

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра разработки месторождений полезных ископаемых
подземным способом

ГЕОМЕХАНИКА

Методические указания к контрольным работам
для студентов специальности 130400.65 «Горное дело»
специализации 130401.65 «Подземная разработка пластовых
месторождений» и специальности 130404 «Подземная разработка
месторождений полезных ископаемых» заочной формы обучения

Составители А. А. Ренев
 Л. А. Белина



Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 15 от 05.05.2012

Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
специальности 130404
Протокол № 3/12 от 19.04.2012

Электронная копия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2012

Предисловие

Цель изучения дисциплины – ознакомление с механическими процессами, протекающими в массиве горных пород при разработке месторождений полезных ископаемых, а также с методами контроля и способами управления этими процессами.

Основные задачи студентов при изучении данной дисциплины – получение знаний о механических свойствах массива горных пород и его напряженно-деформированном состоянии, приобретение навыков по прогнозу и расчету параметров геомеханических процессов, происходящих в массивах пород при ведении в них горных работ, а также по обоснованию региональных и локальных мер, направленных на предупреждение динамических и газодинамических явлений в шахтах и рудниках.

Методические указания подготовлены в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов для подготовки специалистов, а также согласно требованиям рабочей программы дисциплины. Объем курса в соответствии с учебным планом составляет 180 часов. Форма отчетности – выполнение двух контрольных работ, сдача зачета и экзамена.

Задания к контрольным работам выдается на установочной лекции. На этом занятии преподаватель знакомит студентов с перечнем вопросов, которые требуется изучить по данной дисциплине в соответствии с рабочей программой. Выполненные работы необходимо зарегистрировать и сдать преподавателю до начала сессии.

В контрольной работе № 1 рассчитываются параметры зон деформирования массива горных пород при очистной выемке, напряжения в зоне опорного давления и коэффициент концентрации напряжений.

В контрольной работе № 2 рассчитываются параметры границ защитного действия опережающей отработки пластов при разработке свит угольных пластов, включающих пласты, склонные к газодинамическим явлениям.

Защита контрольных работ является важным этапом при оценке знаний студента. Она производится во время сессии или

на консультациях до сессии. Без зачтенной контрольной работы студент не допускается к ПА.

Контрольные работы выполняются на стандартных пронумерованных листах бумаги формата А4 (Times New Roman, размер шрифта – 14 пт; интервал – полуторный, все поля по 20 мм). Листы скрепляются в папке-скоросшивателе. В начале контрольной работы помещают титульный лист, содержание работы, а далее сам текст. В целом контрольная работа должна быть оформлена согласно принятым требованиям для технического текста (все рисунки, таблицы, формулы пронумерованы, присутствуют ссылки на литературные источники и т. д.).

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРА СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКЕ

Цель работы – изучение методики определения параметров зон сдвижения и деформирования массива горных пород при очистной выемке.

Теоретические положения

Объектом изучения сдвижения горных пород является земная поверхность, деформирующаяся в результате подземных разработок, и весь массив горных пород, испытывающий влияние очистной выработки (рис. 1.1). Характер деформирования массива горных пород и земной поверхности зависит от нескольких групп факторов, к числу которых относятся:

- размеры выработанного пространства по падению $2x_0$ и простиранию $2L$, форма очистной выработки, вынимаемая мощность пласта m , средняя глубина разработки пласта H , угол падения α ;
- строение вмещающих пород, их степень рассланцованности, предельные характеристики сдвига пород по контактам между смежными слоями, тектонические нарушения;
- деформационные, геологические и предельные физико-механические свойства пород и полезного ископаемого;
- система разработки угольного пласта и способ управления кровлей;
- степень нарушенности толщи пород ранее пройденными выработками в других пластах свиты или смежными выработками в рассматриваемом пласте.

Сдвижение горных пород является сложным процессом, проявляющимся в совокупности различных форм (рис 1.1, 1.2) опускания пород под действием собственного веса и форме прогиба слоев, оседания толщи пород вследствие сжатия от опорного давления, сдвига пород по плоскостям напластования слоев, отрыва и обрушения пород непосредственной кровли

пласта и др. [1].

Сочетание форм сдвижения и изменения состояния толщи в результате ее подработки называется характером сдвижения. В зависимости от интенсивности сдвижения различают: сдвижение без разрыва сплошности пород, сдвижение с образованием трещин и разломов, обрушение.

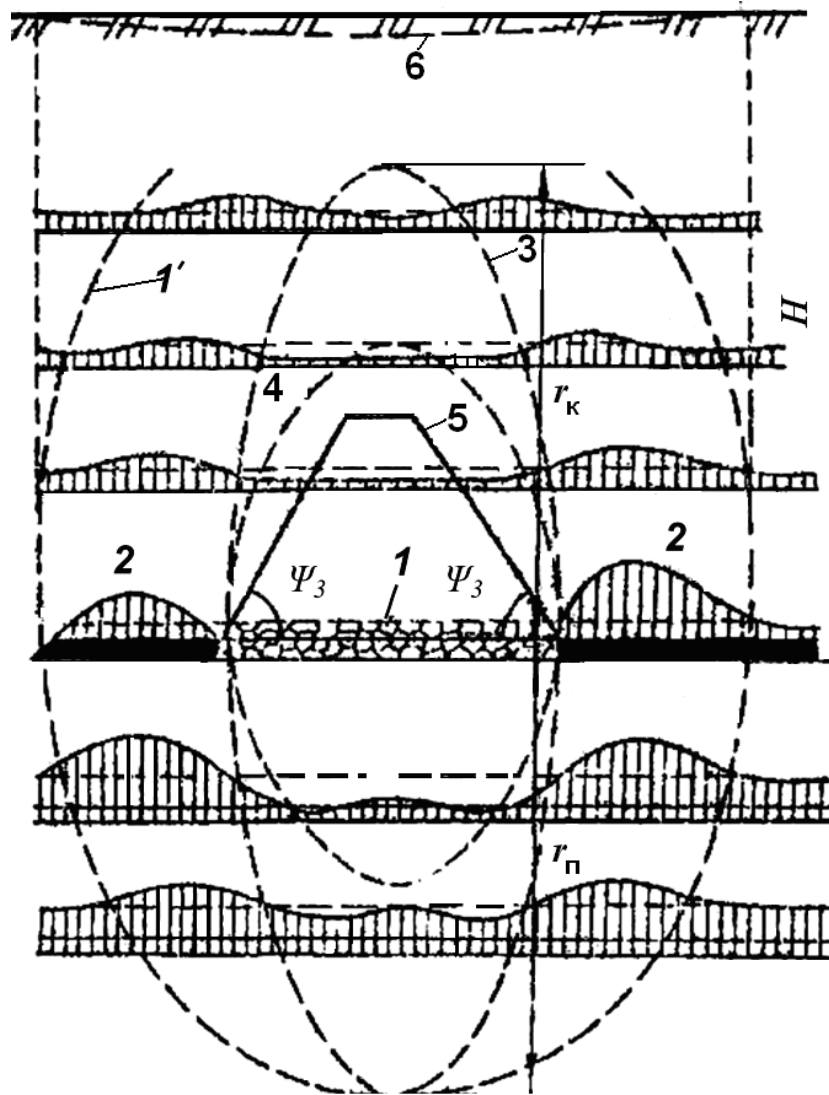


Рис. 1. Зоны сдвижения горных пород вокруг очистной выработки при разработке горизонтального пласта:

1 – зона обрушения; 1' – граница влияния очистной выработки; 2 – зона опорного давления; 3 – граница зоны разгрузки (зоны изгиба); 4 – граница защищенной зоны; 5 – граница зоны равномерных (полных) сдвижений; 6 – мутьда сдвижения на земной поверхности; ψ_3 – угол полных сдвижений; r_k – размер зоны опорного давления в покрывающих r_k – породах; r_n – размер зоны опорного давления в подстилающих породах; H – глубина ведения работ

Процесс сдвижения горных пород начинается с прогиба слоев пород, расположенных непосредственно над выработкой, и обычно сопровождается вывалами из кровли. Развитие сдвижения подработанной толщи происходит в виде последовательного отделения нижележащих слоев от вышележащих и прогиба их по нормали к напластованию подобно балкам или плитам, защемленным по контуру.

По мере увеличения выработанного пространства в движение приходят все новые и новые участки подрабатываемой толщи и при больших размерах его процесс сдвижения толщи пород распространяется до земной поверхности [2].

Часть массива горных пород, в пределах которых происходят деформации, сдвижения и обрушения пород, вызванные перераспределением напряжений в результате ведения очистных работ, называется областью влияния очистной выработки (рис. 1.1). В пределах области влияния в массиве пород выделяют следующие зоны, которые различаются степенью и характером воздействия на них очистной выработки: беспорядочного обрушения; изгиба, в котором выделяется зона разгрузки; опорного давления и полных (равномерных) сдвижений.

Часть массива в области влияния очистной выработки, расположенная над пластом, называется подработанной, а под пластом – надработанной.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Методика расчета параметров сдвижения земной поверхности и массива горных пород при очистной выемке производится согласно «Правилам охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях» [5].

Порядок выполнения работы выглядит следующим образом.

- 1.1. Определение высоты зоны обрушения.
- 1.2. Определение параметров зоны полных сдвижений.
- 1.3. Определение параметров мульды сдвижения.
- 1.4. Определение параметров зоны разгрузки.
- 1.5. Определение параметров зоны опорного давления.

