

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
ПО КУРСУ «УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ ПОРОДНОГО
МАССИВА»

ДОНЕЦК – 2001

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

Донецкий государственный технический университет

Конспект лекций
по курсу «Управление состоянием породного массива» для
студентов горного направления специализации 7.090301
«Геомеханические процессы горного производства»

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры
горной геомеханики
Протокол № 9 от 10.04.2001

Донецк, ДонГТУ – 2001

УДК 622.83

Конспект лекций по курсу «Управление состоянием породного массива» для студентов горного направления специализации 7.090301 «Геомеханические процессы горного производства» /В.Л. Самойлов — Донецк: ДонГТУ, 2001 – 105 с.

Приведены сведения о напряжённом состоянии массива и о напряжённо-деформированном состоянии горных пород, вмещающих горную выработку, дана схема сдвижения толщи горных пород при отработке одиночного и свиты пологих пластов, а так же при отработке крутопадающего пласта.

Рассмотрены способы охраны подготовительных и подготавливающих горных выработок.

Составитель

В.Л. Самойлов, доц.

Ответственный
за выпуск

В.И. Пилюгин, доц.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Задачи курса. Терминология	8
2 Механические свойства массива горных пород	12
3 Напряженное состояние нетронутого массива	15
4 Напряженно-деформированное состояние горных пород, вмещающих подготовительную горную выработку.	21
5 Управление состоянием породного массива с целью повышения устойчивости подготовительной горной выработки, не подверженной влиянию очистных работ	28
6 Схема сдвижения толщи горных пород и перераспределения напряжений при отработке пологого пласта одиночной лавой	41
7 Перераспределение опорного давления по периметру выработанного пространства. Изменение параметров зон опорного давления и разгрузки по мере развития очистных работ.....	46
8 Механизм и особенности сдвижения толщи горных пород при разработке свиты пологих пластов	51
9 Особенности схемы сдвижения при отработке крутопадающих пластов	55
10 Взаимодействие очистных и подготовительных горных выработок	58
11 Структурная формула накопления смещений в подготовительной горной выработке, прилегающей к очистному забою	60
12 Способы охраны подготовительных горных выработок, примыкающих к очистному забою	64
13 Способы охраны подготавливающих горных выработок.....	78
14 Особенности охраны наклонных выработок при разработке свиты пологих пластов	95
15 Способы охраны штреков крутопадающих пластов	98
Список использованной литературы	107

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Управление состоянием породного массива» является профилирующим для студентов горного направления специализации 7.090301 «Геомеханические процессы горного производства». Изучение этого курса способствует формированию специалиста – горного инженера - геомеханика.

В результате изучения курса студент должен знать сущность механических процессов, протекающих в массиве горных пород при ведении очистных и подготовительных работ, при взаимном влиянии этих работ; условия и закономерности проявления горного давления; мероприятия, позволяющие управлять состоянием породного массива; уметь выбрать и рассчитать основные параметры способов управления свойствами и состоянием массива горных пород, принять наиболее эффективные технологические решения в конкретных горно-геологических условиях.

Конспект лекций подготовлен в соответствии с рабочей программой по данному курсу, утвержденной 30.03.2000г.

1 ЗАДАЧИ КУРСА. ТЕРМИНОЛОГИЯ

Основными задачами курса УСПМ являются:

- изучение закономерностей изменения напряженно – деформированного состояния вмещающих пород при ведении горных работ;

- обоснование технологии и параметров системы разработки при подземной разработке угольных месторождений;

- целенаправленное управление горным давлением, сдвижением горных пород при ведении горных работ с целью создания безопасных условий работы и достижения наилучших технико-экономических показателей.

Курс УСПМ является с одной стороны прикладным, а с другой — фундаментальным разделом горной науки “Механика горных пород”.

По объекту изучения — массиву горных пород — курс УСПМ тесно связан с рядом геологических дисциплин. По методам изучения — с физикой и механикой твердого тела. Он использует теории прочности, пластичности, разрушения, аппарат математической статистики.

Основными методами изучения напряженно-деформированного состояния массива горных пород являются натурные (шахтные), лабораторные и аналитические.

ТЕРМИНОЛОГИЯ

Горные породы — природные минеральные агрегаты, слагающие литосферу Земли в виде самостоятельного геологического тела.

Горный массив — участок земной коры, характеризующийся общими условиями образования и определёнными инженерно-геологическими свойствами слагающих его горных пород, в котором распространяются физические процессы, связанные с ведением горных работ.

Под горными работами понимают очистные и проходческие работы, БВР, бурение скважин, упрочнение или разупрочнение пород

различными методами, воздействие на массив горных пород различными силовыми полями.

Горное давление — силы, возникающие в массиве горных пород вблизи стенок выработок, скважин, в целиках, на поверхностях контактов порода-крепь в результате действия главным образом гравитационных сил, т.е. напряжений в массиве горных пород, а также тектонических сил и изменения температуры верхних слоев земной коры. Нужно помнить, что напряжения существуют, как в нетронутом массиве, так и в породах, вмещающих горную выработку, а давление на крепь очистной, подготовительной горной выработки, искусственные сооружения или угольные целики будет иметь место только при наличии горной выработки и при перемещении горных пород. При отсутствии перемещений горное давление на крепь, др. искусственное сооружение отсутствует. Наиболее правильно употреблять термин “напряженно-деформированное состояние горных пород”.

Проявление горного давления — явления и процессы в массиве горных пород, вызываемые горным давлением при ведении горных работ, проявляющиеся в виде сдвижений, деформаций и разрушений вмещающих пород и полезных ископаемых, нагрузок на крепь, закладку, обрушенные породы и др. естественные и искусственные сооружения, а также в виде разных газодинамических явлений — горных ударов, выбросов угля и газа, песчаников и т.д.

Сдвигение горных пород — это перемещение и деформирование горных пород вследствие нарушения естественного равновесия массива при ведении горных работ.

Деформация горных пород — изменение формы, размеров и объема отдельностей или участка горных пород под воздействием горного давления, динамических нагрузок, различных полей (электрических, магнитных, ультразвуковых), тектонических или термических напряжений, а также фазовых превращений при осушении или увлажнении горных пород и др. видов горных работ.

Оседание горных пород — вертикальная составляющая полного вектора сдвижения точки поверхности или массива горных пород.

Относительное сдвигение горных пород — изменение местоположения горных пород относительно какой-либо точки

(репера, почвы и т.д.) в результате нарушения их равновесия, вызванного ведением горных работ.

Сползание горных пород — сдвигение горных пород по плоскостям напластования.

Расслоение горных пород — нарушение связи между слоями горных пород в процессе их сдвигения.

Разрушение горных пород — нарушение сплошности горных пород в результате воздействия внешних сил.

Устойчивость горных выработок — способность обеспечивать функционирование с эксплуатационными характеристиками в течение заданного срока службы.

Устойчивость горных пород — способность горных пород сохранять равновесие при их обнажении.

Область влияния горной выработки — часть массива горных пород, в пределах которой происходят деформации, сдвигения и обрушения горных пород, т.е. изменяется напряженно-деформированное состояние горных пород в результате ведения горных работ.

Опорное давление — добавочное к весу горных пород давление, вызванное зависающими над выработанным пространством породами. Оно представляет собой нормальные к пласту сжимающие напряжения, действующие вблизи опорного контура (на массивы, целики полезного ископаемого, крепи) по всему его периметру.

Зона разгрузки — часть массива горных пород в зоне влияния очистной или подготовительной выработки, в которой напряжения меньше, чем в нетронutom массиве.

Напряжения — величина внутренних усилий (в массиве, крепи, целиках), приходящихся на единицу площади, на которую они действуют, вызванных внешними силами или различными физическими полями.

Охрана горных выработок — комплекс дополнительных мероприятий, направленных на сохранность выработок в эксплуатационном состоянии в течение требуемого времени.

Поддержание горных выработок — совокупность мероприятий по креплению, охране и ремонту выработок для обеспечения их эксплуатационного состояния в течение срока службы.

Эксплуатационное состояние выработки — рабочее состояние, обеспечивающее выполнения выработкой своих функций (назначения) в течение срока службы при соблюдении требований ПБ.

Управление состоянием массива горных пород — управление физическими процессами, происходящими в горном массиве и приводящими к изменению параметров физических свойств и напряженно-деформированного состояния массива горных пород.

В данном курсе будем использовать термин “напряженное состояние массива горных пород” применительно к нетронутому массиву, “местная” или “локальная концентрация напряжений” — применительно к подготовительным горным выработкам, а термин “опорное горное давление” — применительно к очистным выработкам.

2 МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

В курсе “Механика горных пород ” изучались свойства образцов горных пород. В начале развития горнодобывающей промышленности знания физических свойств образцов горных пород было достаточно. По мере увеличения глубины разработки выяснилось, что поведение горных пород в массиве, их свойства значительно отличаются от свойств этих же пород в образце. Исследования показали, что основными причинами отличий являются, так называемый, масштабный эффект и различные условия нагружения горных пород в массиве и в образце.

Суть масштабного эффекта состоит в том, что вероятность наличия трещины или другой плоскости ослабления в большом объёме горных пород значительно выше, чем в образце этой же горной породы.

Поэтому при прочих равных условиях прочность горных пород в массиве значительно ниже, чем в образце. Таким образом, при определении прочности горных пород в массиве используется коэффициент структурного ослабления K_c .

В горных расчетах учитываются чаще всего пределы прочности образца горной породы при одноосном нагружении. В массиве горные породы находятся в объемном, а на поверхностях обнажений горных выработок — в плоском напряженном состоянии.

Практика показывает, что максимальный предел прочности будет при объёмном нагружении, а минимальный — при одноосном.

Прочность горных пород в массиве, так же как и в образце, зависит, кроме вышеуказанных факторов от типа породы, зернистости, типа и количества цемента, степени катагенеза горных пород, обводненности, выветривания в процессе эксплуатации выработки, воздействия БВР и др. работ на массив горных пород и т. д.

Угольные пласты залегают в слоистой среде осадочных пород. Чем больше в толще слоев прочных пород, тем более длительное время оседает подработанная толща горных пород, тем на большее

расстояние распространяется зона вредного влияния опорного давления. Все это учитывается при решении горных задач.

Как было сказано, влажность очень сильно влияет на физические и прочностные свойства массива горных пород. Проникая в трещины, за счет клинового эффекта, вода разрушает горную породу, снижает ее прочность.

Глинистые сланцы в большей степени теряют прочность, чем песчаники. Для пород одного и того же типа с низкой степенью катагенеза (пласты марки Д и Г) снижение прочности под влиянием влаги наблюдается в значительно большей степени, чем для пород с максимальной степенью катагенеза (пласты марки ПА и А).

У глинистых сланцев в Донецко-Макеевском районе под влиянием влаги снижается прочность на 50-60%, а в районе ПО «Павлоградуголь» — на 80% и более, вплоть до полного размокания.

Т.о., при расчете прочности породы в массиве учитываются:

- K_c — коэффициент структурного ослабления (табл. 2.1) и

- K_w — коэффициент обводненности;

$$R_m = R_{обр} * K_c * K_w,$$

где R_m — прочность горной породы в массиве;

$R_{обр}$ — прочность горной породы в образце.

Существует много классификаций, учитывающих эти факторы. Для классической части Донбасса при отсутствии экспериментальных данных можно принять

$K_w = 0,8$ — для песчаников;

$K_w = 0,6$ — для песчаных сланцев;

$K_w = 0,5$ — для глинистых сланцев.

Таблица 2.1 — Классификация горных пород по трещиноватости

Категория ГП по трещиноватости	Расстояние между поверхностями ослабления (трещинами)	K_c
Практически монолитные	$> 1\text{ м}$	0,9
Малотрещиноватые	$0,5 - 1\text{ м}$	0,8
Среднетрещиноватые	$0,3 - 0,5\text{ м}$	0,6
Трещиноватые	$0,1 - 0,3\text{ м}$	0,4
Весьма трещиноватые	$< 0,1\text{ м}$	0,2

Путем сопоставления расчетных значений смещений на контуре выработки с измеряемыми в реальных условиях можно определить коэффициент ослабления — K_0 горного массива:

$$K_0 = K_c * K_w$$

В технической литературе часто используется термин *прочность горных пород*. Единой классификации по прочности не существует. Наиболее часто применяется следующая классификация горных пород по прочности (табл. 2.2)

Таблица 2.2 — Классификация горных пород по прочности

Тип вмещающих пород по прочности	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа
1. Слабые	< 40
2. Средней прочности	40 – 80
3. Прочные	80 – 120
4. Весьма прочные	> 120

При выборе способов повышения устойчивости в очистных и подготовительных выработках используется классификация горных пород *по слоистости*. Для практических целей можно пользоваться следующей таблицей (табл. 2.3)

Таблица 2.3 — Классификация горных пород по слоистости

Категория пород по слоистости	Мощность слоев, м
1. Весьма тонкослоистые	< 0,2
2. Тонкослоистые	0,2 – 1,0
3. Среднеслоистые	1,0 – 3,0
4. Крупнослоистые	3,0 – 10,0
5. Весьма крупнослоистые	> 10

3 НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НЕТРОНУТОГО МАССИВА

В отличие от механики твердого тела, где весом рассматриваемого тела пренебрегают, в механике горных пород учитывается вес толщи горных пород.

Напряженное состояние в массиве горных пород обуславливается в основном:

- весом вышележащих пород;
- тектоническими напряжениями;
- различной величиной температуры или коэффициента линейного или объемного расширения, т.е., наличием термических напряжений.

Тектонические напряжения в Донбассе имеют место в замках антиклиналей и синклиналей и в непосредственной близости др. горно-геологических нарушений.

Для Донбасса термические напряжения не характерны.

