16'	4,7	5°30'	m ₉	75	16'	4,7	5°30'	m ₉	32	16'	3,7	5°30'	m ₉	148
17	5,3	5°30'		77	17	10,3	5°30'		32	17	1,3	5°30'		154
18	10,0	6°30'		77	18	15,0	6°30'		32	18	5,0	6°30'		154
19	10,0	7		80	19	15,0	7		34	19	5,0	7		154
20	10,0	7		80	20	15,0	7		34	20	5,0	7		154
21	10,0	7°30'		80	21	15,0	7°30'		36	21	5,0	7°30'		154
22	10,0	8		83	22	15,0	8		36	22	5,0	8		159
23	10,0	8		83	23	15,0	8		36	23	5,0	8		159
24	10,0	8°30'		83	24	15,0	8°30'		38	24	5,0	8°30'		159
25	10,0	9		83	25	15,0	9		38	25	5,0	9		159
26	10,0	9		85	26	15,0	9		38	26	5,0	9		166
27	10,0	9°30'		85	27	15,0	9°30'		40	27	5,0	9°30'		166
28	10,0	9°30'		85	28	15,0	9°30'		40	28	5,0	9°30'		166
29	10,0	9°30'		85	29	15,0	9°30'		41	29	5,0	9°30'		171
30	10,0	10		87	30	15,0	10		41	30	5,0	10		171
31	10,0	10		87	31	15,0	10		42	31	5,0	10		171
32	10,0	10		91	32	15,0	10		44	32	5,0	10		176
33	10,0	10°30'		91	33	15,0	10°30'		46	33	5,0	10°30'		176
34	10,0	10°30'		93	34	15,0	10°30'		46	34	5,0	10°30'		176
35	10,0	10°30'		93	35	15,0	10°30'		46	35	5,0	10°30'		182
36	10,0	11		95	36	15,0	11		48	36	5,0	11		182
37	10,0	11°30'		97	37	15,0	11°30'		48	37	5,0	11°30'		184
38	10,0	11°30'		97	38	15,0	11°30'		48	38	5,0	11°30'		188
39	10,0	12		97	39	15,0	12		51	39	5,0	12		196
40	10,0	12°30'		99	40	15,0	12°30'		51	40	5,0	12°30'		196
40'	6,8	12°30'	m ₃	99	40'	2,6	12°30'	m ₃	51	40'	2,6	12°30'	m ₃	196

Вариант 22					Вариант 23					Вариант 24				
№ П/П	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ П/П	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус	№ П/П	Расстояние между замерами, L, м	Зенитный угол, β, градус	Пласт	Азимут α, градус
1	5,0	0°30'		23	1	10,0	0°30'		136	1	20,0	0°30'		56
2	5,0	1		23	2	10,0	1		136	2	20,0	1		60
3	5,0	1°30'		23	3	10,0	1°30'		136	3	20,0	1°30'		60
4	5,0	1°30'		23	4	10,0	1°30'		138	4	20,0	1°30'		67
5	5,0	2		24	5	10,0	2		138	5	20,0	2		77
6	5,0	2		24	6	10,0	2		140	6	20,0	2		81
7	5,0	2°30'		25	7	10,0	2°30'		140	7	20,0	2°30'		85
8	5,0	3		25	8	10,0	3		140	8	20,0	3		92
9	5,0	3°30'		26	9	10,0	3°30'		142	9	20,0	3°30'		96
10	5,0	4		26	10	10,0	4		142	10	20,0	4		100
11	5,0	4°30'		26	11	10,0	4°30'		144	11	20,0	4°30'		108
12	5,0	4°30'		27	12	10,0	4°30'		144	12	20,0	4°30'		108
13	5,0	4°30'		27	13	10,0	4°30'		144	13	20,0	4°30'		108
14	5,0	5		29	14	10,0	5		144	14	20,0	5		108
15	5,0	5		29	15	10,0	5		148	15	20,0	5		108
16	5,0	5°30'		31	16	10,0	5°30'		148	16	20,0	5°30'		112
16'	3,7	5°30'	m ₉	32	16'	4,7	5°30'	m ₉	148	16'	4,7	5°30'	m ₉	112
17	1,3	5°30'		32	17	5,3	5°30'		154	17	15,3	5°30'		120
18	5,0	6°30'		32	18	10,0	6°30'		154	18	20,0	6°30'		120
19	5,0	7		34	19	10,0	7		154	19	20,0	7		122
20	5,0	7		34	20	10,0	7		154	20	20,0	7		124
21	5,0	7°30'		36	21	10,0	7°30'		154	21	20,0	7°30'		124
22	5,0	8		36	22	10,0	8		159	22	20,0	8		128
23	5,0	8		36	23	10,0	8		159	23	20,0	8		128
24	5,0	8°30'		38	24	10,0	8°30'		159	24	20,0	8°30'		128
25	5,0	9		38	25	10,0	9		159	25	20,0	9		132
26	5,0	9		38	26	10,0	9		166	26	20,0	9		132
27	5,0	9°30'		40	27	10,0	9°30'		166	27	20,0	9°30'		132
28	5,0	9°30'		40	28	10,0	9°30'		166	28	20,0	9°30'		134
29	5,0	9°30'		41	29	10,0	9°30'		171	29	20,0	9°30'		136
30	5,0	10		41	30	10,0	10		171	30	20,0	10		136
31	5,0	10		42	31	10,0	10		171	31	20,0	10		136
32	5,0	10		44	32	10,0	10		176	32	20,0	10		140
33	5,0	10°30'		46	33	10,0	10°30'		176	33	20,0	10°30'		140
34	5,0	10°30'		46	34	10,0	10°30'		176	34	20,0	10°30'		140
35	5,0	10°30'		46	35	10,0	10°30'		182	35	20,0	10°30'		140
36	5,0	11		48	36	10,0	11		182	36	20,0	11		140
37	5,0	11°30'		48	37	10,0	11°30'		184	37	20,0	11°30'		140
38	5,0	11°30'		48	38	10,0	11°30'		188	38	20,0	11°30'		140
39	5,0	12		51	39	10,0	12		196	39	20,0	12		142
40	5,0	12°30'		51	40	10,0	12°30'		196	40	20,0	12°30'		142
40'	2,6	12°30'	m ₃	51	40'	6,8	12°30'	m ₃	196	40'	16,8	12°30'	m ₃	142