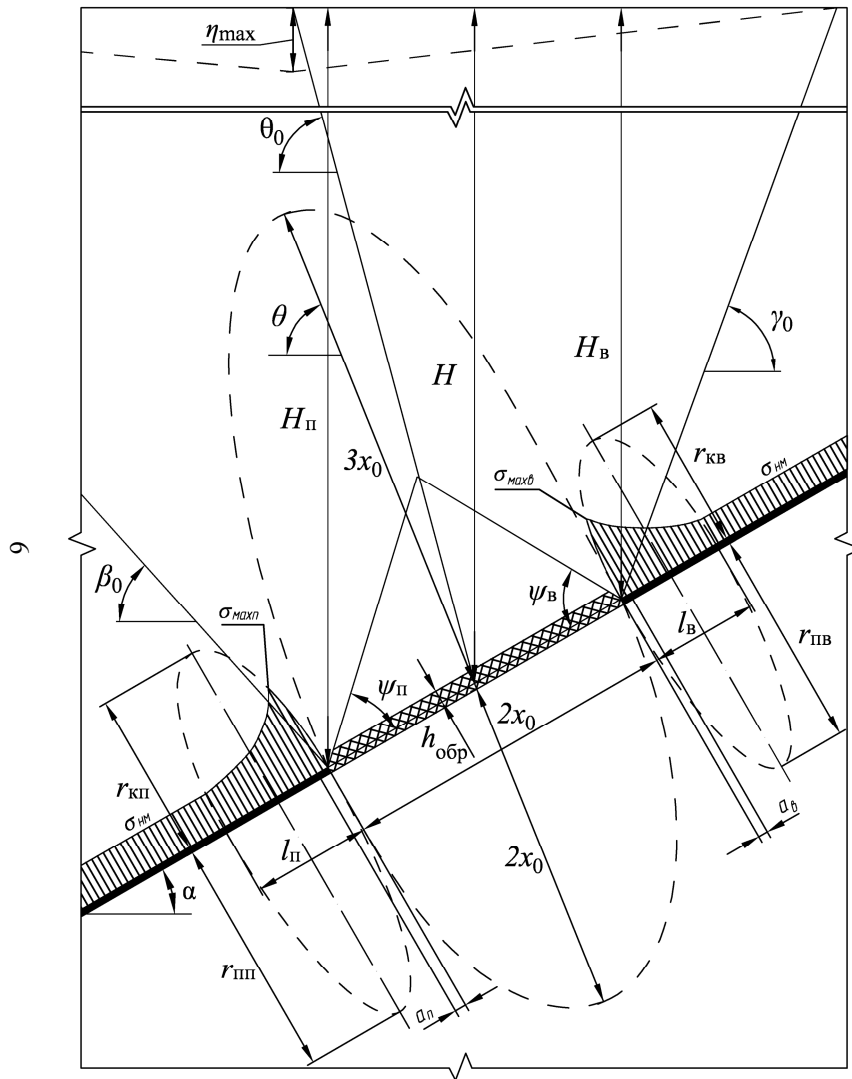


Рис. 1.2. Зоны сдвижения горных пород вокруг очистной выработки при разработке пологого пласта: H_v , H_n , H – глубина ведения работ по падению, восстанию и простиранию соответственно; $h_{обр}$ – высота зоны обрушения; $2x_0$ – размер выработанного пространства; $3x_0$ – размер зоны разгрузки в кровлю; $r_{кв}$ и $r_{кп}$ – размеры зон опорного давления в покрывающих породах; $r_{нв}$ и $r_{нп}$ – размеры зон опорного давления в подстилающих породах; ψ_n и ψ_v – углы полных сдвижений; l_n и l_v – протяженность зон опорного давления по падению и по восстанию соответственно; a_n , a_v – расстояние до максимальных напряжений в зоне опорного давления по падению и восстанию пласта соответственно; θ_{\max_n} , θ_{\max_v} – максимальные напряжения в зоне опорного давления по падению и восстанию пласта соответственно; $\sigma_{н.м}$ – напряжение нетронутого массива; η_{\max} – максимальное оседание земной поверхности; θ – угол наклона оси эллипса разгрузки; θ_0 – угол максимальных оседаний; α – угол падения пласта; ψ_n , ψ_v – углы полных сдвижений по падению и восстанию пласта соответственно; β_0 , γ_0 – граничные углы по падению и восстанию пласта соответственно падению и восстанию пласта

1.6. Расчет расстояния до точки максимума опорного давления.

1.7. Расчет максимальных напряжений в зоне опорного давления.

1.8. Определение коэффициента концентрации напряжений.

1.9. Построение схемы главного сечения мульды сдвижения вкрест простирания и схемы расположения зон обрушения, полных сдвижений, разгрузки и опорного давления.

1.1. Определение высоты зоны обрушения

Зона обрушения характеризуется отделением от массива блоков, слоев и их перемещением в выработанном пространстве с нарушением природного строения массива и связей между блоками. Высота зоны обрушения зависит от соотношения мощности отдельных слоев непосредственной кровли и вынимаемой мощности пласта, а также от других факторов – физико-механических свойств пород, угла падения пласта, системы разработки. Ориентировочно высоту зоны обрушения можно определить по следующей формуле:

$$h_{обр} = \frac{m}{K - 1}, \quad (1.1)$$

где m – мощность пласта; K – коэффициент разрыхления породы. Обычно изменяется в пределах от 1,2 до 1,5.

1.2. Определение параметров зоны полных сдвижений

Зона полных (равномерных) сдвижений образуется в толще массива и на земной поверхности при определенных соотношениях размеров выработки и глубины залегания пласта.

Она характеризуется тем, что породы в ней получили опору на почве вынимаемого пласта. При достаточно большой мощности пласта, на определенной стадии развития сдвижения, породы могут отделиться от остального массива по контуру этой зоны и тогда нагрузки на почву отрабатываемого пласта будут определяться весом пород, попавших в зону полных сдвижений. Слои пород, залегающие выше зоны полных сдвижений, в этом

случае зависнут над выработанным пространством.

Углы полных сдвижений (рис. 1, 2) для условий Кузнецкого бассейна определяются из нижеследующих равенств:

$$\begin{aligned}\psi_n &= 50^\circ - 0,25\alpha \\ \psi_v &= 50^\circ + 0,38\alpha \\ \psi_{np} &= 50^\circ \div 60^\circ \\ \theta_0 &= 90^\circ - 0,5\alpha\end{aligned}\tag{1.2}$$

где – ψ_n , ψ_v , ψ_{np} – соответственно углы полных сдвижений у нижней, верхней и по простиранию границ выработки; α – угол падения пласта; θ_0 – угол максимального оседания.

1.3. Определение параметров мульды сдвижения

Часть земной поверхности, подвергшуюся сдвигению под влиянием горных разработок, называют мульдой сдвижения (рис. 1.3).

Вертикальные сечения мульды по простиранию и вкрест простирания пласта, проходящие через точки с максимальным оседанием земной поверхности, называют главными сечениями мульды сдвижения.

Границы мульды сдвижения определяются граничными углами. Различают граничные углы по простиранию δ_0 , по падению β_0 и по восстанию γ_0 пласта.

При определенном соотношении размеров выработанного пространства и глубины разработки в мульде сдвижения образуется плоское дно, т.е. участок с максимально возможными оседаниями при данной мощности и угле падения пласта [3].

Условия, при которых в мульде сдвижения образуется плоское дно, принято называть полной подработкой земной поверхности. Границы плоского дна определяются углами полных сдвижений ψ_n , ψ_{np} и ψ_v .

При неполной подработке положение точки, имеющей максимальное оседание η_{max} , определяется углом максимальных

оседаний θ_0 .

В условиях неполной подработки максимальное оседание наблюдается в одной точке мульды сдвижения и обозначается η_{\max} .

А при полной подработке значения максимальных оседаний характерны для множества точек плоского дна, они обозначаются η_0 .

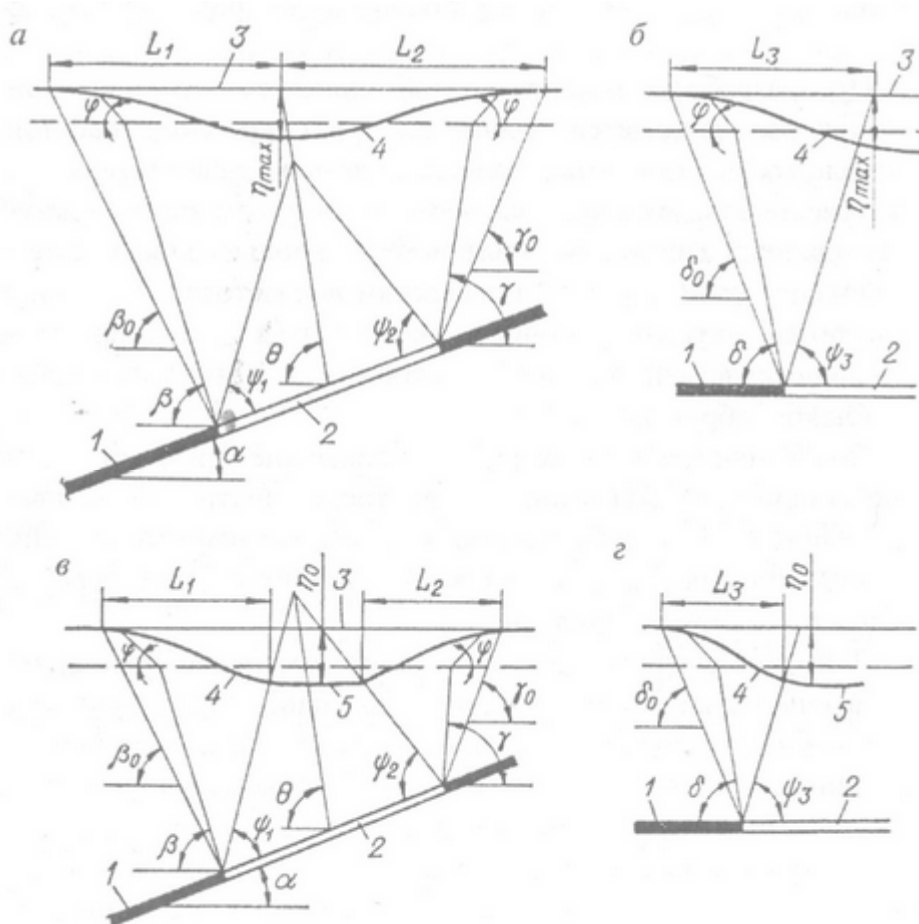


Рис. 1.3. Главные сечения мульды сдвижения вкрест простирания (а, в) и по простиранию (б, г) при неполной (а, б) и полной (в, г) подработке: 1 – полезное ископаемое; 2 – выработанное пространство; 3 – земная поверхность до подработки; 4 – мульда сдвижения; 5 – участок с «плоским дном»

Размеры и местоположение мульды сдвижения определяются граничными углами δ_0 , β_0 , γ_0 , углами полных сдвижений ψ_n , ψ_v , ψ_{np} , углом максимального оседания θ_0 . Для Кузбасса, при угле залегания пласта $\alpha < 55^\circ$, они равны:

$$\delta_0 = 70^\circ \quad \beta_0 = 75^\circ - 0,9\alpha, \quad \gamma_0 = 70^\circ, \quad \theta_0 = 90^\circ - 0,5\alpha. \quad (1.3)$$

Для определения значения максимального оседания для условий первичной подработки толщи пород используют формулу

$$\eta_{\max} = g \cdot m \cdot \cos \alpha. \quad (1.4)$$

где $g = g_0 \cdot t_1 \cdot t_2$; m – нормальная мощность пласта; m – относительное максимальное оседание (для Кузбасса оно равно 0,8–0,85); t_1, t_2 – коэффициенты, учитывающие влияние размеров выработки и глубины разработки, определяемые по табл. 1.1.

Коэффициенты t_1 и t_2 определяются по формулам:

$$t_1 = 0,9 \left(\frac{2x_0}{H} - a_n \right) \quad t_2 = 0,9 \left(\frac{2L}{H} - a_n \right), \quad (1.5)$$

где $2x_0$ – размер очистной выработки по падению; $2L$ – размер очистной выработки по простиранию [5].

Для определения t_1 и t_2 по табл. 1.1, сначала рассчитывают коэффициенты $N_1 = \frac{2x_0}{H}$ и $N_2 = \frac{2L}{H}$.

Таблица 1.1

Значения коэффициентов t_1 и t_2

N_1 и N_2									
$\geq 1,6$	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	$0,3 \leq$
1,0	0,92	0,85	0,78	0,69	0,65	0,60	0,55	0,49	0,43

1.4. Определение параметров зоны разгрузки

Зоной разгрузки (зоной изгиба) называется часть области влияния очистной выработки, в пределах которой напряжения, действующие перпендикулярно напластованию, меньше соответствующих напряжений в нетронутом массиве. Кривая, оконтуривающая зону разгрузки, при небольших пролетах близка к двум полуэллипсам, общая малая ось которых равна ширине выработанного пространства. Полуось вверх равна $1,5 \times 2x_0$, ($2x_0$

– ширина выработанного пространства на разрезе вкрест простирания), а полуось вниз – $2x_0$ (рис. 1.2). Следует отметить, что размеры полуосей эллипса разгрузки зависят от прочности пород. Приведенные зависимости являются ориентировочными.