При изучении напряженно-деформируемого состояния массива горных пород аналитическими методами описывают исходное (начальное) напряженное состояние нетронутого массива по - разному.

Различают 5 типов напряженного состояния массива горных пород (НС МГП).

1 тип НС МГП.

Породы представляют собой однородные, изотропные, релаксирующие, слабые, с явно выраженными пластическими свойствами слои. В идеале их можно сопоставить с жидкостью. В этом случае имеет место *гидростатическое распределение напряжений*:

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \gamma H = \rho g H$$

Т. к. идеальная жидкость не сопротивляется деформациям сдвига, то $\tau_i = 0$ (касательные напряжения).

Здесь γ — средний объемный вес горных пород, кН/м³;

H — глубина разработки, м.

Разработка угля в мире ведется на глубинах до 1500 м; на рудниках — до 3000 м и более; нефти и газа — 7-8 км. Глубина

сверхглубокой скважины — 15 км. На всех достигнутых глубинах породы ведут себя как твердые, упругие тела, а не как жидкость.

Но глинистые сланцы, реже песчаные, особенно сильно увлажненные, расположенные между прочными породами, выдавливаются в горные выработки — «текут». При применении метода конечных элементов, метода разности конечных элементов распределение напряжений в этом слабом слое принимается гидростатическим. Этот тип так же используется при наличии в толще горных пород плывунов.

2 тип НС МГП.

Упруго-гравитирующее (Динниково) распределение напряжений.

Напряжения вызываются весом толщи горных пород. Породы однородные или неоднородные, изотропные или анизотропные, проявляющие ярко выраженные упругие свойства, нерелаксирующие, рельеф поверхности равнинный; тектонические напряжения отсутствуют.

Согласно гипотезе А.Н. Динника вертикальные напряжения $\sigma_z = \gamma H$, горизонтальные перемещения жестко ограничены, т.е. равны 0. Кубик уменьшает свою высоту по оси Z, по осям X и Y перемещения равны нулю, поэтому возникают горизонтальные напряжения, вызванные боковым распором (рис. 3.1).

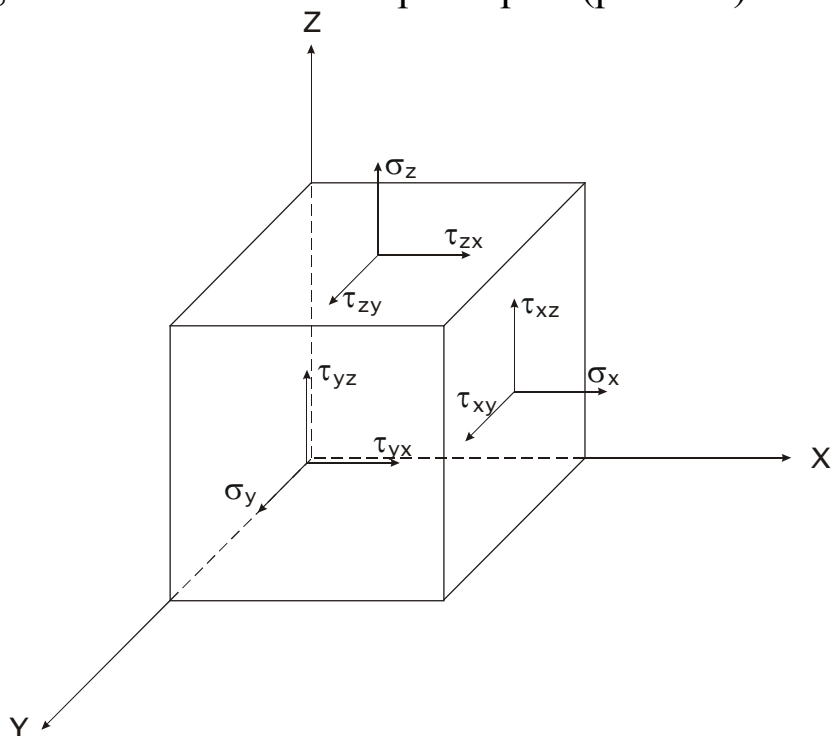


Рисунок 3.1 — Компоненты напряжений в элементарном кубике породы в нетронутом массиве.

$$\sigma_x = k_1 \sigma_z; \sigma_y = k_2 \sigma_z$$

Для идеально упругого тела:

$k_1 = k_2 = \lambda$ — коэффициент бокового распора

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

где μ — коэффициент Пуассона

Т.о.,

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\mu}{(1 - \mu)} \cdot \sigma_z.$$

Т.к. деформации по осям X и Y равны нулю, то $\tau_{xy} = \tau_{yz} = 0$, а

$$\tau_{xz} = \frac{1 - 2\mu}{2(1 - \mu)} \cdot \gamma H$$

Для реальных осадочных горных пород: $\mu = 0,15 \div 0,45$.

Второй тип НС МГП наиболее часто используется в горных расчетах.

3 тип НС МГП.

“ Одноосное упругогравитирующее распределение напряжений безраспорного массива ”.

Породы представляют собой массив, изрезанный трещинами, причем ширина раскрытия трещин тем больше, чем больше мощность слоя (дно пересохшей реки, “ Большой каньон ” и т.п.).

В каждой отдельности и в целом в массиве: $\sigma_z = \gamma H$

Т.к. массив безраспорный, то σ_x и $\sigma_y = 0$.

Безраспорная дискретная среда не сопротивляется деформациям сдвига, поэтому: $\tau_i = 0$

Такое распределение напряжений в чистом виде при решении ронных задач практически не применяется.

4 тип НС МГП.

“Предельно-равновесное состояние горных пород”.

Исходя из теории прочности О.Мора, различают три случая:

4а) “Идеальносыпучие породы”, коэффициент сцепления $K_{\text{сц}}=0$, (чистые пески всех видов, рис. 3.2).

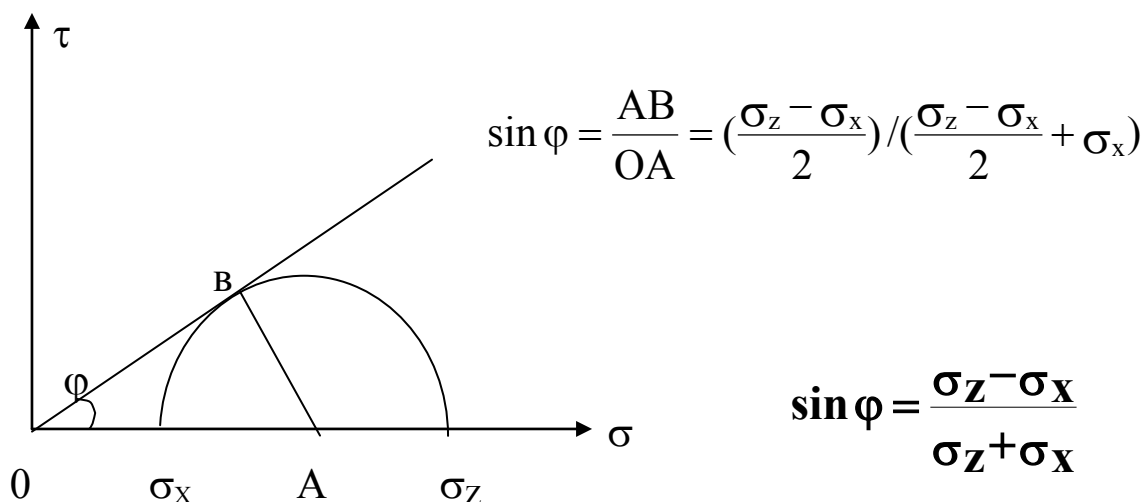


Рисунок 3.2 — Паспорт прочности для идеально сыпучего тела.

После преобразований получим:

$$\sigma_x = \sigma_z \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$$

Для идеально сыпучего тела: $K_{\text{сц}} = 0$

Это тело деформациям сдвига не сопротивляется, поэтому $\tau_i = 0$

4б) “Идеально — пластическое тело”, угол внутреннего трения $\varphi=0$ (глины, суглинки, рис. 3.3)

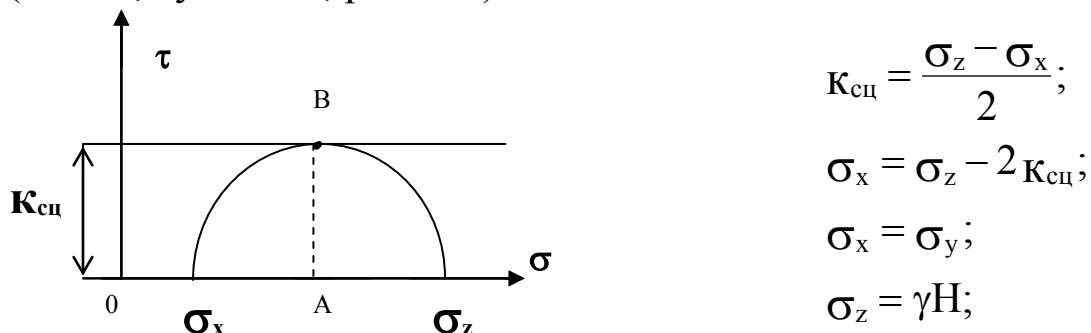


Рисунок 3.3 — Паспорт прочности для идеально связанной породы.

Т.к. идеально пластические тела не сопротивляются деформациям сдвига, то $\tau_i = 0$.

4в) “Реальные горные породы”

$$K_{сц} \neq 0; \quad \varphi \neq 0. \quad \sin \varphi = \frac{AB}{AO + CO} = \frac{\sigma_z - \sigma_x}{2} / \left(\frac{\sigma_z + \sigma_x}{2} + K_{сц} \cdot \operatorname{ctg} \varphi \right)$$

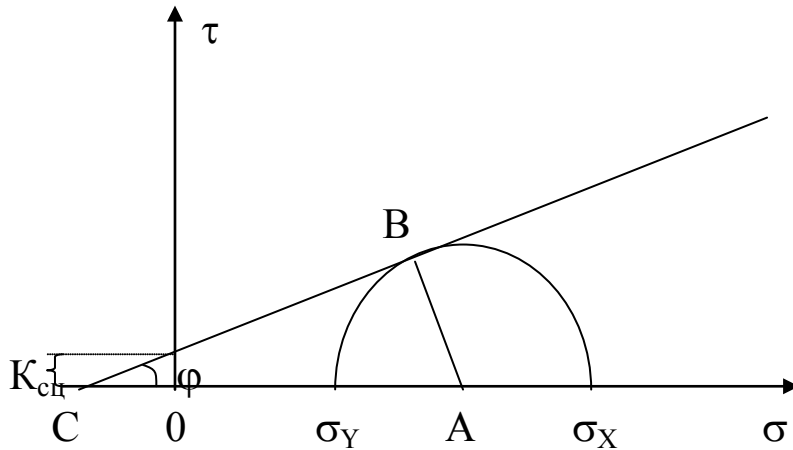


Рисунок 3.4 — Паспорт прочности реальной горной породы.

После преобразований получим:

$$\sigma_x = \sigma_z \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} - 2K_{сц} \frac{\sin \varphi}{1 + \sin \varphi};$$

$$\sigma_y = \sigma_x; \quad \sigma_z = \gamma H$$

Характер изменения касательных напряжений τ_i устанавливается опытным путем.

Этот тип наиболее часто применяется в горных расчетах.

5 тип НС МГП.

“ Упруго гравитирующее распределение напряжений, осложненное гористым рельефом поверхности и наличием тектонических напряжений ”

5а) “Динниково распределение, осложненное гористым рельефом”

Породы однородные или неоднородные; изотропные или анизотропные; упругие; нерелаксирующие; гористый рельеф поверхности (рис. 3.5).

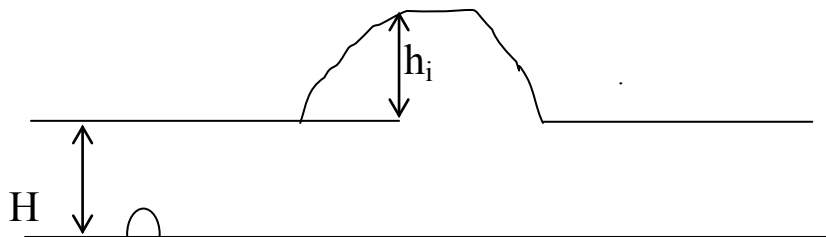


Рисунок 3.5 — Учет гористого рельефа поверхности.

$$\sigma_z = \gamma (H+h_i) ; \sigma_x = k_1 \gamma (H+h_i); \sigma_y = k_2 \gamma (H+h_i)$$

τ_i — определяется опытным путем.

5б) Кроме указанного в пункте 5а)- имеют место тектонические напряжения.

$$\sigma_z = \gamma (H+h_i) ; \sigma_x = k_1 \gamma (H+h_i) + \sigma_x^T ; \sigma_y = k_2 \gamma (H+h_i) + \sigma_y^T ;$$

σ_y^T, σ_x^T - тектонические составляющие соответственно по осям Y и X, а τ_i определяются так же экспериментально.

Т.о., в условиях Донбасса в различных горных расчетах наиболее часто используются 2 и 4в типы НС нетронутого массива горных пород.

4 НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД, ВМЕЩАЮЩИХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНУЮ ГОРНУЮ ВЫРАБОТКУ. МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ НА КРЕПЬ ВЫРАБОТКИ

В нетронутом массиве горные породы находятся в одном из пяти типов напряженного состояния. Перемещения отсутствуют, породы находятся в равновесном состоянии. После проведения подготовительной горной выработки равновесное состояние горных пород нарушается. В зоне влияния выработки происходят деформации, перемещения, изменяется напряженное состояние, т. е. формируется новое НДС. На контуре выработки во вмещающих породах возникает локальная концентрация напряжений $K\sigma$, где: K — коэффициент локальной концентрации напряжений.