Приложение Е

Варианты исходных данных для выполнения лабораторной работы № 10

Таблица Е.1

1-я группа

№ п/п	α , градус	Угол падения слоев, градус	k , МПа	ρ , градус	$\gamma \times 10^3$, кг/м ³
1	30	-20	2,2	20	2,2
2	31	-19	2,2	21	2,3
3	32	-18	2,2	22	2,4
4	33	-17	2,2	23	2,5
5	34	-16	2,2	24	2,6
6	35	-15	2,2	25	2,7
7	36	14	2,2	26	2,8
8	37	-13	2,2	27	2,7
9	38	-12	2,2	28	2,6
10	39	-11	2,1	29	2,5
11	40	-10	2,1	30	2,4
12	41	-9	2,1	31	2,3
13	42	-8	2,1	32	2,2
14	43	-7	2,1	33	2,1
15	44	-6	2,1	34	2,2
16	45	-5	2,1	35	2,3
17	46	-4	2,1	34	2,4
18	47	-3	2,1	33	2,5
19	48	-2	2,1	32	2,6
20	49	-1	2,0	31	2,7
21	50	0	2,0	30	2,8
22	51	+1	2,0	29	2,9
23	52	+2	2,0	28	2,8
24	53	+3	2,0	27	2,7
25	54	+4	2,0	26	2,6
$k' = 0,1$ МПа, $\rho' = 15^\circ$, $\sigma_{cp} = 2,45$ МПа					

Таблица Е.2

2-я группа

№ п/п	α , градус	Угол падения слоев, градус	k , МПа	ρ , градус	$\gamma \times 10^3$, кг/м ³
1	55	+5	2,0	25	2,5
2	56	+6	2,0	24	2,4
3	57	+7	2,0	23	2,3
4	58	+8	1,9	22	2,2
5	59	+9	1,9	21	2,3
6	60	+10	1,9	20	2,4
7	61	+11	1,9	21	2,5
8	62	+12	1,9	22	2,6
9	63	+13	1,9	23	2,7
10	64	+14	1,8	24	2,8
11	65	+15	1,8	25	2,9
12	66	+16	1,8	26	2,8
13	67	+17	1,8	27	2,7
14	68	+18	1,8	28	2,6
15	69	+19	1,8	29	2,5
16	30	+20	2,2	30	2,4
17	31	0	2,2	31	2,3
18	32	-1	2,2	32	2,2
19	33	-2	2,2	33	2,3
20	34	-3	2,2	34	2,4
21	35	-4	2,2	35	2,5
22	36	-5	2,1	34	2,6
23	37	-6	2,1	33	2,7
24	38	-7	2,1	32	2,8
25	39	-8	2,1	31	2,7
$k'=0,1$ МПа, $\rho'=15^\circ$, $\sigma_{cp}=2,45$ МПа					

Халимендик Юрій Михайлович
Заболотна Юлія Олександрівна

Основи геомеханіки

Практикум

до виконання лабораторних робіт
для студентів спеціальностей
7.05030104, 8.05030104

Видано в авторській редакції.

Підп. до друку 03.06.2013. Формат 30×42/4.
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 6,9.
Обл.-вид. арк. 6,9. Тираж 100 пр. Зам. №

ДВНЗ „НГУ”

49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.