Неодинаковая длина больших полуосей разгрузки объясняется тем, что в породы почвы разгрузка распространяется на меньшую величину, чем в породы кровли, благодаря действию собственного веса надработанных пород, располагающихся в пределах зоны разгрузки. В случае негоризонтального залегания пластов наклон большой оси эллипса разгрузки определяется углом θ , значение которого находится в зависимости от угла падения пластов (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Значение угла θ

α	10	20	30	40	50	60	70	80
θ	82	74	68	59	50	42	30	21

1.5. Определение параметров зоны опорного давления

Зоной опорного давления называется часть массива пород в пределах области влияния очистной выработки, в которой напряжение больше, чем в нетронутом массиве. Опорное давление возникает в результате зависания слоев горных пород над выработкой и передачи части веса зависших слоев на неподработанный массив. Целики угля, окружающие очистную выработку, и толща пород, залегающая над этими целиками и под целиками, оказываются в условиях опорного давления, в результате которого пласт и слои пород сжимаются. Величина давления уменьшается с удалением от разрабатываемого пласта в сторону его кровли и почвы. В результате сжатия пород в зоне опорного давления происходит оседание соответствующих участков земной поверхности. Протяженность зоны опорного давления зависит от глубины разработки, размеров выработки, мощности и угла падения пласта и от других факторов. Положение точки максимума опорного давления (a_i) по отношению к кромке угольного массива на разрабатываемом

пласте при существующих глубинах прослеживается на расстояниях до пяти – шести мощностей пласта [2, 4].

Ориентировочно протяженность зон опорного давления в плоскости разрабатываемого пласта соответственно в направлении падения, восстания и простирания от границ очистных работ в сторону массива может быть определена из выражений:

$$\begin{aligned}
 l_n &= E \cdot H_n \cdot \operatorname{ctg} \delta_0 \cdot \cos \alpha \text{ при } \alpha \leq 60^\circ \\
 l_n &= E \cdot H_n \cdot \operatorname{ctg} \delta_0 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \text{ при } \alpha \geq 60^\circ, \\
 l_v &= E \cdot H_v \cdot \operatorname{ctg} \delta_0 \cdot \cos \alpha \text{ при } \alpha \leq 60^\circ, \\
 l_v &= E \cdot H_v \cdot \operatorname{ctg} \delta_0 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \text{ при } \alpha > 60^\circ, \\
 l_{np} &= E \cdot H_{cp} \cdot \operatorname{ctg} \delta_0, \\
 H_n &= H + \Delta H, \\
 H_v &= H - \Delta H, \\
 \Delta H &= \delta_0 \sin \alpha
 \end{aligned} \tag{1.6}$$

где l_n , l_v , l_{np} – протяженность зон опорного давления соответственно по падению, восстанию и простиранию; H_n , H_v , H_{cp} – глубина горных работ соответственно до нижней, верхней границ выработанного пространства и его середины; δ_0 – граничный угол; α – угол падения; x_0 – половина величины выработанного пространства по падению; E – коэффициент, зависящий от глубины разработки, значения которого приведены ниже.

Таблица 1.3

Значение коэффициента E

Глубина, м	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
E	0,93	0,79	0,71	0,64	0,57	0,52	0,48	0,45	0,43

Для шахт Кузбасса $\delta_0 = 70^\circ$ в неподроботанной и $\delta_0 = 65^\circ$ в подроботанной толще пород.

Максимальный размер зоны опорного давления r_k , в

покрывающих породах при $\alpha = 0^\circ$ приближенно равен:

$$r_i = 1,6l_i, \quad (1.7)$$

а при $\alpha > 0^\circ$:

$$r_{ki} = 1,6 \cdot l_i \cdot \cos \alpha, \quad (1.8)$$

где l_i – протяженность зоны опорного давления в соответствующем направлении.

Размер зоны опорного давления в подстилающих породах r_n определяется по формуле:

$$r_{ni} = r_{ki} \cdot p \quad (1.9)$$

где значение коэффициента p определяется из табл. 4 в зависимости от отношений:

$$\frac{\eta_{\max}}{l_i} \text{ и } \frac{r_k}{l_i}, \quad (1.10)$$

где η_{\max} – максимальное оседание земной поверхности над границей выработанного пространства; l_i – протяженность зоны опорного давления в соответствующих направлениях.

Таблица 1.4

Значения коэффициента p

r_{ki}/l_i	Значение $\eta_{\max}/l_i \times 10^3$								
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	4,0	6,0	8,0
1	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,45	1,8	2,0	2,0
2	-	0,5	0,7	0,8	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0

1.6. Расчет расстояния до точки максимума опорного давления

Определение расстояния до точки максимума опорного давления a_i производится в несколько этапов.

Сначала вычисляется приведенная глубина разработки H_{np} по формуле:

$$H_{npi} = \left(1 - \frac{1}{2} \times \frac{2x_0}{2L}\right) H_i, \quad (1.11)$$

где $2x_0$ – размер выработанного пространства по падению (длина очистного забоя), м; при разработке щитовой системой $2x_0$ – наклонная длина щитового столба между вентиляционным и первым параллельным штреками, м; $2L$ – отработанная длина выемочного столба по простиранию (при системе разработки длинными столбами по простиранию) и отработанная длина выемочного поля при щитовой системе разработки, м; H_i – соответствующая глубина ведения горных работ, м.

Определяется безразмерный параметр D по формуле

$$D = \frac{\sigma_{сж}}{\gamma H_{np}} \times \frac{2x_0}{2h}, \quad (1.12)$$

где $\sigma_{сж}$ – прочность угля на сжатие, Па; $2h = m$ – нормальная мощность разрабатываемого пласта, м.

Находится параметр сдвижения g из выражения:

$$g = \frac{x_0}{H_{np} \operatorname{ctg} \psi_3}, \quad (1.13)$$

где x_0 – половина длины очистного забоя, м.

Если найденное значение $g > 1$, то принимается $g = 1$. При $g = 0$ зона обрушения пород кровли отсутствует.

По вычисленным значениям D и g из табл. 1.5 определяется безразмерный параметр δ .

Таблица 1.5

Значение параметра δ

g	Значение δ при $D = \frac{\sigma_{сж}}{\gamma H_{np}} \times \frac{2x_0}{2h}$, и соответствующем g							
	5	20	40	60	100	160	240	340
$g = 0$	0,4225	0,1655	0,1050	0,0764	0,0571	0,0384	0,0299	0,0225
$g = 0,25$	-	0,1530	0,0965	0,0741	0,0526	-	0,0288	0,0235
$g = 0,5$	-	0,1420	0,0893	0,0684	0,0482	0,0352	0,0267	0,0214
$g = 0,75$	-	0,129	0,0822	0,0627	0,0449	-	0,0246	0,0194
$g = 1$	-	-	-	-	0,0373	0,0267	0,0325	0,0173

Найдя указанные выше параметры D , g и δ , величину a_i определяют по следующим формулам:

$$\begin{aligned} a_i &= x_0 \delta_i, \text{ м при } g < 1, \\ a_i &= \delta_i H_{npi} ctg(\psi_i), \text{ м при } g = 1. \end{aligned} \quad (1.14)$$

1.7. Расчет максимальных напряжений в зоне опорного давления

Напряжение в точке максимума опорного давления составит:

$$\sigma_{\max i} = \gamma H_i D_i \delta_i - \sigma_{сж} d, \text{ кг/м}^2, \quad (1.15)$$

где напряжение на спайке $d = \pi/2$.

1.8. Расчет коэффициента концентрации напряжений

Коэффициент концентрации напряжений в точке σ_{\max} , будет

$$\xi_i = \frac{\sigma_{\max i}}{\gamma H_i} \text{ при } \alpha=0; \quad \xi_i = \frac{\sigma_{\max i}}{\gamma H_i (\lambda \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)} \text{ при } \alpha>0, \quad (1.16)$$

где H_i – глубина ведения горных работ соответственно до нижней и верхней границ выработанного пространства, м; λ – коэффициент бокового отпора, зависящий от μ – коэффициента Пуассона, равный

$$\lambda = \frac{\mu}{1 - \mu}. \quad (1.17)$$

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Определение заданных условий для варианта 25

Определяем заданные условия из табл. 6.

1. Мощность пласта, м – $m = 6$.
2. Угол падения, град. – $\alpha = 30$.

3. Глубина разработки, м – $H = 650$.
4. Прочность угля, Па – $\sigma_{сж} = 3,1 \cdot 10^6$.
5. Плотность пород, кг/м³ – $\gamma = 4500$.
6. Коэффициент Пуассона – $\mu = 0,4$.
7. Размер выработанного пространства по простиранию, м – $2L = 1900$.
8. Размер выработанного пространства по падению, м – $2x_0 = 325$.

1.1. Определение высоты зоны обрушения

Рассчитываем ориентировочную высоту зоны обрушения по формуле (1.1), используя данные по Кузбассу для коэффициента разрыхления пород $K = 1,5$ и исходные данные для своего варианта:

$$h_{обр} = \frac{6}{1,5 - 1} = 12, \text{ м}$$

1.2. Определение параметров зоны полных сдвижений

Углы полных сдвижений у нижней, верхней и по простиранию границ выработки рассчитываем по формулам (1.2), с учетом того, что угол падения пласта равен 30° .

Угол полных сдвижений по падению:

$$\psi_n = 50^\circ - 0,25 \cdot 30^\circ = 43^\circ.$$

Угол полных сдвижений по восстанию:

$$\psi_v = 50^\circ + 0,38 \cdot 30^\circ = 61^\circ.$$

Угол полных сдвижений по простиранию выбираем равным:

$$\psi_{np} = 60^\circ.$$

Угол наклона большой полуоси эллипса зоны полных сдвижений определяем по табл. 1.2. При промежуточных значениях θ определяется интерполяцией. В нашем варианте $\alpha = 30^\circ$, он будет равен:

$$\theta = 68^\circ.$$

Угол максимальных оседаний θ_0 определяем по формуле (1.2):

$$\theta_0 = 90^\circ - 0,5 \cdot 30^\circ = 75^\circ.$$

1.3. Определение параметров мульды сдвижения

Для определения размера и местоположения мульды сдвижения сначала по формулам (1.2) определяем граничные углы, а значения углов полных сдвижений ψ_n , ψ_e , ψ_{np} и угла максимального оседания θ_0 мы определили ранее. Тогда:

$$\begin{aligned} \delta_0 &= 70^\circ & \gamma_0 &= 70^\circ, & \psi_n &= 43^\circ, \\ \beta_0 &= 75^\circ - 0,9 \cdot 30^\circ = 48^\circ, & \theta &= 68^\circ, & \psi_e &= 61^\circ, \\ & & \theta_0 &= 75^\circ, & \psi_{np} &= 60^\circ. \end{aligned}$$

Затем рассчитываем значения коэффициентов N_1 и N_2 по формулам (1.5):

$$N_1 = \frac{325}{650} = 0,5 \quad \text{и} \quad N_2 = \frac{1900}{650} = 2,9.$$

Далее по табл. 1.1 определяем значения коэффициентов t_1 и t_2 :

$$t_1 = 0,55 \quad \text{и} \quad t_2 = 1.$$

Подставив рассчитанные значения коэффициентов t_1 и t_2 , значение относительного максимального оседания $g_0 = 0,85$, размер мощности пласта $m = 6$ м и значение $\cos \alpha = 0,866$ в формулу (1.4), рассчитываем максимальное оседание земной поверхности:

$$\eta_{\max} = 0,85 \cdot 6 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 0,866 = 2,43 \text{ (м)}.$$

1.4. Определение параметров зоны разгрузки

В случае негоризонтального залегания пластов наклон

большой оси эллипса разгрузки определяется углом θ , значение которого находится в зависимости от угла падения пластов (табл. 1.2). Значение угла θ находим по табл. 1.2 методом интерполяции, так как $\alpha = 30^\circ$. Тогда:

$$\theta = 68^\circ.$$

Полуось эллипса зоны разгрузки вверх равна $1,5 \times 2x_0$ (ширина выработанного пространства на разрезе вкрест простирания – $2x_0 = 325$ м), а полуось вниз – $2x_0$, т.е. вверх – 487,5 м и вниз – 325 м.