Значение K зависит от исходного (начального) напряженного состояния нетронутого массива горных пород, способа проведения, характеристики крепи (податливости, несущей способности), прочности вмещающих ГП, коэффициента Пуассона этих пород, качества забутовки закрепного пространства, величины и формы поперечного сечения выработки, выветривания и в связи с этим уменьшения прочности вмещающих ГП и др. факторов.

При гидростатическом распределении напряжений в массиве после проведения выработки круглой формы по всему периметру ее будут иметь место нормальные сжимающие напряжения с $K=2$ (рис. 4.1).

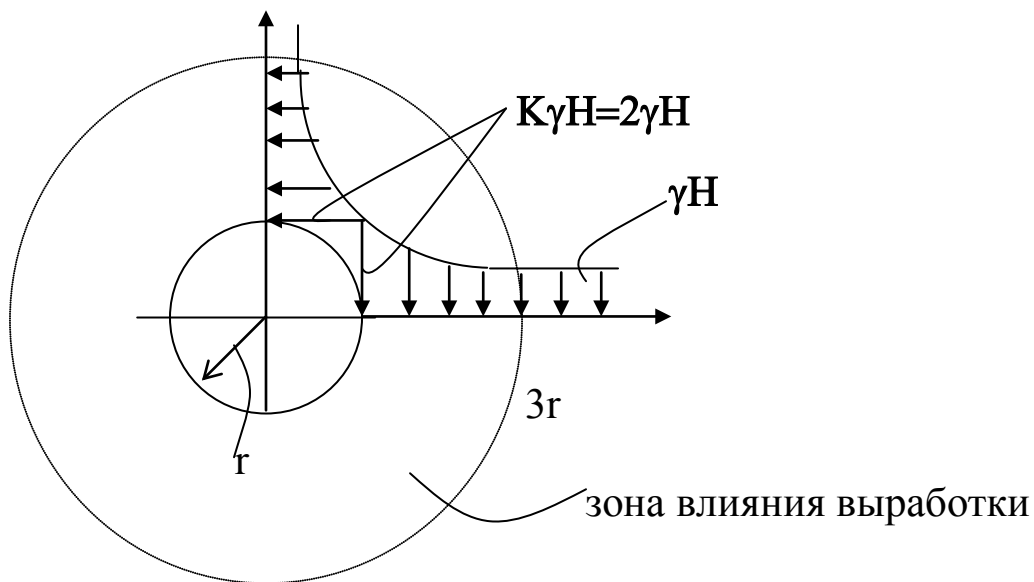


Рисунок 4.1 — Распределение напряжений вокруг выработки при I типе НС МГП.

После проведения выработки круглой формы в однородных изотропных породах с коэффициентом Пуассона $\mu = 0,2$ при упругогравитирующем начальном напряженном состоянии массива ГП в кровле и почве выработки возникают растягивающие, а в боках сжимающие нормальные напряжения (рис. 4.2).

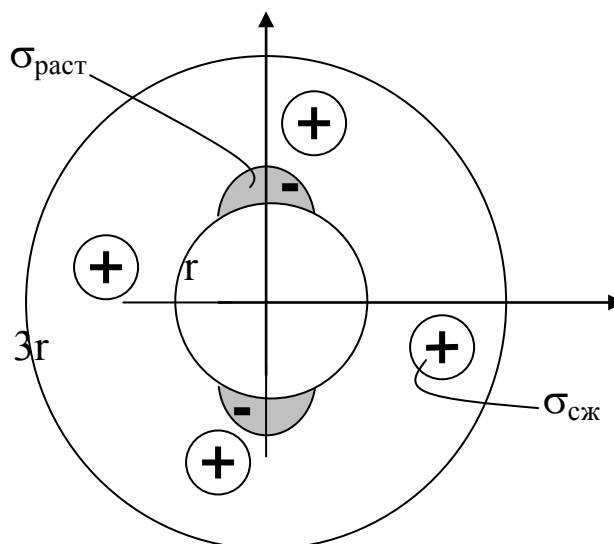
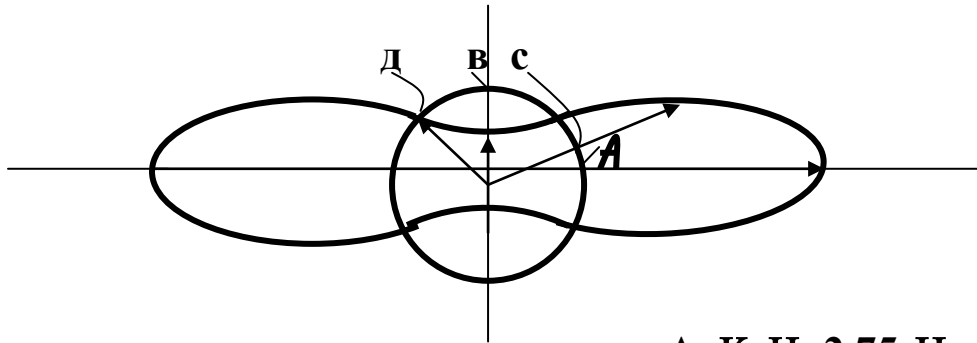


Рисунок 4.2 – Область сжимающих и растягивающих напряжений.

В полярной системе координат это распределение имеет следующий вид (рис. 4.3):

$$\text{т.В: } K\gamma H = -0,25\gamma H$$



$$\text{т. А: } K\gamma H = 2,75\gamma H$$

Рисунок 4.3 — Характер распределения нормальных напряжений в полярной системе координат.

В прямоугольной системе координат распределение напряжений выглядит следующим образом (рис.4.4):

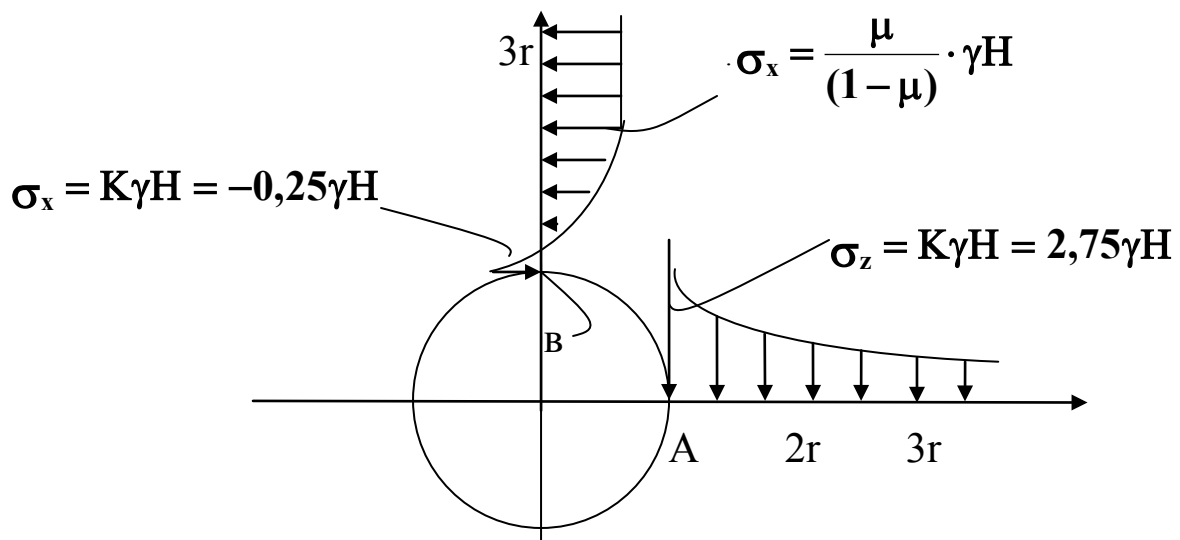


Рисунок 4.4 — Характер распределения нормальных напряжений в прямоугольной системе координат.

Т.о., из приведенных рисунков вытекает, что после проведения выработки во вмещающих породах по ее периметру возникшая локальная концентрация напряжений изменяется как по знаку, так и по величине. В общем виде величина напряжений равна $K\gamma H$.

При других типах НС МГП, форме поперечного сечения выработки, значении коэффициента Пуассона (μ) величина K будет иной.

Например, при наличии тектонических напряжений, сжимающие напряжения будут в кровле и почве, а растягивающие — в боках выработки. При $\sigma_x = 2\sigma_z$ $K=5$, а при $\sigma_x = 10\sigma_z$ $K=29$.

Т.к. наиболее часто в горных расчетах применяется упруго-гравитирующее распределение напряжений, то в дальнейшем будем рассматривать именно его.

Для ГП паспорт длительной прочности имеет вид (рис. 4.5)

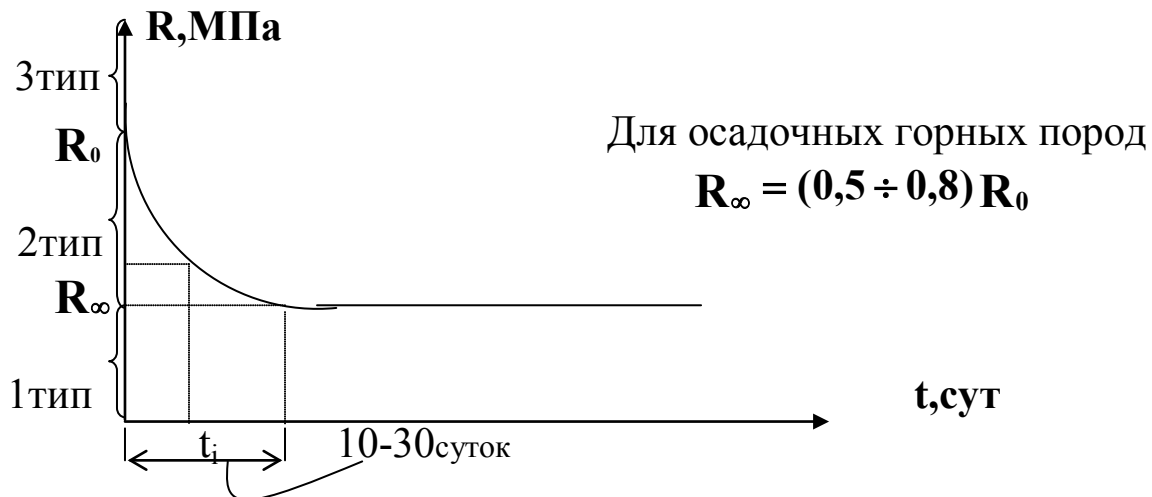


Рисунок 4.5 — паспорт длительной прочности осадочных горных пород.

где: R_0 — предел мгновенной прочности,

R_{∞} — предел длительной прочности горной породы.

В зависимости от соотношений $K\gamma H$, R_0 и R_{∞} выделяют три типа НДС вмещающих пород :

1 тип НДС вмещающих пород.

Характеризуется соотношением : $K\gamma H < R_{\infty}$. В породах протекают упругие деформации, разрушения пород не происходит. Перемещение пород на контуре выработки не превышает 60÷80 мм (100мм).

2 тип НДС вмещающих пород.

Характеризуется тем, что $R_{\infty} \leq K\gamma H < R_0$, т.е. после взятия заходки во вмещающих породах на контуре выработки в любой точке величина напряжений с учетом локальной концентрации больше или равна соответствующему пределу длительной прочности (на сжатие или растяжение) и меньше соответствующего предела мгновенной прочности. После взятия заходки в породах сначала протекают

упругие и упруговязкие деформации. Спустя время t_i , когда напряжения $K\gamma H$ станут равными длительной прочности $R_{дл}$

$$K\gamma H = R_{дл}$$

породы разрушаются. Формируется ЗНД (зона неупругих деформаций).

В результате растрескивания, несущая способность пород уменьшается, и максимум напряжений смещается в глубь массива.

Вокруг ЗНД образуется зона повышенного горного давления (ПГД), за ней — нетронутый массив ГП (рис. 4.6).

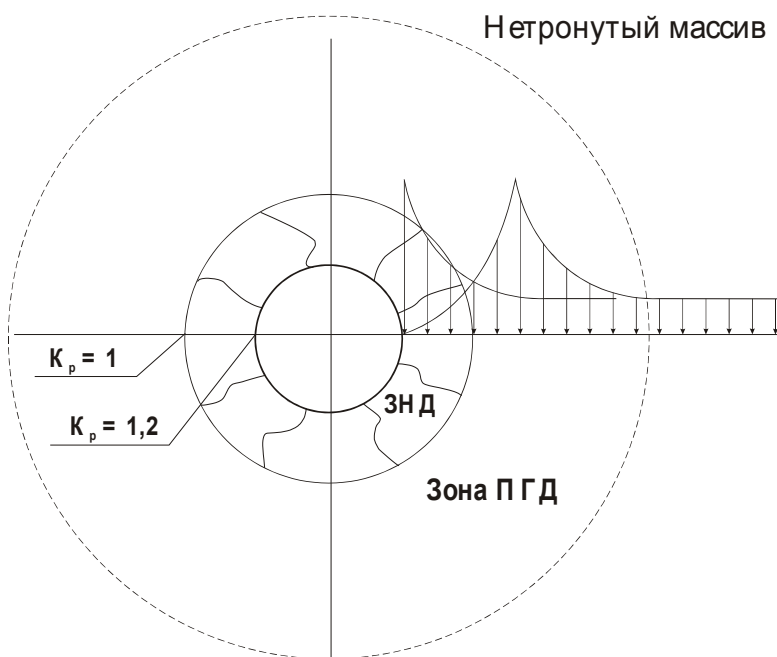


Рисунок 4.6 — Распределение σ_z при II типе НДС.

По данным шахтных наблюдений, ширина ЗНД составляет 1,5-3м, перемещения пород на контуре выработки достигают 200мм.

3 тип НДС вмещающих пород.

Характеризуется тем, что сразу после взятия заходки впереди забоя и вокруг сечения выработки происходит растрескивание, разрушение вмещающих ГП. Формируется подзона условно мгновенных разрушений (а), с течением времени трещины распространяются вглубь массива, формируется подзона длительного разрушения ГП (б). Обе эти подзоны образуют ЗНД. По аналогии со

вторым типом НДС максимум концентрации напряжений смещается в глубь массива, образуя зону ПГД (рис. 4.7).

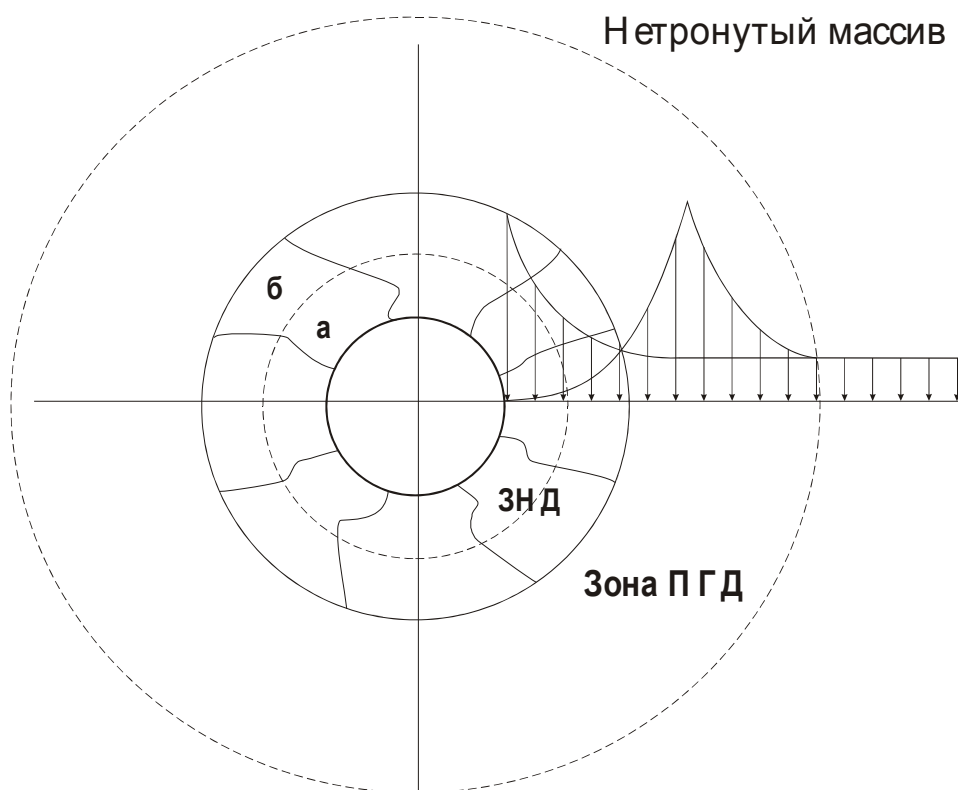


Рисунок 4.7 — Распределение σ_z при III типе НДС.

Ширина ЗНД достигает 6-9м, в отдельных случаях 15м. Перемещения пород на контуре выработки многократно превышают 200мм. За весь срок службы выработки они могут достигать нескольких метров.

Первый тип НДС на угольных шахтах Донбасса встречается очень редко — при проведении квершлагов или полевых штреков по прочным песчаникам.

Механизм формирования нагрузки на крепь одиночной выработки.

При II и III типе НДС, разрушаясь, породы увеличиваются в объеме и перемещаются во внутрь выработки, вызывая тем самым давление на ее крепь.

При увеличении глубины расположения выработки в два раза при прочих равных условиях в два раза возрастет K_{yH} , но нагрузка на крепь по данным шахтных наблюдений возрастет в 1,3-1,6 раза. Это объясняется тем, что с увеличением глубины расположения

выработки на 100м увеличивается прочность пород на 5-10% (в зависимости от их типа).

Если предположить, что на арку давит весь столб ГП до земной поверхности, то давление на одну арку (рис. 4.8) составит: $q = \gamma HS$

$$q = 800\text{м} * 5\text{м}^2 * 2,5\text{т/м}^3 = 10000\text{т}$$

$$\text{где: } S = B * a = 5\text{м}^2$$

$$\gamma = 2,5\text{т/м}^3$$

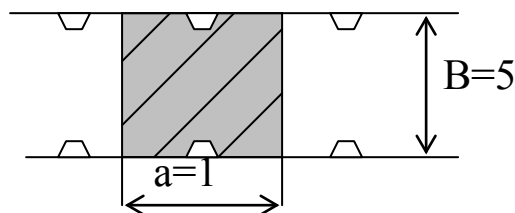


Рисунок 4.8 — Схема определения площади, поддерживаемой одной рамой крепи.

Фактическая несущая способность арочной металлической крепи составляет 20-40тс. Т.о., этот пример подтверждает, что нагрузка на крепь обуславливается только породами, находящимися в зоне влияния выработки, а точнее в ЗНД.

Роль крепи при различных типах НДС.

При I типе НДС постоянную крепь можно не возводить. Для предотвращения травматизма подземных рабочих выработка крепится набрызгбетонной или анкерной крепью.

При II типе НДС постоянная крепь может возводиться с отставанием во времени после взятия заходки, не превышающем t_i . Согласно ПБ при рамной крепи это отставание не должно превышать трех метров, а при возведении монолитной крепи — не более 30 суток.

В любом случае участок выработки от забоя до возведенной постоянной крепи должен быть закреплен временной крепью.

При III типе НДС, сразу же после взятия заходки, должна возводиться постоянная крепь.

5 УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ ПОРОДНОГО МАССИВА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ, НЕ ПОДВЕРЖЕННОЙ ВЛИЯНИЮ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Для повышения устойчивости горной выработки необходимо уменьшить смещения пород на ее контуре. Для этого нужно уменьшить размер ЗНД. Из соотношений:

$$K\gamma H < R_{\infty}; R_{\infty} \leq K\gamma H < R_0; K\gamma H \geq R_0$$

вытекает, что для этого необходимо перевести породы из III-го типа НДС во II-й, или из II-го в I-й.

Это можно осуществить путем снижения коэффициента локальной концентрации напряжений (K) или увеличением (сохранением или восстановлением) прочности вмещающих пород (R_0, R_{∞}). Кроме этого существуют и другие мероприятия. Рассмотрим их:

1 группа: Использование благоприятных горно-геологических условий.

Горные выработки с большим сроком службы целесообразно проводить вне зон геологических нарушений по прочным породам. Увеличение стоимости сооружения выработки окупится за счет уменьшения затрат на её поддержание.

При проведении выработки слабый слой необходимо располагать так, чтобы он находился в боках выработки (положение 3 на рис. 5.1).

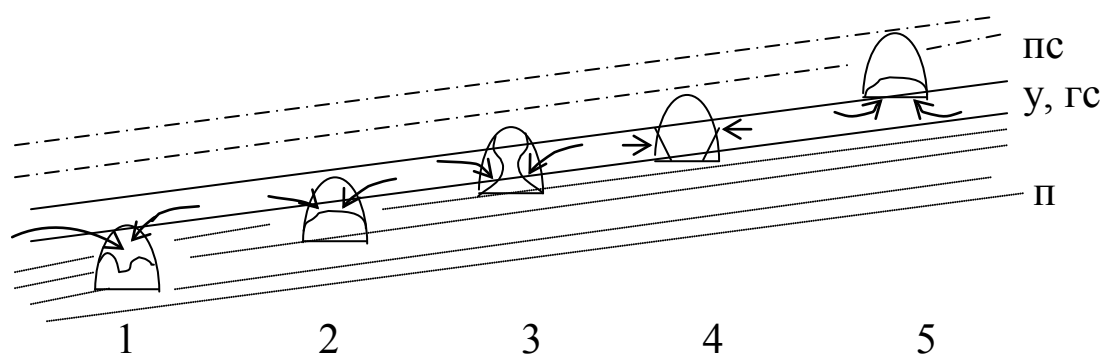


Рисунок 5.1 — Расположение поперечного сечения выработки относительно слабого слоя.

При этом для уменьшения деформаций ножек крепи целесообразно в пределах слабого слоя затяжку устанавливать вразбежку. Выдавленная порода легко убирается.

При пересечении стволом слабого слоя в монолитной ж/б крепи делают окна, размером 0,4х0,4 или 0,5х0,5м. Через эти окна породы слабого слоя выдавливаются в ствол, не нарушая целостность крепи (рис. 5.2,а).

Разновидностью данного мероприятия является устройство компенсационных поясов (рис.5.2,б).

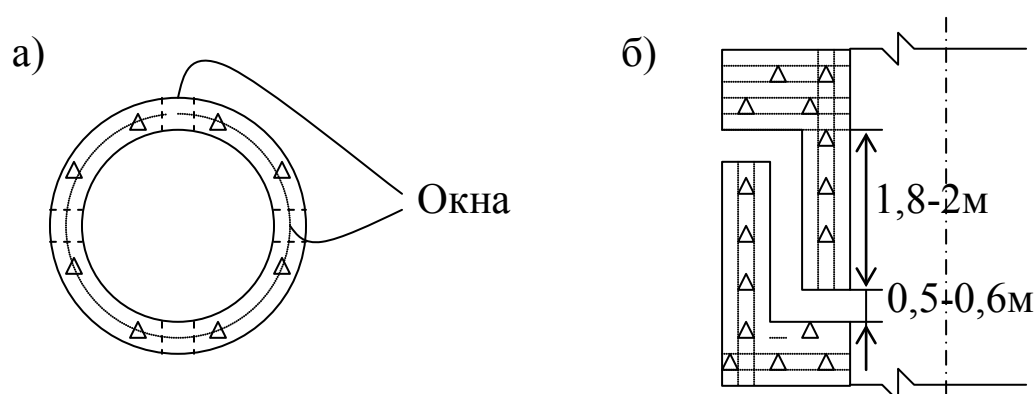


Рисунок 5.2 — Устройство компенсационных окон и поясов в монолитной крепи.

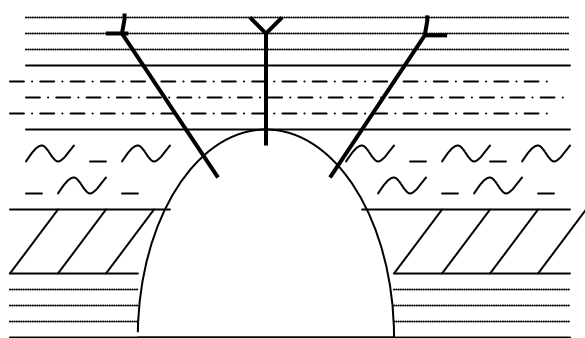
При подработке ствола в Чехии, пластом мощностью более 2м, ствол остался в эксплуатационном состоянии.

2 группа: Сохранение или восстановление прочности вмещающих пород.

Предел прочности на растяжение ГП на порядок меньше предела прочности на сжатие.

Чем больше жесткость слоя ГП (больше его мощность, прочность, или и то и другое одновременно), тем меньше прогиб этого слоя, меньше растягивающие напряжения, а, следовательно, меньше вероятность его разрушения.

Отдельные слои ГП, «сшитые» между собой, работают как более мощный, т.е. более жесткий слой. На этом принципе основано повышение устойчивости выработки, проведенной в слоистых породах путем анкерования.



При наличии в непосредственной близости от выработки прочного песчаника или известняка слои ГП «подшиваются» к нему металлическими клиновыми анкерами длиной до 2,5-3м (рис. 5.3)

Рисунок 5.3 — Упрочнение слоистых пород металлическими анкерами.

В том случае, когда над выработкой залегают слои в основном песчаного сланца, применяют металлические или полимерные анкера с химическим закреплением. Время затвердения составляет 15-40 мин. при применении двухкомпонентных и 7-15 мин. — трёхкомпонентных связующих составов.

Если над выработкой залегают слои глинистых сланцев, то применяют анкера из витой буровой стали. Диаметр шпура на 4-8мм меньше максимального диаметра буровой стали.

Анкер ввинчивается в шпур СЭР19 с редуктором, уменьшающим скорость вращения и увеличивающим вращающий момент в 10 раз.

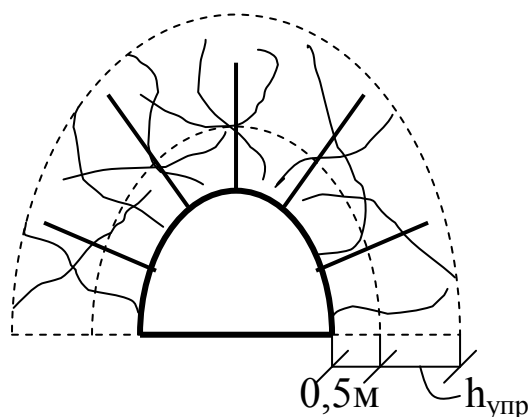
В Кузбассе закреплены десятки тысяч метров выработок данной крепью. Опыт показал, что анкер длиной 1,5-2м выдерживает усилия 120-150кН.

Применение химических анкеров в этом случае не целесообразно, т.к. низка адгезия (прилипание) применяемых смол с глинистыми породами и высока вероятность выпадения из шпура анкера вместе с цилиндром из смолы.

Если породы, вмещающие горную выработку, трещиноваты или весьма трещиноваты (расстояние между трещинами менее 0,3-0,1м) применение различных типов анкеров не целесообразно. В этом случае применяется упрочнение ГП путем нагнетания в них вяжущих составов.

При наличии слабых глинистых сланцев применение цементно-песчаных растворов даже с различными ускорителями схватывания не целесообразно, т.к. вода приведет к размоканию глинистых пород.