1.5. Определение параметров зоны опорного давления

Протяженность зон опорного давления в плоскости разрабатываемого пласта соответственно в направлении падения, восстания и простирания от границ очистных работ в сторону массива при угле падения пласта менее 60° определяются из выражений (формулы 1.6):

$$l_n = E_n H_n \operatorname{ctg} \delta_0 \cdot \cos \alpha \quad \text{при } \alpha \leq 60^\circ,$$

$$l_g = E_g H_g \operatorname{ctg} \delta_0 \cdot \cos \alpha \quad \text{при } \alpha \leq 60^\circ,$$

$$l_{np} = E_{np} H_{np} \operatorname{ctg} \delta_0$$

Для определения размеров зоны опорного давления сначала необходимо рассчитать глубину ведения работ по падению H_n и восстанию H_g . Для этого предварительно рассчитываем значение (формулы 1.6):

$$\Delta H = 0,5 \cdot 162,5 = 81,25, \text{ м.}$$

Далее определяем глубину ведения работ по падению H_n и по восстанию H_g :

$$H_n = 650 + 81,25 = 731,25, \text{ м}$$

$$H_g = 650 - 81,25 = 568,75, \text{ м.}$$

Используя найденные значения глубины ведения работ по падению, по восстанию и простиранию, определяем значения

коэффициентов E_n , E_e и E_{np} , зависящие от глубины разработки. Их значения определяем интерполяцией по табл. 1.3:

$$\begin{aligned} E_n &= 0,5075, \\ E_e &= 0,5919, \\ E_{np} &= 0,545. \end{aligned}$$

Далее определяем $ctg\delta_0$, где $\delta_0 = 70^\circ$ (для неподработанной толщи пород):

$$ctg\delta_0 = 0,36.$$

Теперь рассчитываем протяженность зон опорного давления по падению, восстанию и простиранию по формулам (1.6):

$$\begin{aligned} l_n &= 0,5075 \cdot 731,25 \cdot 0,36 \cdot 0,866 = 115,7 \text{ (м)}, \\ l_e &= 0,5919 \cdot 568,75 \cdot 0,36 \cdot 0,866 = 104,95 \text{ (м)}, \\ l_{np} &= 0,545 \cdot 650 \cdot 0,36 = 127,53 \text{ (м)}. \end{aligned}$$

Для расчета размеров зоны опорного давления в кровлю по падению r_{kn} и по восстанию $r_{кв}$ используем формулы (1.8), подставив рассчитанные ранее l_n и l_e :

$$\begin{aligned} r_{kn} &= 1,6 \cdot 115,7 \cdot 0,866 = 160,31 \text{ (м)}, \\ r_{кв} &= 1,6 \cdot 104,95 \cdot 0,866 = 145,42 \text{ (м)}. \end{aligned}$$

Для расчета размеров зоны опорного давления в почву по падению r_{nn} и по восстанию r_{ne} необходимо сначала определить коэффициенты p_n и p_e по табл. 1.4, предварительно рассчитав отношения по формулам (1.10):

$$\begin{aligned} \frac{\eta_{\max}}{l_n} &= \frac{2,43}{115,7} = 0,021, \\ \frac{\eta_{\max}}{l_e} &= \frac{2,43}{104,95} = 0,023, \\ \frac{r_{kn}}{l_n} &= \frac{160,31}{115,7} = 1,386, \end{aligned}$$

$$\frac{r_{кв}}{l_г} = \frac{145,42}{104,95} = 1,386.$$

Далее интерполяцией определяем параметры p_n и $p_в$ из табл. 1.4. Они равны

$$p_n = 1,45,$$

$$p_в = 1,45.$$

Теперь рассчитываем по формулам (1.9) размеры зоны опорного давления в почву по падению r_{nn} и в почву по восстанию r_{nv} :

$$r_{nn} = 1,45 \cdot 160,31 = 232,45 \text{ (м)},$$

$$r_{nv} = 1,45 \cdot 145,42 = 210,86 \text{ (м)}.$$

1.6. Расчет расстояния до точки максимума опорного давления

Сначала вычисляется приведенная глубина разработки по падению H_{nnp} , по восстанию $H_{вnp}$ и по простиранию H_{npnp} по формуле (1.11):

$$H_{nnp} = \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{325}{900}\right) \cdot 731,25 = 669,1 \text{ (м)},$$

$$H_{вnp} = \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{325}{1900}\right) \cdot 568,75 = 520,4 \text{ (м)},$$

$$H_{npnp} = \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{325}{1900}\right) \cdot 650,0 = 594,75 \text{ (м)}.$$

Далее определяются безразмерные параметры D_n , $D_в$ и D_{np} по формуле (1.12):

$$D_n = \frac{3,1 \cdot 10^6}{4,5 \cdot 10^3 \cdot 669,1} \cdot \frac{325}{6} = 56,$$

$$D_{\epsilon} = \frac{3,1 \cdot 10^6}{4,5 \cdot 10^3 \cdot 520,4} \cdot \frac{325}{6} = 72,$$

$$D_{np} = \frac{3,1 \cdot 10^6}{4,5 \cdot 10^3 \cdot 594,755} \cdot \frac{325}{6} = 63$$

Затем определяем параметры сдвижения по падению g_n , по восстанию g_{ϵ} и по простиранию g_{np} по формуле (1.13) при $\text{ctg } 60^{\circ} = 0,57$:

$$g_n = \frac{162,5}{0,57 \cdot 669,1} = 0,43,$$

$$g_{\epsilon} = \frac{162,5}{0,57 \cdot 520,4} = 0,55,$$

$$g_{np} = \frac{162,5}{0,57 \cdot 594,75} = 0,48.$$

По вычисленным значениям D_n , D_{ϵ} , D_{np} , g_n , g_{ϵ} и g_{np} интерполяцией определяем безразмерные параметры δ_n , δ_{ϵ} и δ_{np} по табл. 1.5. Они равны:

$$\delta_n = 0,069,$$

$$\delta_{\epsilon} = 0,058,$$

$$\delta_{np} = 0,068.$$

Теперь вычисляем расстояния до точек максимума опорного давления по падению a_n , по восстанию a_{ϵ} и по простиранию a_{np} по формулам (1.14), при условии, что значения g_n , g_{ϵ} и g_{np} принимаем равными 1. Тогда:

$$a_n = 162,5 \cdot 0,069 = 11,21 \text{ (м)},$$

$$a_{\epsilon} = 162,5 \cdot 0,058 = 9,43 \text{ (м)},$$

$$a_{np} = 162,5 \cdot 0,068 = 11,05 \text{ (м)}.$$

1.7. Расчет максимальных напряжений в зоне опорного давления

Для того чтобы рассчитать максимальные напряжения в зоне опорного давления по падению, восстанию и простиранию, воспользуемся формулой (1.15). Подставим числовые значения всех величин и $d = \pi/2 = 3,14/2 = 1,57$, получим:

$$\sigma_{\max_n} = 4,5 \cdot 10^3 \cdot 731,25 \cdot 56 \cdot 0,069 - 3,1 \cdot 10^6 \cdot 1,57 = 7,85 \cdot 10^6 \text{ (Па)},$$

$$\sigma_{\max_e} = 4,5 \cdot 10^3 \cdot 568,75 \cdot 72 \cdot 0,058 - 3,1 \cdot 10^6 \cdot 1,57 = 7 \cdot 10^6 \text{ (Па)},$$

$$\sigma_{\max_{np}} = 4,5 \cdot 10^3 \cdot 650 \cdot 63 \cdot 0,068 - 3,1 \cdot 10^6 \cdot 1,57 = 7,66 \cdot 10^6 \text{ (Па)}.$$

1.8. Определение коэффициента концентрации напряжений

Расчет коэффициентов концентрации напряжений в точках максимумов опорного давления будем проводить по формулам (1.16), предварительно рассчитав коэффициент бокового отпора λ по формуле (1.17):

$$\lambda = \frac{0,4}{1 - 0,4} = 0,67.$$

Тогда коэффициенты концентрации напряжений по падению ξ_n , по восстанию ξ_e и по простиранию ξ_{np} пласта равны:

$$\xi_n = \frac{7,85 \cdot 10^6}{4,5 \cdot 10^3 \cdot 731,25 \cdot (0,67 \cdot 0,25 + 0,75)} = 2,6,$$

$$\xi_e = \frac{7,0 \cdot 10^6}{4,5 \cdot 10^3 \cdot 568,75 \cdot (0,67 \cdot 0,25 + 0,75)} = 2,98,$$

$$\xi_{np} = \frac{7,66 \cdot 10^6}{4,5 \cdot 10^3 \cdot 650 \cdot (0,67 \cdot 0,25 + 0,75)} = 2,86.$$

1.9. Построение схемы главного сечения мульды сдвижения вкост простирания и расположения зон обрушения, полных сдвижений, разгрузки и опорного давления

Выбираем масштаб (1 : 5000) и проводим линию,

обозначающую земную поверхность. От ее середины перпендикулярно вниз проводим центральную ось, на которой откладываем значение глубины ведения работ $H = 650$ м. На этой глубине под углом $\alpha = 30^\circ$ изображаем угольный пласт. Затем из точки пересечения оси с пластом влево и вправо откладываем половину размера выработанного пространства по падению пласта $x_0 = 162,5$ м. Далее откладываем углы полных сдвижений $\psi_n = 43^\circ$ и $\psi_e = 61^\circ$ и оконтуриваем зону полных сдвижений, проведя линии под этими углами до их пересечения. Затем из точек, где заканчивается выработанное пространство, по падению и восстанию пласта соответственно под углами $\beta_0 = 48^\circ$ и $\gamma_0 = 70^\circ$ проводим линии до пересечения их с обозначенной земной поверхностью. Для построения η_{\max} в точку пересечения центральной оси с изображением угольного пласта проводим перпендикуляр и от него откладываем угол $\theta_0 = 75^\circ$. Затем, под углом θ_0 проводим линию до пересечения с изображением земной поверхности. Из этой точки пересечения опускаем перпендикуляр и на нем, согласно масштабу, откладываем значение $\eta_{\max} = 2,43$ м. Из конца отрезка η_{\max} проводим линии, соединяющие точки пересечения изображения земной поверхности и линиями, оконтуривающими зону разгрузки.

Далее изображаем зону опорного давления. Для этого из точек, где заканчивается выработанное пространство по падению и по восстанию пласта (зона обрушения), откладываем размеры зон опорного давления $l_n = 115,7$ м и $l_e = 104,95$ м. Затем к серединам зон опорного давления по падению и по восстанию пласта проводим перпендикуляры и на них откладываем размеры $r_{kn} = 160,31$ м и $r_{ke} = 145,42$ м в кровлю и размеры $r_{nn} = 232,45$ м и $r_{ne} = 210,86$ м в почву пласта. По полученным точкам строим эллипсы по падению и по восстанию пласта (этим мы полностью обозначили зоны опорного давления).

Для обозначения зоны разгрузки в точку пересечения центральной оси с изображением угольного пласта проводим перпендикуляр в кровлю и в почву пласта и от него откладываем угол $\theta = 68^\circ$. На перпендикуляре в кровлю откладываем расстояние $1,5 \cdot 2x_0 = 487,5$ м, а в почву – $2x_0 = 325$ м. Затем

пунктиром по отмеченным точкам оконтуриваем зону разгрузки.

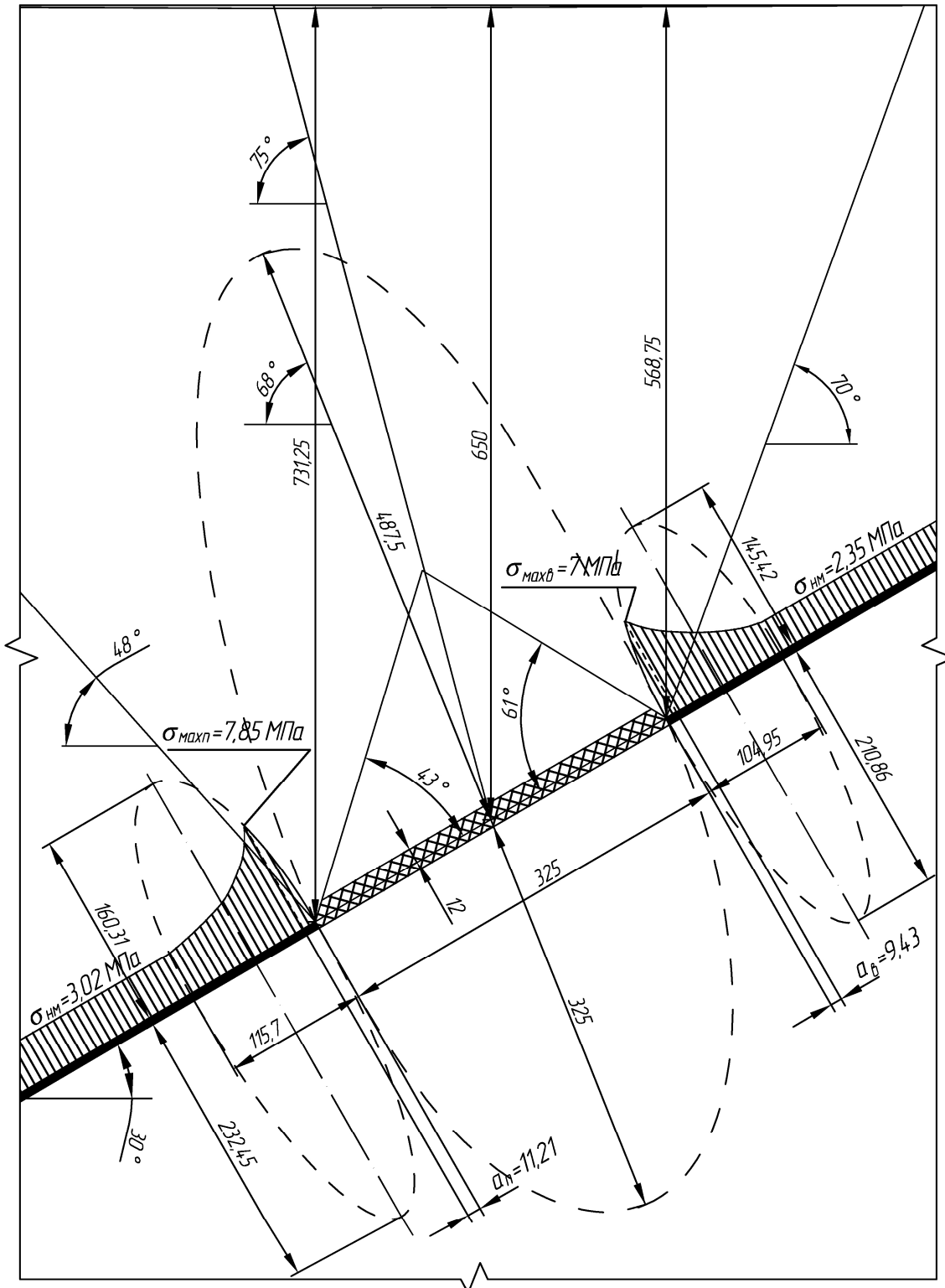


Рис. 1.4. Схема главного сечения мутьды сдвижения вкрест простирания и расположения зон обрушения, полных сдвижений, разгрузки и опорного давления

Таким образом, мы построили (рис. 1.4) схему главного сечения мульды сдвижения вкрест простирания и схемы расположения зон обрушения, полных сдвижений, разгрузки и опорного давления.

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимают под областью влияния очистной выработки?
2. Что понимают под характером сдвижения горных пород?
3. Какие зоны выделяют в области влияния очистной выработки?
4. Что называют зоной опорного давления и почему она образуется?
5. Что понимают под зоной разгрузки?
6. Что понимают под зоной полных сдвижений и как она определяется?
7. От каких факторов зависят параметры зоны опорного давления?

Таблица 6

Варианты заданий

Вариант <i>n</i>	Мощность пласта <i>m</i> , м	Угол падения α , град	Глубина разработки <i>H</i> , м	Прочность угля $\sigma_{сж}$ 10^6 , Па	Плотность пород γ , 10^3 кг/м ³	Коэффициент Пуассона, μ	Размеры выработанного пространства	
							по простиранию $2L$	по падению $2x_0$
1	1,2	6	410	0,7	2,02	0,16	1420	205
2	1,4	7	420	0,8	2,04	0,17	1440	210
3	1,6	8	430	0,9	2,06	0,18	1460	215
4	1,8	9	440	1,0	2,08	0,19	1480	220
5	2,0	10	450	1,1	2,10	0,20	1500	225
6	2,2	11	460	1,2	2,12	0,21	1520	230
7	2,4	12	470	1,3	2,14	0,22	1540	235
8	2,6	13	480	1,4	2,16	0,23	1560	240
9	2,8	14	490	1,5	2,18	0,24	1580	245
10	3,0	15	500	1,6	2,20	0,25	1600	250
11	3,2	16	510	1,7	2,22	0,26	1620	255
12	3,4	17	520	1,8	2,24	0,27	1640	260
13	3,6	18	530	1,9	2,26	0,28	1660	265
14	3,8	19	540	2,0	2,28	0,29	1680	270
15	4,0	20	550	2,1	2,30	0,30	1700	275
16	4,2	21	560	2,2	2,32	0,31	1720	280
17	4,4	22	570	2,3	2,34	0,32	1740	285
18	4,6	23	580	2,4	2,36	0,33	1760	290
19	4,8	24	590	2,5	2,38	0,34	1780	295
20	5,0	25	600	2,6	2,40	0,35	1800	300
21	5,2	26	610	2,7	2,42	0,36	1820	305
22	5,4	27	620	2,8	2,44	0,37	1840	310
23	5,6	28	630	2,9	2,46	0,38	1860	315
n	1+0,2n	5+n	400+10n	0,6+0,1n	2+0,02n	0,15+0,01n	1400+20n	200+5n

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

ПОСТРОЕНИЕ ГРАНИЦ ЗАЩИЩЕННЫХ ЗОН И ПОВЫШЕННОГО ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Цель работы – изучение методики построения границ защитного действия опережающей отработки защитных пластов при разработке свит угольных пластов, включающих пласты, склонные к газодинамическим явлениям.

Теоретические положения

Защитная выемка, т. е. первоочередная разработка одного из пластов в свите, применяется как региональный способ предотвращения горных ударов, внезапных выбросов породы, угля и газа, а также локальной защиты от большого горного давления ответственных горных выработок. При этом в качестве защитного используется разработка неопасного по горным ударам или внезапным выбросам угля и газа пласта.

Защищенная зона – часть зоны разгрузки, в пределах которой не происходит динамических явлений и не отмечается других вредных последствий горного давления при разработке ударо- и выбросоопасного защищаемого пласта.

Сущность защитного действия заключается в снижении напряжений и дегазации, а также в изменении свойств угля подрабатываемых и надрабатываемых пластов, деформирующихся в сторону выработанного пространства за счет сил упругого восстановления, а при подработке еще и за счет гравитационных сил [6].

Мировой опыт разработки опасных пластов показал, что в пределах защищенных зон не происходит опасных явлений, что позволяет вести отработку выбросо- и удароопасных пластов без специальных мероприятий. Отсюда ясна необходимость правильного расчета границ защитного действия и построения их на разрезах по простиранию и вкрест простирания пластов.

Эффективность защитного действия пласта зависит от расстояния между опасным и защитным пластом, величины опережения очистных работ на защитном пласте, угла падения пластов, мощности защитного пласта, расположения защитного

пласта по отношению к опасному (в кровле или почве), состава пород междупластья, размеров выработанного пространства на защитном пласте, напряженного состояния нетронутого массива горных пород.

При значительном опережении работ на защитном пласте напряжения на защищаемых пластах могут восстановиться до первоначальных значений, а при малом опережении работы на защищаемых пластах могут попасть в зону влияния опорного давления, формирующуюся впереди забоя на защитном пласте. Поэтому регламентируются как максимальное, так и минимальное возможное опережение горных работ на пластах в свите. Эффективность защиты зависит от фактора времени. Пласты в свите могут разрабатываться в нисходящем, восходящем и комбинированном порядке (рис. 2.1).

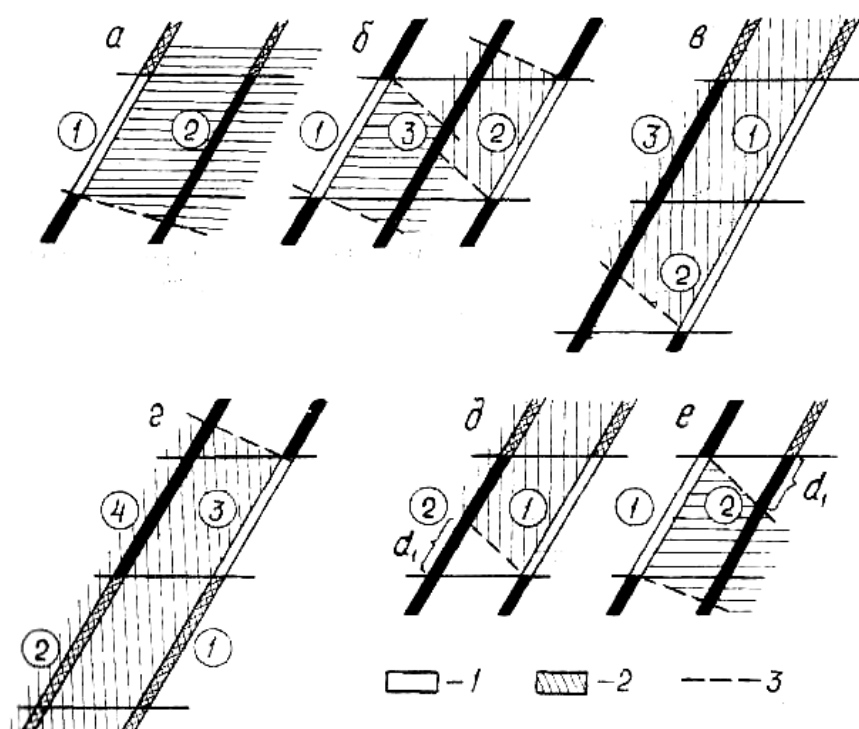


Рис. 2.1. Основные схемы использования защитных пластов: 1 – очистная выработка на защитном пласте; 2 – выработанное пространство на отработанных горизонтах; 3 – границы защиты; d_1 – незащищенный участок (цифры в кружках показывают порядок отработки пластов и этажей)

Защита склонного к выбросам угля и газа и горным ударам пласта в пределах всего этажа обеспечивается в следующих условиях:

- надработкой при условии, что защитный пласт отработан и на вышележащем горизонте (рис. 2.1, а); двойной защитой (рис. 2.1, б);
- подработкой при условии, что защитный пласт отрабатывается с опережением на один и более этажей (рис. 2.1, в);
- восходящим порядком отработки этажей и пластов (рис. 2.1, г).