В этом случае нагнетают различные химические смолы с отвердителями. По данным ДонУГИ достаточно упрочнить оболочку размером $h_{упр}$ (рис. 5.4).



$$h_{\text{упр}} = r \left(\frac{1}{\sqrt{\sin \varphi}} - 1 \right)$$

Рисунок 5.4 — Схема упрочнения вмещающих пород нагнетанием упрочняющих составов.

где: r — полупролет выработки в направлении упрочнения;

φ - угол внутреннего трения пород в ЗНД .

При отсутствии экспериментальных данных используют следующие значения φ :

При проведении	БВР	комбайн
В зоне тектонических нарушений	20^0	40^0
Вне зоны тектонических нарушений	30^0	50^0

Согласно рекомендациям ВНИМИ прочность упрочненных ГП принимается равной 60% прочности ГП в образце, но не более прочности упрочняющего состава (материала).

$$R_{\text{упр}} \leq 0,6R$$

Одна скважина бурится на $2-2,5\text{м}^2$ породного обнажения.

Чаще всего выработки проводятся по слоям ГП с различной прочностью, поэтому достаточно упрочнить слабый слой. При этом породы слабого слоя не выдавливаются в выработку, и не увеличивается пролет вышерасположенных слоев ГП, а, следовательно, не увеличивается их прогиб и они не разрушаются.

Если нагнетание производится по всему периметру выработки, то нагнетание производят снизу вверх. А если имеют место большие переборы породы в процессе проведения выработки, то сначала производят тампонаж закрепного пространства, а затем — инъектаж вмещающих пород.

Целесообразно по периметру крепи оставлять буферную полосу шириной равной, примерно, $0,5\text{м}$. При ее отсутствии после растрескивания уже упрочненного массива в результате перемещения отдельных блоков давление сразу же будет передаваться на рамную

крепь. При ее наличии происходит самозаклинивание перемещающихся блоков и крепь сохраняет эксплуатационную характеристику (не требует перекрепления).

Если выработка проводится по слабому слою ГП или в зоне различных горно-геологических нарушений (имеет место третий тип НДС), то необходимо производить опережающее упрочнение (рис. 5.5).

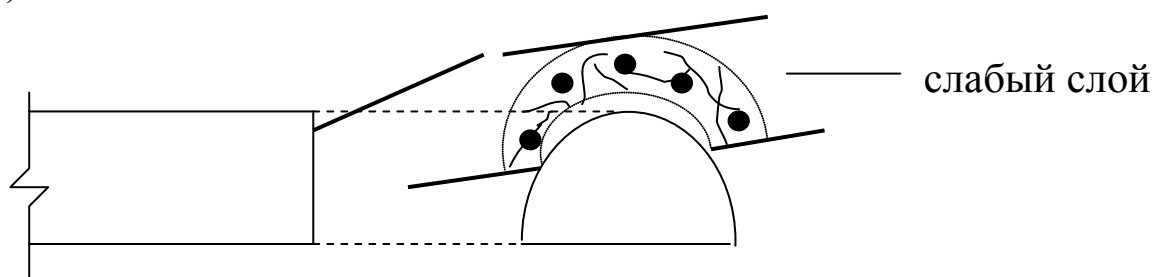


Рисунок 5.5 — Схема опережающего упрочнения вмещающих пород.

3 группа: Основана на создании локальной зоны разгрузки вокруг выработки.

1) *Проведение выработки широким забоем (с возведением двухсторонних бутовых полос)* показано на рис. 5.6.

Согласно ПБ при длине раскоски более 5м необходимо проводить параллельную специальную выработку для обеспечения проветривания этой раскоски. Поэтому этот способ применяется при сплошной системе разработки — «лава-штрек».

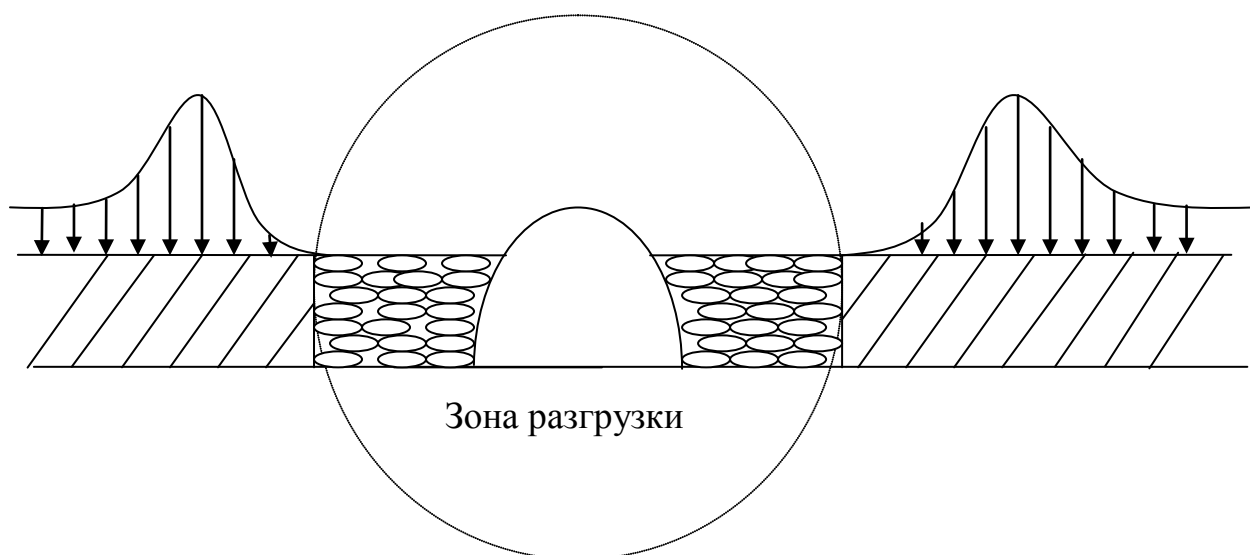


Рисунок 5.6 — Проведение выработки с двухсторонней раскоской.

При обратном порядке отработки лав придется проводить откаточный и вентиляционный просеки и сбойки между просеками и штреками. Эти дополнительные затраты, превышающие затраты на поддержание выработки, а также резкое усложнение схем транспорта и вентиляции сводят на нет эффект от создания зоны разгрузки.

2) Бурение разгрузочных скважин.

Этот метод предложен ДонУГИ (рис. 5.7)

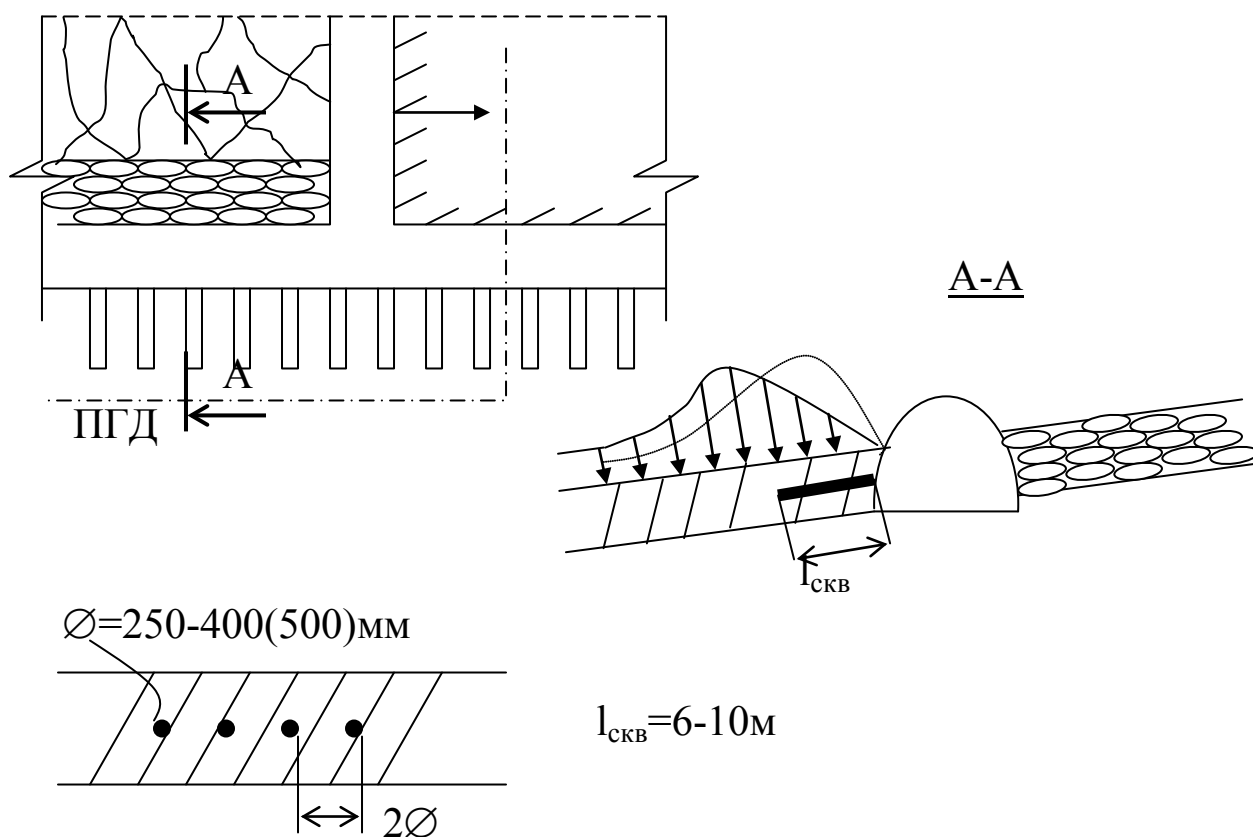


Рисунок 5.7 — Создание локальной зоны разгрузки путем бурения разгрузочных скважин.

Суть данного метода заключается в бурении разгрузочных скважин со стороны массива угля с указанными на рисунке параметрами. Под воздействием опорного давления целики между скважинами раздавливаются и максимум опорного давления смещается в глубь массива, вокруг выработки формируется локальная зона разгрузки. Породы кровли с обеих сторон выработки оседают примерно на одинаковую величину, крепь работает в податливом режиме. В результате этого, по данным ДонУГИ, трудоемкость поддержания выработки снижается в 2-3 раза (по

сравнению с отсутствием скважин). Разгрузочные скважины необходимо бурить впереди лавы, за зоной опорного давления.

Как правило, при прямом порядке отработки лавы, бурение скважин и проходческие работы мешают друг другу. Поэтому этот способ целесообразно применять при обратном порядке отработки лавы.

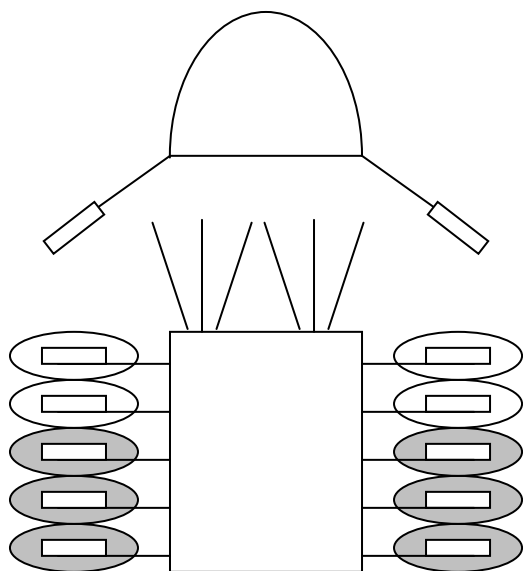
Несмотря на хорошие геомеханические показатели, данный способ практически не применяется по двум основным причинам:

- 1) в месте бурения разгрузочных скважин мощность пласта уменьшается на 0,5Ø. В связи с этим применяемая по всей длине призабойная крепь может не пройти по типоразмеру (высоте);
- 2) породы кровли в этом месте имеют повышенную трещиноватость. Это приводит к увеличению вывалов и травматизму ГРОЗ. Для исключения этого необходимо упрочнять породы кровли или повышать плотность призабойной индивидуальной крепи. В любом случае это приводит к дополнительным затратам и снижению эффективности данного способа.

3) *Взрывощелевая разгрузка.*

Суть ВЦР заключается в камуфлетном взрывании зарядов ВВ в разгрузочных шпурах, пробуренных в боках выработки, одновременно со шпурами в проходческом забое (рис. 5.8). В результате взрывания зарядов ВВ возникают зоны повышенной трещиноватости. Они должны накладываться друг на друга.

За счет этого формируется локальная зона разгрузки. Максимум локальной концентрации напряжений смещается в глубь массива. Взрывание зарядов ВВ в шпурах приводит к перерезанию слоев, склонных к пучению, к ускорению формирования ЗНД с меньшими размерами, чем при отсутствии ВЦР, к более равномерному распределению нагрузки по периметру крепи. В результате, согласно шахтным наблюдениям, пучение почвы уменьшается в 2-3 раза, но при этом смещения пород кровли возрастают в 1,1-1,15 раза, смещения боков практически не изменяются. Параметры ВЦР следующие: $l_{ш}=1,5-2,5 м \approx (0,5B)$. Расстояние между шпурами 0,5-2 м. Масса ВВ при применении Т-19 — 0,6-0,9 кг; а при А-10 — 0,5-1 кг. Здесь В — ширина выработки.



Степень замедления в разгрузочных шпурах возрастает в направлении от уже взорванных к забою выработки. При этом степень замедления у них выше, чем в проходческом забое. Одновременно можно взрывать с каждой стороны выработки не более 6 шпуров. Забойка состоит из двух и более гидроампул и не менее 0,5м глиняной забойки.

Рисунок 5.8 — Создание локальной зоны разгрузки с помощью ВЦР.

ВЦР дает экономический эффект в ценах 1991 г: 40-80 рублей на 1 м в год. Отставание во времени от взятия заходки до взрывания разгрузочных шпуров не должно превышать 1-3мес.