В остальных случаях защита опасного пласта на всю высоту этажа не обеспечивается (рис. 2.1, д, е). Участки а) характеризуются повышенной опасностью по внезапным выбросам и горным ударам, в особенности в ситуации, показанной на рис. 2.1, д, при подработке защитными пластами.

Отработка защитного пласта должна производиться без оставления целиков в выработанном пространстве [6].

Под целиком понимается часть угольного массива, наименьший размер которой не превышает $2l$, где l – протяженность зоны опорного давления.

Методика построения границ защищенных зон (по ВНИМИ)

Для построения границ защищенных зон необходимы следующие исходные данные:

- глубина разработки защитного пласта;
- вынимаемая мощность защитного пласта;
- принятый способ управления кровлей на защитном пласте;
- процентное содержание песчаников в составе междупластья;
- размеры выработки защитного пласта.

Построение защищенных зон осуществляется в соответствии со схемами, представленными на рис. 2.2 и 2.3 и табл. 2.1, 2.2 и 2.3.

Выполнение работы производится следующим образом

2.1. Определение минимально допустимой мощности междупластья.

2.2. Определение эффективной мощности $m_{эф}$.

2.3. Определение критической мощности m_0 защитного пласта.

2.4. Определение коэффициентов β_1 и β_2 .

2.5. Определение размеров защищенной зоны в кровлю S_1 и в почву S_2 .

2.6. Определение размеров области восстановления опасных нагрузок (зона 5).

2.7. Определение величин допустимых опережений.

2.8. Построение схемы к определению границ защищенных зон на разрезе вкрест простирания при ведении очистных работ без целиков угля под вентиляционным горизонтом.

Построение границ защищенных зон и повышенного горного давления производится согласно «Инструкции по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих пласты, склонные к горным ударам» [8].

Расчет проводится для варианта 1б. Исходные данные определяем из табл. 2.4:

- глубина разработки защитного пласта H , м – 800;
- вынимаемая мощность защитного пласта m , м – 2;
- угол падения пласта α , град. – 30;
- количество пластов n , – 5;
- расстояние между пластами, начиная от верхнего h_1, h_2, h_3, h_4 , м – 10, 40, 60, 10;
- способ управления кровлей – О (обрушение выработанного пространства);
- номер защитного пласта – 3;
- состав пород междупластья (песчаников) η , % – 60;
- высота этажа, м – 240.

2.1. Определение минимально допустимой мощности междупластья

При малых мощностях междупластий техническая возможность применения подработки опасного пласта при различных способах управления кровлей на подрабатываемом пласте определяется из условий:

$$h = km \cos \alpha \text{ при } \alpha < 60^\circ, \quad (2.1)$$

$$h = km \sin \frac{\alpha}{2} \text{ при } \alpha > 60^\circ, \quad (2.2)$$

где h – минимально допустимая мощность междупластья; m – мощность защитного пласта (слоя); α – угол падения; k – коэффициент, учитывающий геологические и горнотехнические условия разработки защитного пласта ($k = 4$ при разработке тонких и средней мощности пластов, $k = 8$ при разработке мощного пласта щитовой системой с обрушением кровли при интенсивном перепуске пород с вышележащего горизонта, $k = 10$ при разработке мощного пласта длинными столбами по простиранию или щитовой системой с обрушением при затруднительном перепуске пород с вышележащего горизонта).

Возможность подработки угольных пластов с пройденными в них выработками может быть оценена по формуле П. В. Егорова:

$$h_1 \geq m \cdot \left(10 + \frac{122}{\alpha} \right), \quad (2.3)$$

где α – угол падения, град.

При разработке этажей без целиков (рис. 2.3) размером по падению менее величины $0,1l$ (l – протяженность зоны опорного давления, определяемая по графику на рис. 1.6 или по формулам (1.6) из контрольной работы №1) за величину a принимается суммарная ширина выработанного пространства, а при размерах целика более $0,1l$ за величину a принимается наклонная высота данного этажа.

Таблица 2.1

Значение углов защиты и давления

Угол падения град ¹	Угол защиты, град				Угол давления, град		
	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	64
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	72	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

2.2. Определение эффективной мощности $m_{эф}$

При отработке защитного пласта (слоя) с закладкой выработанного пространства эффективная мощность $m_{эф}$ определяется по формуле

$$m_{эф} = km, \quad (2.4)$$

(здесь k – коэффициент, учитывающий компрессионные свойства закладочного материала ($k = 0,2$ при гидравлической закладке, $k = 0,35$ при других видах закладки)).

Если известен коэффициент усадки закладочного материала k_y , то k находится из выражения

$$k = 0,1 + k_y. \quad (2.5)$$

Если закладка выработанного пространства не производится, то $m_{эф} = m_0$.

¹ * При диагональном подвигании забоя к направлению простирания за величину α принимается угол наклона пласта в сечении, перпендикулярном к подвиганию забоя.

2.3. Определение критической мощности m_0 защитного пласта

Критическая мощность m_0 защитного пласта определяется по номограмме на рис. 2.4.

2.4. Определение коэффициентов β_1 и β_2

β_1 – коэффициент, учитывающий мощность защитного пласта. При $m_{эф} \leq m_0$ $\beta = \frac{m_{эф}}{m_0}$, при $m_{эф} > m_0$ $\beta_1 = 1$ $m_{эф} = m_0$, если закладка выработанного пространства не производится; m_0 – критическое значение мощности защитного пласта, определяемое по номограмме рис. 2.4 (если $a > 0,3H$, то при определении m_0 применяется $a = 0,3H$, но не более 250 м; H – глубина ведения горных работ на защитном пласте); β_2 – коэффициент, учитывающий процентное содержание песчаников $\eta \geq 50\%$ в породах междупластья.

При $\eta \geq 50\%$ $\beta_2 = 1 - 0,4 \frac{\eta}{100}$, а при $\eta < 50\%$ $\beta_2 = 1$.

2.5. Определение размеров защищенной зоны в кровлю S_1 и в почву S_2

Размеры защищенной зоны в кровлю S_1 и почву S_2 вычисляются по формулам:

$$S_1 = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot S_1^1, \quad (2.6)$$

$$S_2 = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot S_2^1. \quad (2.7)$$

Значения S_1^1 и S_2^1 определяются из табл. 2.2, предварительно рассчитав значение $a = 0,3H$.

Таблица 2.2

*Значение защищенных зон без учета мощности пласта
и состава пород междупластья*

Глубина ведения работ, м	Размеры S_1 , м								Размеры S_2 , м						
	наименьший размер a или b выработки, м								наименьший размер a или b выработки, м						
	50	75	100	125	150	175	200	250	50	75	100	125	150	200	250
300	70	100	125	148	172	190	205	220	56	67	76	83	87	90	92
400	58	85	112	134	155	170	182	194	40	50	58	66	71	74	76
500	50	75	100	120	142	154	164	174	29	39	49	56	62	66	68
600	45	67	90	109	126	138	146	155	24	34	43	50	55	59	61
800	33	54	73	90	103	117	127	135	21	24	36	41	45	49	50
1000	27	41	57	71	88	100	114	122	18	25	32	36	41	44	45
1200	24	37	50	63	80	92	104	133	16	23	30	32	37	40	41

Таблица 2.3

Значение минимальных и максимальных опережений

Условия разработки	Для предотвращения выбросов	Для предотвращения других форм динамических явлений
Минимальное опережение:		
b_1 – при подработке,	$K h_1$, но не менее 20 м	
b_2 – при надработке	h_2 , но не менее 20 м	
Максимальное опережение		
b_1 - при подработке:		
схема на рис. 2, а	не ограничивается	не ограничивается
схема на рис. 2, б (горные работы на защищаемом пласте ведутся частично в пределах области восстановления нагрузок)	не ограничивается	$b_1=L_3+h \operatorname{ctg} f_3$
b_2 – при надработке		
схема на рис. 3, а	не ограничивается	не ограничивается
схема на рис. 3, б (горные работы на защищенном пласте ведутся частично в пределах области восстановления нагрузок)	не ограничивается	$b_2=L_3-0,3h_2$

k – коэффициент, учитывающий скорость подвигания очистного забоя на защитном пласте. При $v < 2$ м/сут, $k = 1$; при $2 < v < 5$ м/сут, $k = 1,2$; при $v > 5$ м/сут, $k = 1,4$.

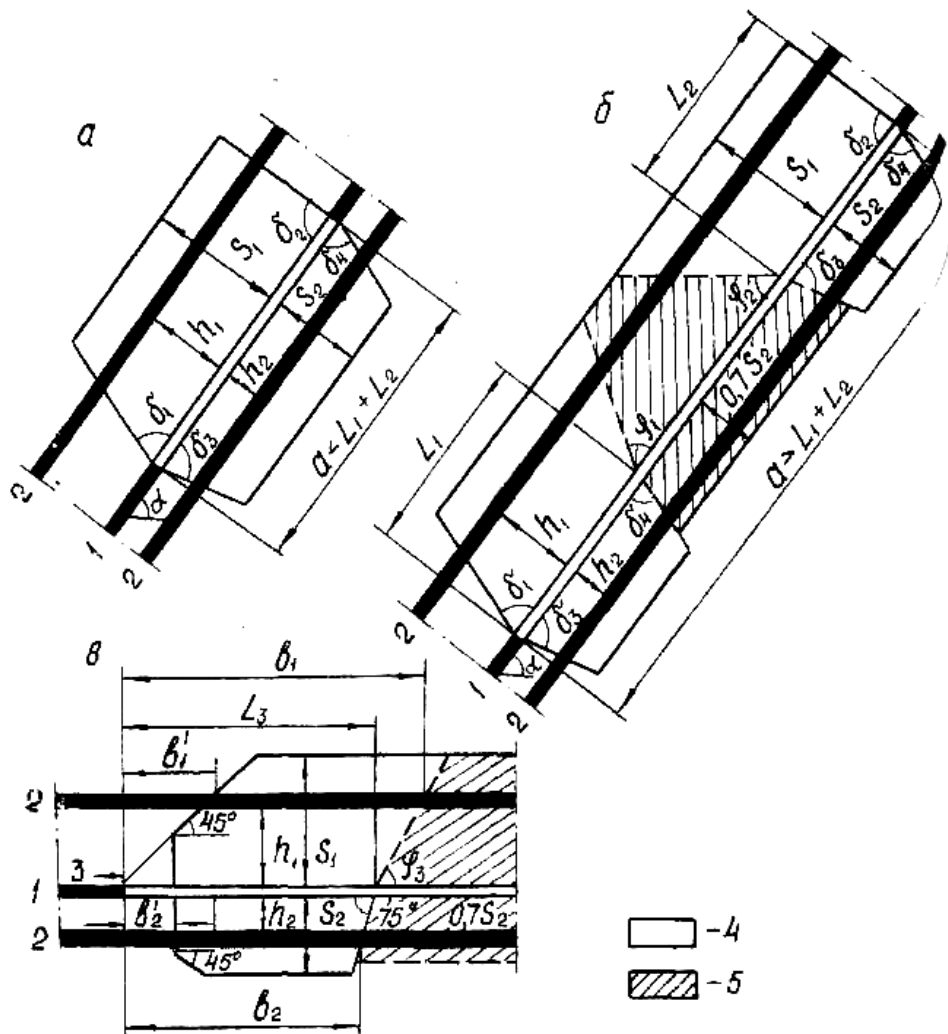


Рис. 2.2. Схема к построению защищенной зоны при обработке защитного пласта столбами по простиранию:

a – сечение вкрест простирания при $a > L_1 + L_2$; *б* – то же при $a < L_1 + L_2$ (a – размер выработанного пространства); *в* – сечение по простиранию; 1 – защитный пласт; 2 – защищаемый пласт; 3 – направление подвигания очистного забоя на защитном пласте; 4 – защищаемая зона; 5 – область восстановления опасных нагрузок (зона 5); угол защиты δ_i – угол между боковой границей защищаемой зоны и плоскостью очистной выработки защитного пласта; угол давления ϕ_i – угол, под которым нарастает нормальное давление на почве очистной выработки защитного пласта; h_1 и h_2 – расстояния между пластами; S_1 и S_2 – размеры защищенной зоны в кровлю и в почву пласта соответственно