4) Проведение компенсационных щелей.

Компенсационные щели бурятся вертикально в почву выработки в 1(пунктир) или 2 ряда. Параметры аналогичны ВЦР (рис. 5.9).

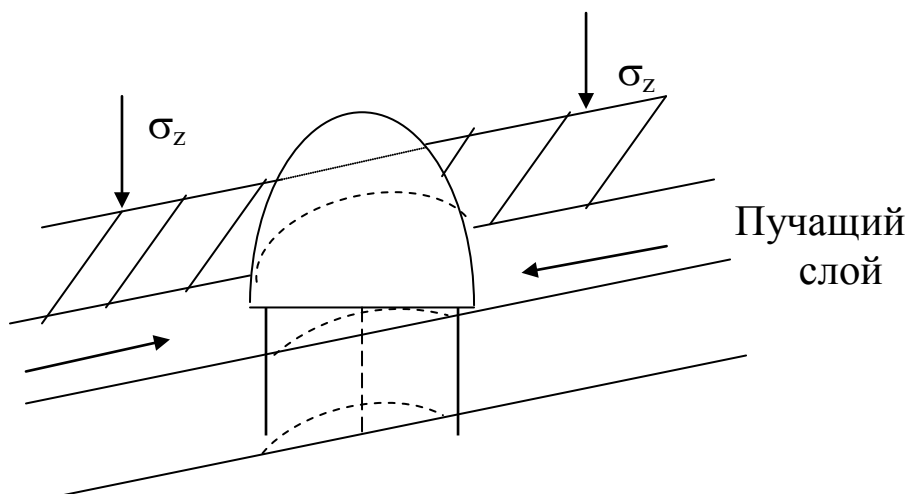


Рисунок 5.9 — Схема расположения компенсационных щелей.

На шахтах Воркуты компенсационные щели выполнялись барошнековой машиной (БШМ), изготовленной на базе комбайна ГШ68.(рис. 5.10)

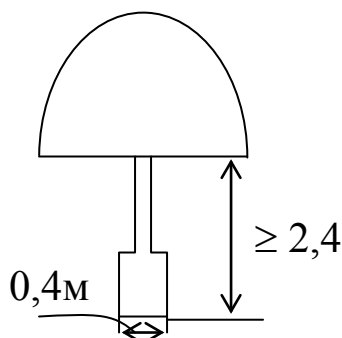


Рисунок 5.10 — Параметры компенсационной щели при проведении ее БШМ.

Компенсационные щели перерезают пучащие слои ГП. До тех пор, пока бока этих щелей не будут сомкнуты силами, направленными по напластованию, складкообразование, т.е. пучение пород почвы, будет отсутствовать.

4 группа базируется на выборе рациональной технологии проведения и крепления горных выработок.

1) Проведение горных выработок с помощью проходческого комбайна, по сравнению с БВР, позволяет получить более ровный контур обнажения, уменьшить переборы горной породы. Все это обеспечивает более быстрое включение в работу крепи, создание системы «крепь - порода», что в конечном итоге повышает устойчивость выработки.

2) Выбор рациональной формы поперечного сечения.

Для горизонтальных и наклонных горных выработок, проведенных в слоистых реальных горных породах, наилучшим сечением является эллиптическое, т.к. в этих условиях ЗНД имеет овальную форму, вытянутую в направлении, перпендикулярном напластованию.

Опыт показывает, что достичь существенного повышения устойчивости горной выработки на больших глубинах ($H > 700-800\text{м}$) только путем выбора формы поперечного сечения выработки не удастся.

Реально на шахтах форма поперечного сечения выработки выбирается исходя из коэффициента использования сечения, а так же типа пород, залегающих в кровле пласта (при залегании в кровле

известняка или песчаника, как правило, применяют трапецевидную крепь), чаще всего принимается арочная форма.

3) Создание системы «крепь-порода».

Многолетний опыт угледобывающих стран показал, что идти по пути повышения несущей способности крепи (применения более тяжелых спецкрепей, уменьшения шага установки крепи) не целесообразно. Необходимо создавать систему «крепь-порода», т.е. включать в работу вместе с крепью вмещающие ГП. Мировой опыт показывает: качественная забутовка закрепного пространства мелкой породой или его тампонаж увеличивает несущую способность системы в 2-3 раза. При этом смещения пород на контуре выработки уменьшаются в 1,2-1,4 раза.

Чехи применили набрызгбетон по периметру крепи (рис. 5.11) при применении металлической решетчатой затяжки. Это позволило уменьшить смещения на 20-25%.

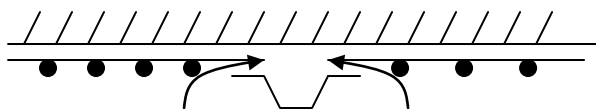


Рисунок 5.11 – Применение набрызгбетона по периметру крепи.

В ФРГ применяют рукава «Буллфлекс» (рис. 5.12). Мягкая прочная оболочка вкладывается в желоб арки по всему периметру. В этот рукав насосом подается быстротвердеющий расширяющийся состав. Через несколько минут (до двух часов), происходит его расширение и затвердение. Затяжка прижимается к массиву, и арка включается в работу. Эффект аналогичен применению набрызгбетона.

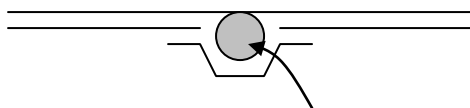


Рисунок 5.12 — Схема установки рукавов «Буллфлекс»

4) Двойная проходка.

Сущность проведения выработки в два этапа состоит в том, что сначала проводится опережающая выработка сечением S_1 , составляющим 50 – 60% от проектного S_2 . После образования вокруг нее ЗНД выработка расширяется до проектного сечения (рис. 5.13).

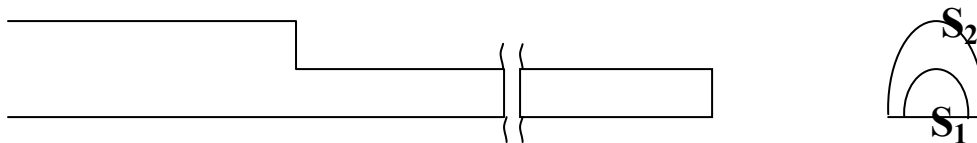


Рисунок 5.13 — Схема проведения выработки в два этапа.

Способ обеспечивает хорошую устойчивость горной выработки, но в связи с большой трудоемкостью и невозможностью использовать выработку в течении нескольких месяцев, пока не сформируется локальная зона разгрузки (ЗНД) вокруг опережающей выработки, практически не применяется.

5) Проведение выработки в ранее разгруженном массиве.

Идея способа заключается в бурении скважин из забоя выработки, взрывания в них минных зарядов, образующих зону разгрузки в результате разрушения горных пород, и проведения в этой зоне горной выработки (рис. 5.14).

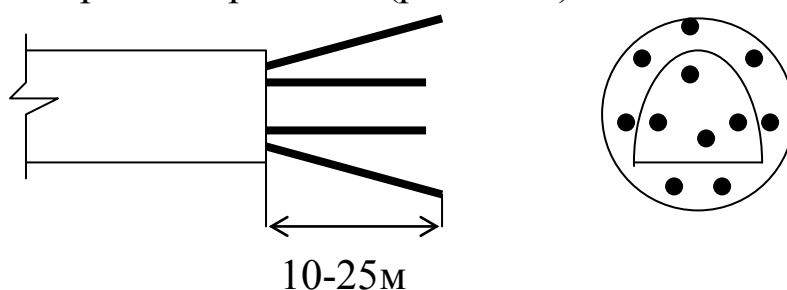


Рисунок 5.14 — Проведение выработки по разрушенным породам.

Этот метод не нашел применения из-за большой вероятности вывалов в период проходки и большого объема БВР.

Модификация данной идеи заключается в бурении скважин не по площади, а вокруг выработки. После взрывания в них минных зарядов образуется зона разрушенных пород — пониженных напряжений (рис. 5.15).



Рисунок 5.15 — Создание зоны разгрузки вокруг выработки.

Эта схема лучше предыдущей, т.к. в месте проведения выработки трещиноватость пород практически не увеличивается. Большой объем буро-взрывных работ остается. Кроме того, необходимо бурить скважины с их изгибом. На шахтах Донецка успешно испытан станок для направленного бурения скважин.

б) Предварительный распор.

На практике применяются две схемы предварительного распора.

а) Схема ДПИ. (рис. 5.16)

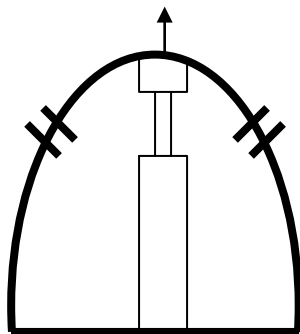


Рисунок 5.16 — Схема предварительного распора ДПИ.

Гидравлические стойки с насадками ставятся под возводимую у забоя проводимой горной выработки раму (арку). После создания распора гидравлическими стойками затягиваются замки на арке. Затем снимается крепь усиления. Предварительный распор позволяет быстро включить в работу крепь. Отпор крепи уменьшает размер ЗНД, перемещения пород на контуре выработки и в итоге нагрузку (давление) на крепь, повышая устойчивость выработки.

Применение в схеме а) горизонтальной стойки с насадкой резко усложняет и повышает трудоемкость возведения арки.

б) Схема МГИ.

Схема б) лучше, чем схема а), т.к. она обеспечивает прижатие и верхняка, и ножек к породному обнажению одновременно в вертикальном и горизонтальном направлениях. Создается система «крепь-порода».

Предварительный распор уменьшает смещения на 20-30%.

Способ перспективен.

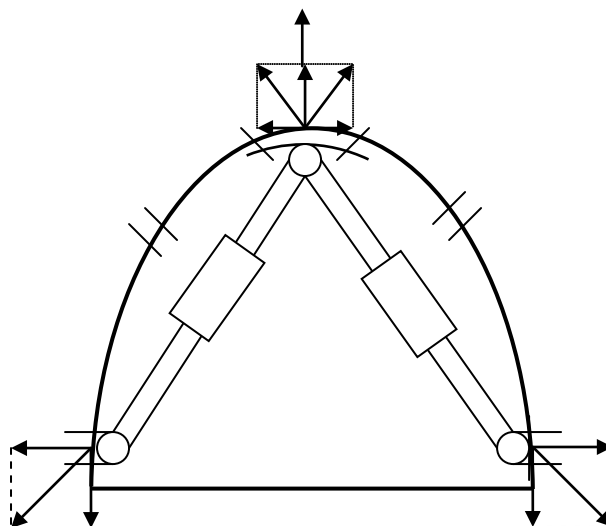
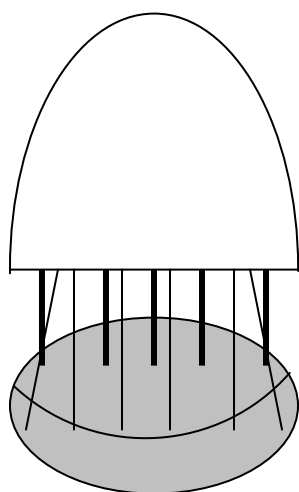


Рисунок 5.16 — Схема предварительного распора МГИ.

5 группа – комбинированные способы.

Комбинированные способы представляют собой различные технически целесообразные комбинации ранее рассмотренных способов повышения устойчивости подготовительных горных выработок. Рассмотрим на примере АРПУ.

Активная разгрузка с последующим упрочнением (АРПУ).



Суть способа заключается в следующем:

бурятся шпуровые заряды, в них производится камуфлетное взрывание ВВ. Возникает область разрыхленных пород. Потом бурятся более короткие шпуровые заряды и в них под давлением нагнетается упрочняющий состав. АРПУ уменьшает пучение почвы в 2-4 раза.

По сравнению с ВЦР, метод более эффективен, но он более дорогой, многооперационный, требует

спецоборудования, высокой квалификации рабочих.

Поэтому применяется в выработках с большим сроком службы.

6 СХЕМА СДВИЖЕНИЯ ТОЛЩИ ГОРНЫХ ПОРОД И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПОЛОГОГО ПЛАСТА ОДИНОЧНОЙ ЛАВОЙ

На момент сдачи шахты в эксплуатацию проводится до 40 км и более выработок. На действующих шахтах поддерживается до 60 км и более выработок. Около 90% суммарной протяженности горных выработок испытывают влияние очистных работ. Существует две общепризнанные схемы сдвижения ГП: ДПИ и ВНИМИ. Принципиального отличия между ними нет. В схеме ДПИ выделяют 9 характерных зон (рис. 6.1).