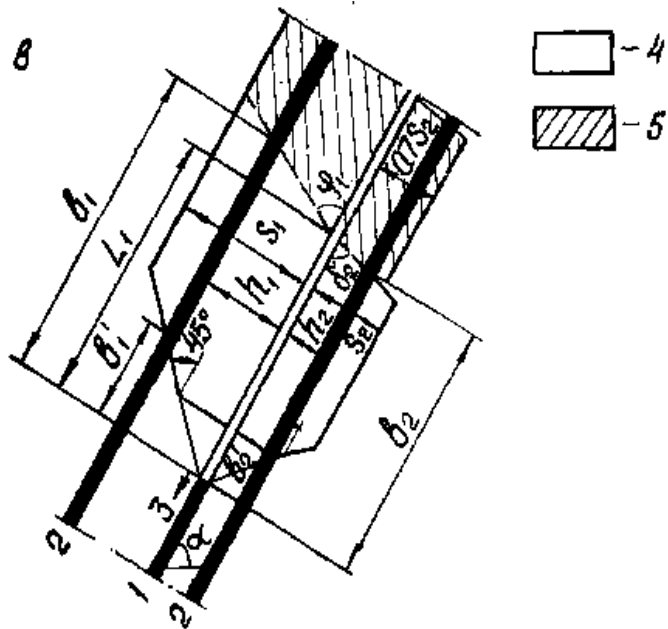
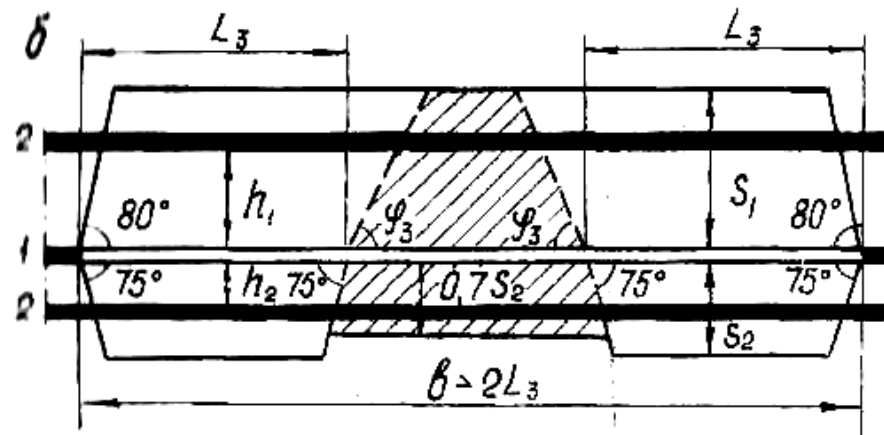
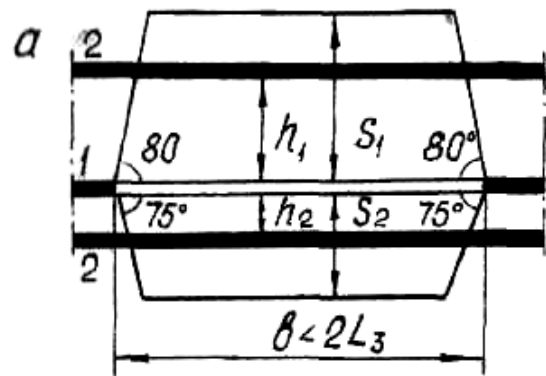


Рис. 2.3. Схема к построению защищенной зоны при отработке защитного пласта столбами по падению: а – сечение по простиранию при $b < 2L_3$; б – то же при $b > 2L_3$; в – сечение вкрест простирания; 1 – защитный пласт; 2 – защищаемый пласт; 3 – направление подвигания очистного забоя на защитном пласте; 4 – защищенная зона, 5 – область восстановления опасных нагрузок (зона 5); угол защиты δ_i – угол между боковой границей защищенной зоны и плоскостью очистной выработки защитного пласта; угол давления φ_i – угол, под которым нарастает нормальное давление на почве очистной выработки защитного пласта. Схема в может быть преобразована для случая столбов по восстанию (при пологом залегании) путем замены угла δ_1 углом δ_2 , угла φ_1 углом φ_2 и размера L_1 размером L_2

Если $h_1 < S_1$ при подработке или $h_2 < S_2$ при надработке, то необходимо завершить построение защищенной зоны со стороны границ выработанного пространства и выделить участки, характеризующиеся восстановлением опасных нагрузок, как это показано на рис. 2.2 и рис. 2.3. Для этого используются углы защиты δ_i ($i = 1, 2, 3, 4$) и углы давления φ_i ($i = 1, 2, 3, 4$), значения которых в зависимости от угла падения α приведены в табл. 2.1.

При одновременном соблюдении условий: мощность междупластья $h < 25$ м, $\alpha < 30^\circ$, $m > 1,3$ м и управление кровлей – полным обрушением, – допускается принимать углы защиты δ_i , равными 90° .

2.6. Определение размеров области восстановления опасных нагрузок (зона 5)

Зона 5 на схемах б и в (рис. 2.2 и рис. 2.3) образуется лишь при одновременном соблюдении двух условий: $a > L_1 + L_2$ и при $b > L_3$.

Параметры L_1 , L_2 , и L_3 , используемые для построения защищенной зоны в кровле и почве, рассчитываются по формулам:

$$L_1 = \beta_1 L_1^1; \quad L_2 = \beta_1 L_2^1 \text{ и } L_3 = \beta_1 L_3^1, \quad (2.8)$$

где L_1^1 , L_2^1 и L_3^1 – величины допустимых минимального и максимального опережений очистным забоем защитного пласта, которые определяются по номограмме (рис. 2.5).

2.7. Определение величин допустимых опережений

Максимальное опережение следует определять (табл. 2.3) при отходе очистного забоя от разрезной печи на расстояние более $2L_3$.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Определение минимально допустимой мощности междупластья

Минимально допустимую мощность междупластья рассчитываем по формуле (2.1), так как $\alpha = 30^\circ$, т.е. $\alpha < 60^\circ$.

Мощность пласта $m = 2$ м, поэтому выбираем $k = 4$, тогда:

$$h = 2 \cdot 4 \cdot 0,86 = 6,93 \text{ (м)}.$$

Сравнив расстояния между пластами (10 м, 40 м, 60 м, 10 м) и рассчитанное значение $h = 6,93$ м, делаем вывод, что применение надработки и подработки опасного пласта допустимо.

2.2. Определение эффективной мощности пласта $m_{эф}$

Так как закладка выработанного пространства не производится, то $m_{эф} = m_0$.

2.3. Определение критической мощности m_0 защитного пласта

Критическая мощность m_0 защитного пласта определяется по номограмме на рис. 2.4. Для этого сначала рассчитываем наименьший размер выработки:

$$a = 0,3H = 0,3 \cdot 800 = 240 \text{ м}.$$

Затем методом интерполяции по номограмме (рис. 2.4) определяем критическую мощность защитного пласта:

$$m_0 = 0,85 \text{ м}.$$

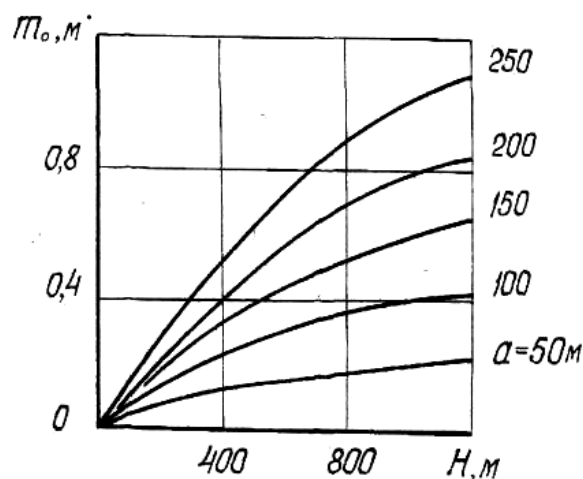


Рис. 2.4. Номограмма для определения критической мощности m_0 для защитного пласта

2.4. Определение коэффициентов β_1 и β_2

Так как $m_{эф} = m_0$, то коэффициент, учитывающий мощность защитного пласта $\beta_1 = 1$.

Коэффициент, учитывающий процентное содержание песчаников в породах междупластья β_2 , при $\eta = 60\%$ (по исходным данным) будет равен:

$$\beta_2 = 1 - 0,4 \cdot 60/100 = 0,76.$$

2.5. Определение размеров защищенной зоны в кровлю S_1 и в почву S_2

Значения S_1 и S_2 определим по формулам (2.6) и (2.7), предварительно определив S_1^1 и S_2^1 по табл. 2. Так как по рассчитанным данным $a = 240$ м, получаем:

$$S_1^1 = 135 \text{ м и } S_2^1 = 50 \text{ м.}$$

Подставляем рассчитанные значения S_1^1 , S_2^1 , β_1 и β_2 в формулы (2.6) и (2.7) и получаем:

$$S_1 = 1 \cdot 0,76 \cdot 135 = 102,6 \text{ м,}$$

$$S_2 = 1 \cdot 0,76 \cdot 50 = 38 \text{ м.}$$

2.6. Определение размеров области восстановления опасных нагрузок (зона 5)

Параметры L_1^1 , L_2^1 и L_3^1 для $\alpha = 30^\circ$ определяем по номограмме (рис. 2.5). Они равны:

$$L_1^1 = 170 \text{ м, } L_2^1 = 195 \text{ м, } L_3^1 = 180 \text{ м.}$$

Подставим эти значения в формулы (8) и получаем:

$$L_1 = 170 \text{ м, } L_2 = 195 \text{ м и } L_3 = 180 \text{ м.}$$

2.7. Определение величиие допустимых опережений

Так как $a < (L_1 + L_2)$, то зона 5 не образуется и максимальное опережение b_2 не ограничивается. Минимальное опережение, в соответствии с табл. 2.3, составляет 20 м.

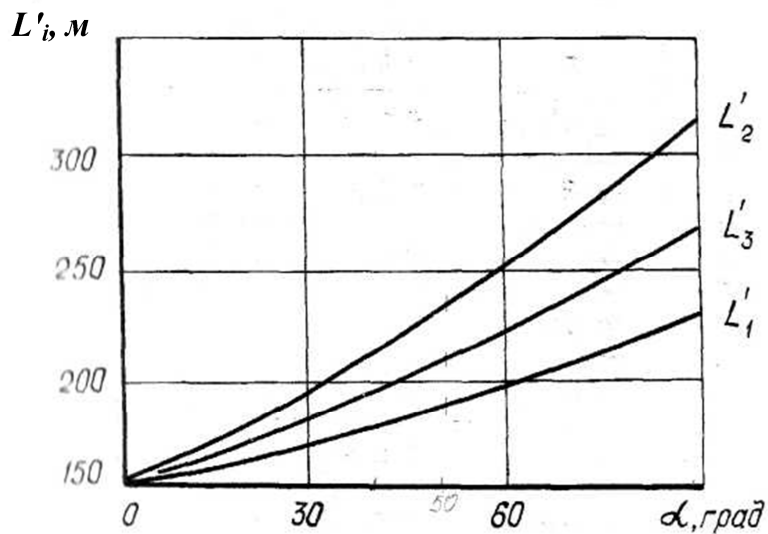


Рис. 2.5. Номограмма для определения величин L'_i ($i = 1, 2, 3$)

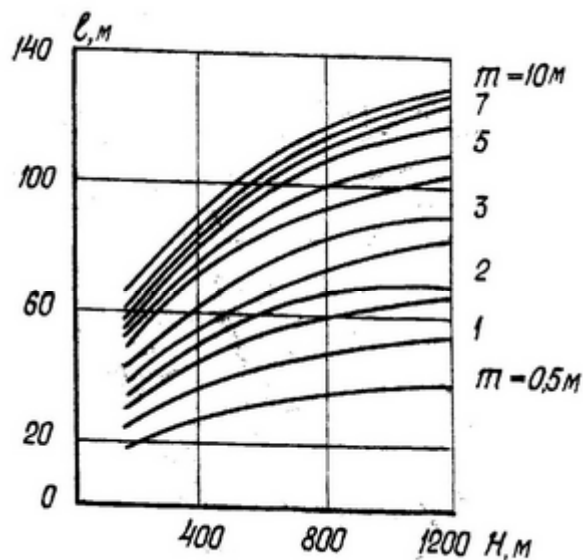


Рис. 2.6. График для определения протяженности зоны опорного давления: H – глубина разработки, м; m – мощность пласта, м

2.8. Построение схемы границ защищенных зон на разрезе вкрест простирания при ведении очистных работ без целиков угля под вентиляционным горизонтом для заданного варианта

Выбираем масштаб (1:2000) и проводим линию, обозначающую земную поверхность. От ее середины перпендикулярно вниз проводим центральную ось, на которой

откладываем значение глубины ведения работ на защитном пласте $H = 800$ м (номер защитного пласта 3). Затем на этой глубине откладываем угол падения $\alpha = 30^\circ$ и под этим углом изображаем защитный пласт. Далее на нем от точки пересечения с центральной осью, согласно выбранному масштабу, симметрично откладываем половину значения выработанного пространства $a/2 = 120$ м.

Затем изображаем свиту пластов. Для этого на нормали к защитному пласту откладываем, начиная от защитного пласта, расстояния между пластами: в кровлю $h_1 = 10$ м, $h_2 = 40$ м и в почву $h_3 = 60$ м, $h_4 = 10$ м. На этих расстояниях изображаем пласты под углом $\alpha = 30^\circ$.

Для построения защищенной зоны на защитном пласте от концов выработанного пространства сначала по падению от плоскости пласта в кровлю и в почву соответственно откладываем углы защиты: $\delta_1 = 69^\circ$ и $\delta_4 = 70^\circ$. Затем откладываем углы защиты по восстанию пласта соответственно в кровлю и в почву: $\delta_2 = 90^\circ$ и $\delta_3 = 77^\circ$. Далее под этими углами проводим линии, ограничивающиеся размерами защищенной зоны, которые откладываются на нормали к защитному пласту в кровлю и в почву ($S_1 = 102,6$ м и $S_2 = 38$ м) соответственно.

Таким образом, мы построили схему границ защищенной зоны на разрезе вкрест простирания при ведении очистных работ без целиков угля под вентиляционным горизонтом для заданного варианта № 16 (рис. 2.7).

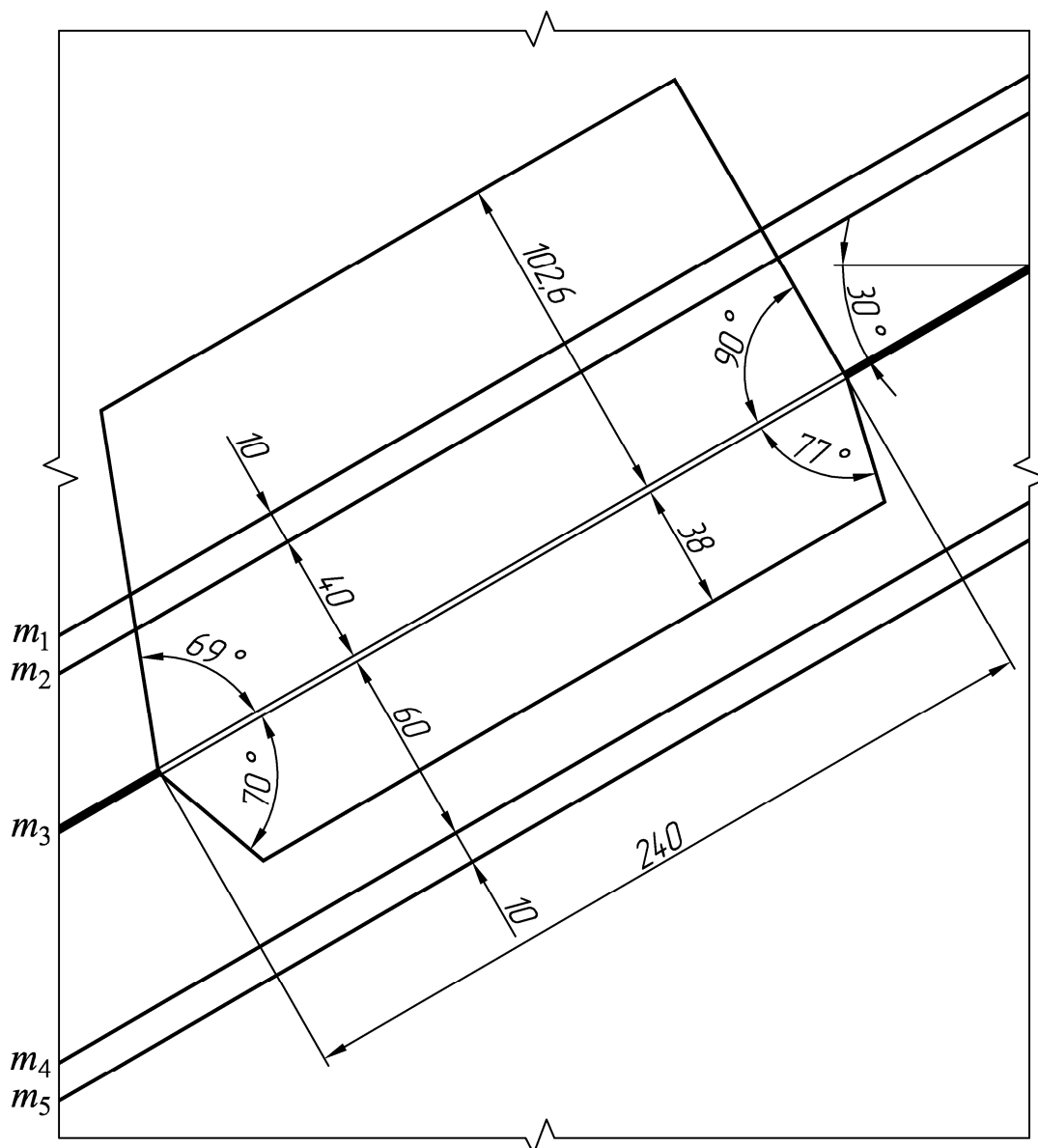


Рис. 2.7. Схема границ защищенных зон на разрезе вкрест простирания при ведении очистных работ без целиков угля под вентиляционным горизонтом

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под защитной выемкой?
2. В чем состоит сущность защитного действия?
3. Какие факторы влияют на эффективность защитного действия пласта?
4. Какое влияние оказывает оставление целиков на размеры защищенной зоны?
5. Когда применяется локальная защита?

Список рекомендуемой литературы

1. Баклашов И. В. Геомеханика: учеб. для вузов / И. В. Баклашов. – М.: МГГУ, 2004.
2. Геомеханика: учеб. пособие [Электронное издание] / П. В. Егоров, Г. Г. Штумпф, А. А. Ренев, Ю. А. Шевелев, И. В. Махраков, В. В. Сидорчук; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2011. – 325 с.
3. Певзнер М. Е. Геомеханика: учеб. для вузов / М. Е. Певзнер, М. А. Иофис, В. Н. Попов. – М.: МГГУ, 2005. – 438 с.
4. Петухов И. М. Механика горных ударов и выбросов / И. М. Петухов, А. М. Линьков. – М.: Недра, 1983. – 279 с.
5. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – СПб.: Межотраслевой научный центр ВНИМИ, 1998. – 291 с.
6. Петухов И. М. и др. Теория защитных пластов. – М.: Недра, 1976.
7. Правила безопасности в угольных шахтах. – М., 1995. – 245с.
8. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа // Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах: Сборник документов. Серия 05. Нормативные документы по безопасности, надзорной и разрешительной деятельности в угольной промышленности. Выпуск 2. – Изд. 2-е, испр. / НТЦ «Промышленная безопасность». – М., 1999.

Таблица 2.4

Варианты заданий

Горно-геологические характеристики ударов	Номер варианта																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Угол падения пласта α ,	50	55	60	65	70	75	80	75	70	65	60	55	50	45	40	30	20	15	10
Количество пластов	3	4	5	3	4	5	2	3	4	5	4	3	2	3	4	5	4	3	2
Мощность защитного пласта m , м	1	2	3	4	5	6	7	8	7	6	5	4	3	2	1	2	0,5	0,8	1
Расстояние между пластами, начиная от верхнего h_i , м	15, 40	30, 60, 70	60, 15, 30, 50	40, 70	30, 45, 60	5, 15, 40, 55	20	30, 45	25, 50, 70	15, 40, 60, 70	30, 40, 50	25, 30	40	20, 30	30, 25, 15	10, 40, 60, 10	20, 15, 30	30, 40	80
Глубина разработки, защитного пласта H , м	400	450	500	550	600	700	750	800	850	900	950	1000	950	900	850	800	750	700	650
Способ управления кровлей	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
Номер защитного пласта	2	3	2	2	3	4	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2
Состав пород междупластья (песчаников) η , %	70	80	10	15	20	40	50	60	70	80	90	100	90	80	70	60	55	50	40
Высота этажа D , м	120	130	100	110	140	120	110	100	90	100	110	120	130	140	150	240	130	120	110

Составители

Алексей Агафангелович Ренев
Любовь Александровна Белина

ГЕОМЕХАНИКА

Методические указания к контрольным работам
для студентов специальности 130400.65 «Горное дело»
специализации 130401.65 «Подземная разработка пластовых
месторождений» и специальности 130404 «Подземная разработка
месторождений полезных ископаемых» заочной формы обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 29.06.2012. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 2,5.

Тираж 265 экз. Заказ

КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Типография КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4 «А».