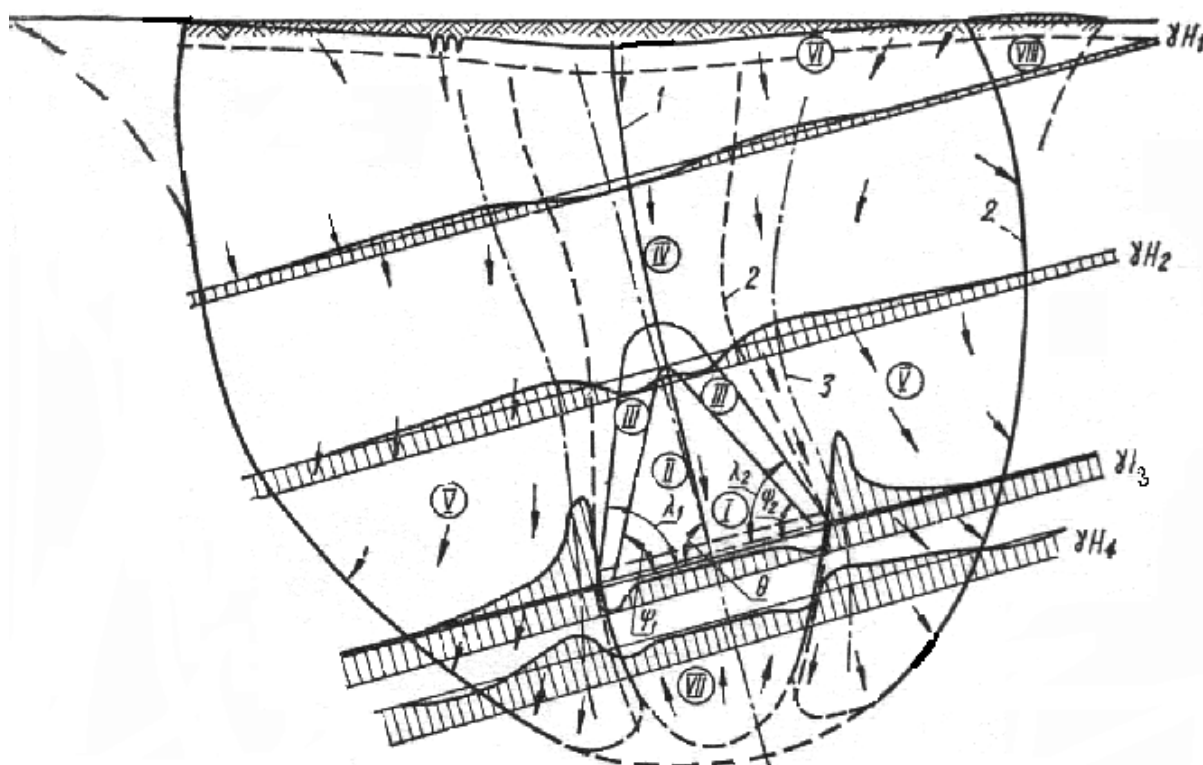


Рисунок 6.1 — Схема сдвижения толщи горных пород.

В результате выемки угольного пласта в зоне влияния лавы происходит сдвигание подработанной толщи ГП и изменение напряженного состояния, формируются следующие зоны:

I зона — зона беспорядочного обрушения ГП, $h_I=(2-6)m$

При обрушении ГП дробятся на мелкие куски, образуя подзону мелкодробленых пород. Ее высота равна (1-2)m. В этих породах проводятся выработки по обрушенным и уплотненным породам. Вышележащие породы I зоны обрушаются блоками, более крупными кусками. Связь этих пород с окружающими породами отсутствует. При обрушении породы I зоны увеличиваются в объеме ($K_p=1,6-2,2$) и подбучивают вышележащие породы II зоны.

II зона — зона полных сдвижений ГП.

$h_{I+II}=(0,8-1)l$, где l — длина лавы.

В результате разрушения слоев ГП во II зоне возникает боковой распор (за счет увеличения объема). В результате подбучивания породами I зоны и бокового распора отдельные блоки из слоев не выпадают. Поэтому после завершения сдвижения слои ГП II зоны занимают положение, параллельное исходному. Породы II зоны можно сравнить с сухой кирпичной кладкой.

Породы I и II зон составляют ядро свода полных сдвижений. По бокам ядра располагается III зона.

III зона — зона максимальных деформаций и прогибов ГП.

Ширина этой зоны: $b_{III}=(1-2)l_{обр. \text{ о.к.}}$

где $l_{обр. \text{ о.к.}}$ — шаг обрушения пород основной кровли.

Когда над менее жестким слоем ГП расположен более жесткий слой, тогда происходит расслоение пород в III зоне. В противном случае расслоение не происходит (рис.6.2).

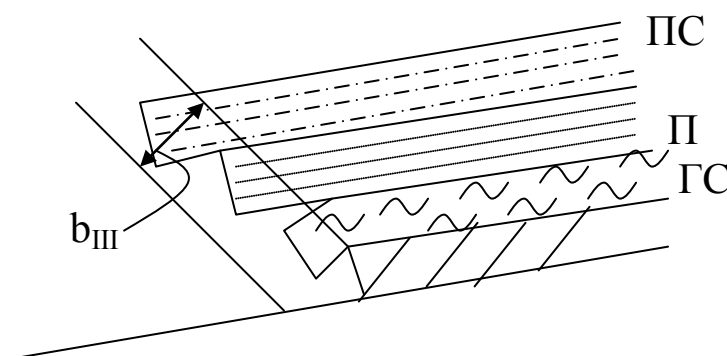


Рисунок 6.2 — Характер деформаций горных пород в III зоне.

Забои дегазационных скважин, пробуренных на вышерасположенные спутники, должны попадать в III зону, в которой скапливается метан. При этом эффективность дегазации будет максимальной.

Нельзя располагать выработки выше расположенных пластов или полевые в III зоне, т.к. в результате сдвижения пород III зоны крепь выработки будет полностью деформирована.

I, II и III зоны образуют свод полных сдвижений. Этот свод ограничивается углами полных сдвижений: по падению ψ_1 , по восстанию — ψ_2 и по простиранию — ψ_3 .

На пологом падении для уже отработанной лавы эти углы равны между собой $\psi_1 \cong \psi_2 \cong \psi_3 = 60^\circ - 70^\circ$. Для отрабатываемой лавы $\psi_1 \cong \psi_2 = 60^\circ - 70^\circ$, а $\psi_3 = 45^\circ - 55^\circ$.

В вершине свода полных сдвижений залегает плита (слой прочных пород), конфигурация которой в уменьшенном масштабе повторяет форму выработанного пространства. Длина этой плиты по падению l_0 — предельный пролет, составляющий 10-50м.

Над сводом полных сдвижений расположена IV зона.

IV зона — зона плавных прогибов слоев без их деления на отдельные блоки (нет трещин в слоях, т.к. прогибы малы). По аналогии с III зоной в IV зоне возможно расслоение ГП. Границы IV зоны установлены на моделях из эквивалентных материалов. Определить их в шахтных условиях невозможно.

V зона — зона проявления опорного давления.

Опорное давление обуславливается весом зависающих над выработанным пространством консолей (1) и пород IV и VI зон (2). Для слоев ГП с одинаковой жесткостью место защемления консолей будет находиться на перпендикуляре, проведенном через кромку угольного пласта (рис. 6.3).

Для идеально упругого угольного пласта максимум опорного давления находился бы над кромкой массива. В реальных условиях, в результате отжима угля максимум опорного давления смещается в глубь массива на величину a ; для условий Донбасса

$$a = 1/3 * L_{оп}.$$

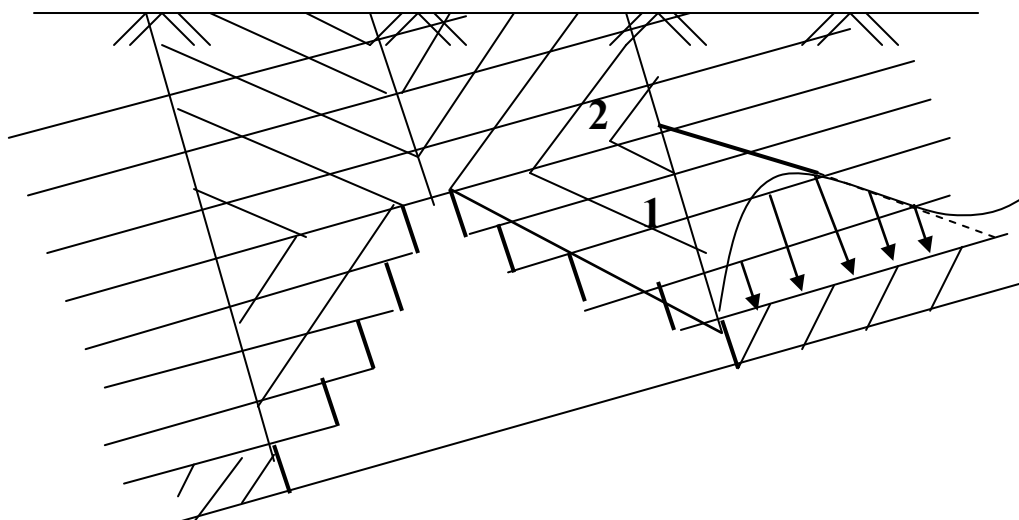


Рисунок 6.3 — Схема, объясняющая возникновение опорного давления.

В почву пласта опорное давление распространяется на расстояние равное $(1 \div 2) L_{\text{оп}}$. По мере удаления от пласта в кровлю размер зоны опорного давления $L_{\text{оп}}$ возрастает, а $P_{\text{оп}}^{\text{max}}$ уменьшается.

При удалении от разрабатываемого пласта в почву и $L_{\text{оп}}$ и $P_{\text{оп}}$ уменьшаются. Это объясняется рассеиванием энергии при отсутствии в узлах кристаллической решетки ионов, т.е. при дефекте кристаллической решетки, а также поглощением энергии, затраченной на сжатие слоев ГП.

При необходимости расположить полевую выработку в зоне опорного давления, исходя из вышеописанного изменения параметров опорного давления, ее лучше расположить как можно дальше от пласта. Однако, соединяющая пластовый и полевой штреки сбойка будет «задавлена» при любом расположении штрека. Кроме того, с технологической точки зрения, полевые выработки проводятся на расстоянии от пласта, равном 10-40м.

Согласно ПБ при угле наклона сбоя более 10° , ее длина не должна превышать 30м.

Таким образом, располагать полевые выработки в зоне опорного давления не целесообразно.

Зона проявления опорного давления характеризуется двумя параметрами: $L_{\text{оп}}$ и $K_{\text{оп}}^{\text{max}}$.

$$L_{\text{оп}} = 250 \sqrt{mH} \left(\frac{1 + \frac{1}{f}}{1 + f^2} \right) * n$$

где m — вынимаемая мощность пласта, м;

H — глубина разработки, м;

f — коэффициент крепости вмещающих пород на контуре горной выработки;

n — коэффициент, учитывающий обрушаемость пород основной кровли. Он имеет следующие значения:

легкообрушаемая	$l_{\text{обр. о.к.}} \leq 10\text{м}$	$n=0,6$
среднеобрушаемая	$l_{\text{обр. о.к.}} = 10-30\text{м}$	$n=0,8$
труднообрушаемая	$l_{\text{обр. о.к.}} > 30\text{м}$	$n=1,0$

$$K_{\text{оп}}^{\text{max}} = P_{\text{оп}}^{\text{max}} / (\gamma H)$$

Для шахт Донбасса $K_{\text{оп}}^{\text{max}} = 2,5 \div 4,5$. По данным И.Л.Черняка — до 9.

VI, VIII, и IX зоны (на разрезе по простиранию) детально изучаются в курсе маркшейдерии. Для охраны подземных горных выработок значения не имеют. Поэтому в данном курсе они не рассматриваются.

VII зона — зона разгрузки.

Глубина зоны разгрузки составляет $h_{\text{VII}} = (0,5-0,8)l_{\text{д}}$.

В нетронутом массиве давление на единичную площадку почвы пласта сверху равно γH , реакция снизу равна этой же величине. После выемки угольного пласта на эту единичную площадку сверху давят только лишь породы свода полных сдвижений (давление резко уменьшилось), реакция снизу остается прежней, т.е. γH , происходит нарушение равновесия ГП. В результате этого породы почвы пласта поднимаются в выработанное пространство лавы. Происходит расслоение и увеличение в объеме этих пород и, как следствие, уменьшение величины напряжения в них, формируется зона разгрузки. По данным М.П.Зборщика поднятие пород почвы в средней части лавы в выработанном пространстве достигает 300мм.

Полевые выработки необходимо располагать в зоне разгрузки.

7 ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ПО ПЕРИМЕТРУ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА. ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗОН ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ И РАЗГРУЗКИ ПО МЕРЕ РАЗВИТИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Выше рассмотренная схема сдвижения толщи ГП дана в статике для одиночной лавы, при отходе лавы от разрезной печи значительно большем ее длины. В реальных условиях в крыле панели или шахтного поля отрабатывается несколько лав. При этом схема сдвижения подработанной толщи ГП и перераспределения напряжений имеет отличия. Выделяют 4 варианта развития горных работ:

I вариант

Отрабатывается одиночная лава. При этом размеры выработанного пространства по падению L меньше, а по простиранию S больше средней глубины разработки H , т.е. имеет место неполная подработка земной поверхности. По мере отхода лавы от разрезной печи увеличивается высота свода полных сдвижений, увеличивается длина и масса зависающих над выработанным пространством консолей, увеличивается масса пород IV и VI зон, залегающих над плитой и консолями свода. Все это приводит к увеличению значений $P_{оп}$ и длины проявления зоны опорного давления $L_{оп}$. Это увеличение будет происходить до тех пор, пока отход лавы от разрезной печи станет равен ее длине, пока выработанное пространство наберет «квадрат», т.е. $S=L$ (рис. 7.1).

В этом положении II происходит незначительное перераспределение опорного давления, а именно, увеличивается по восстанию и падению и уменьшается по простиранию выработанного пространства. Это изменение обуславливается весом ГП, показанных на разрезах горизонтальной штриховкой. При дальнейшем продвижении лавы $P_{оп}$ и $L_{оп}$ остаются постоянными.

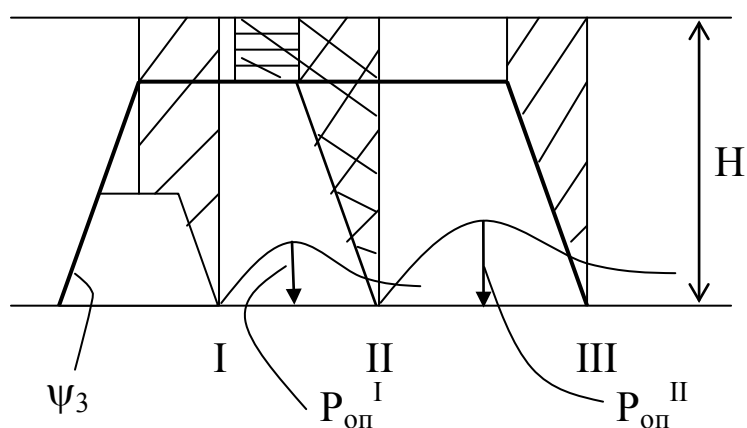
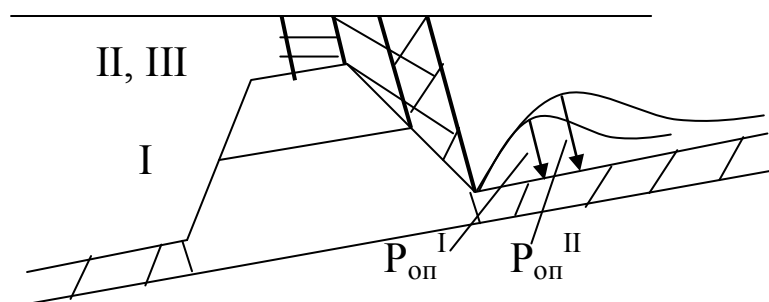
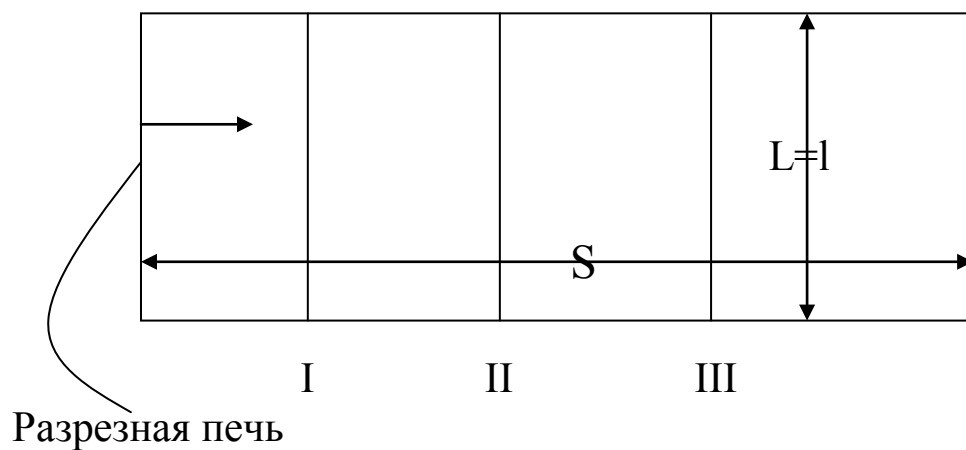


Рисунок 7.1 — Перераспределение опорного давления в I варианте.

II вариант

При отработке очередной лавы, примыкающей к ранее выработанному пространству, своды полных сдвижений объединяются. Размеры суммарного выработанного пространства $S \geq H$; $L = (L_1 + l) < H$ обуславливают неполную подработку земной

поверхности. В результате увеличения высоты суммарного свода полных сдвижений увеличиваются вес зависающих над выработанным пространством консолей и вес выше лежащих пород. Это приводит, по сравнению с первым вариантом, к значительному увеличению $P_{оп}$ и $L_{оп}$. Увеличение $P_{оп}$ и $L_{оп}$ будет происходить до тех пор, пока отход лавы от разрезной печи станет равен суммарному размеру выработанного пространства по падению, т.е. $S_1 = L = L_1 + l$.

При отходе лавы от разрезной печи на величину равную ее длине $P_{оп}$ и $L_{оп}$ будут большими, чем в I варианте, а при $S = L = L_1 + l$ — эти значения будут максимальными и при дальнейшем продвижении лавы остаются постоянными.

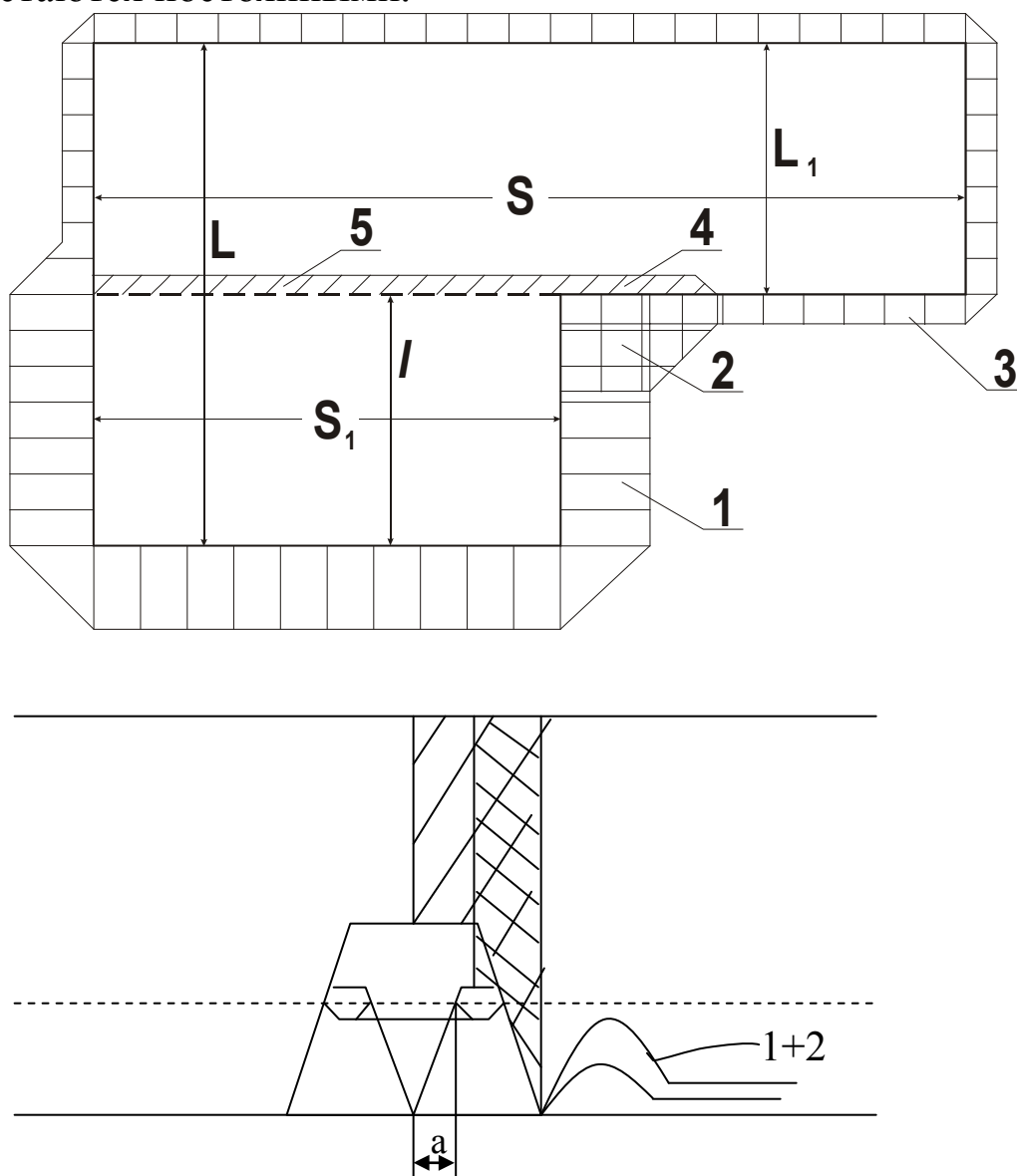


Рисунок 7.2 — Перераспределение опорного давления во II варианте.

На вышеприведенном рисунке изображены:

- 1 — зона временного опорного давления впереди движущейся лавы.
- 2 — зона суммарного опорного давления (временное+стационарное) впереди движущейся лавы. Ее длина примерно в 1,5-2 раза больше, чем в зоне 1.
- 3 — зона стационарного опорного давления в окрестности ранее выработанного пространства.
- 4 — зона активизации (дополнительных сдвижений пород) впереди движущейся лавы.
- 5 — зона активизации сдвижений пород позади движущейся лавы над ранее выработанным пространством.

Длина по простиранию участка активного оседания пород над выработанным пространством позади движущейся лавы примерно равна длине отрабатываемой лавы.

III вариант

Характеризуется тем, что при отработке очередной лавы наступает полная подработка земной поверхности, т.е. $L=(L_1+l)\geq H$ и $S>H$. В этом случае по мере отхода лавы от разрезной печи $P_{оп}$ и $L_{оп}$ возрастают до тех пор, пока свод полных сдвижений не выйдет на поверхность, т.е. $S_1=H$, $L\geq H$ (рис. 7.3).

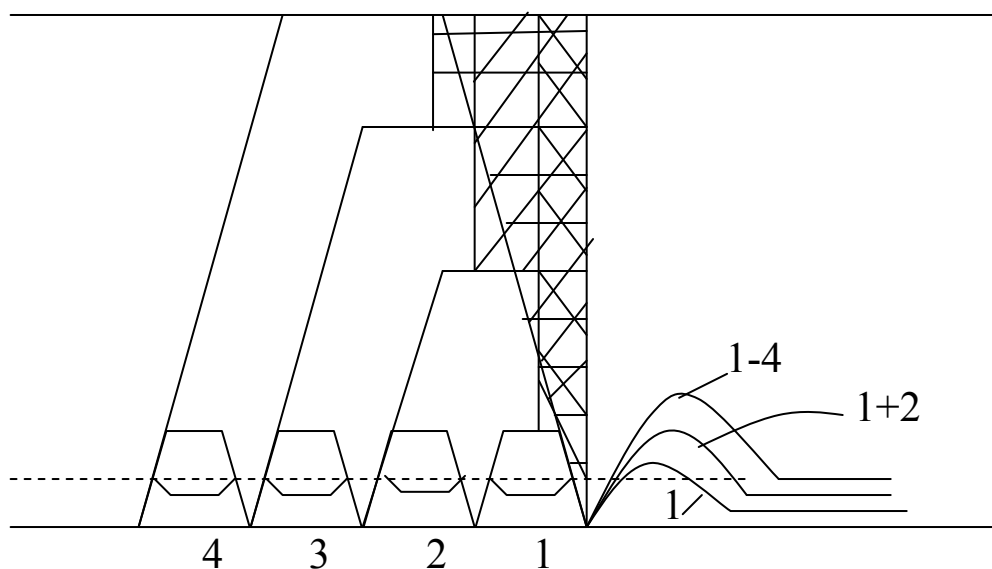


Рисунок 7.3 — Изменение параметров свода полных сдвижений и зоны опорного давления в III варианте.

По мере увеличения выработанного пространства по падению увеличивается высота свода полных сдвижений, а, следовательно, и давление пород этого свода на почву отработанного пласта. Размер зоны разгрузки по падению возрастает каждый раз на длину лавы, высота зоны разгрузки возрастает более медленно. При выходе свода полных сдвижений на земную поверхность зона разгрузки примерно в середине выработанного пространства исчезает и сохраняется только под зависающими консолями. Причем глубина зоны разгрузки и эффект разгрузки у границ выработанного пространства больше, чем в средней части его (рис. 7.4).

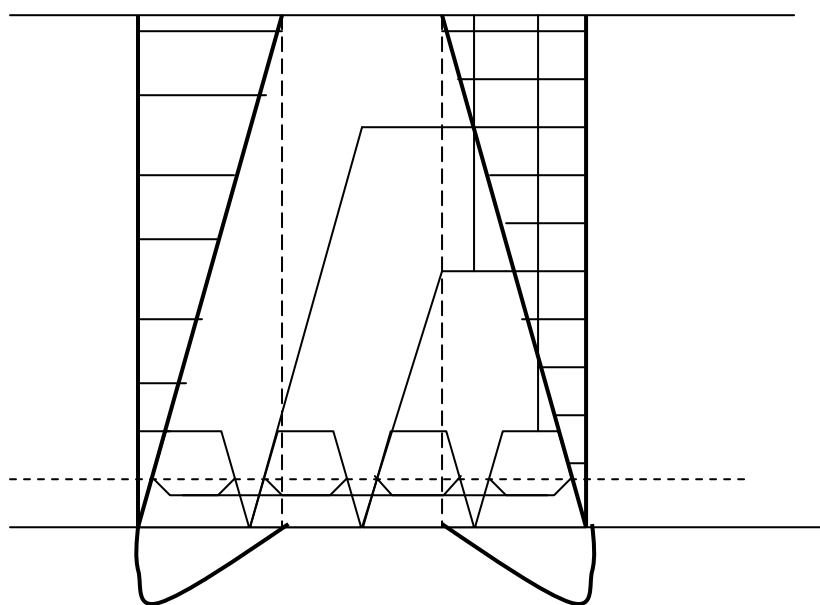


Рисунок 7.4 — Зона разгрузки сохраняется под зависающими консолями горных пород.

IV вариант

Характеризуется соотношениями:

$$S > H; L_1 > L + l > H$$

В окрестности выработанного пространства опорное давление полностью стабилизируется. Подработанная толща полностью осела на почву пласта.

8 МЕХАНИЗМ И ОСОБЕННОСТИ СДВИЖЕНИЯ ТОЛЩИ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ СВИТЫ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ

Пласты в свите отрабатывают в нисходящем (сверху вниз) или в восходящем порядке (снизу вверх). Чаще пласты отрабатываются в нисходящем порядке.

Пласты разрабатывают в свите последовательно, и стремятся работать одновременно как можно меньшее их количество.

При одновременной отработке двух и более пластов горные работы по одному из пластов существенно опережают по падению или простиранию горные работы в смежном пласте. Имеет место подработка или надработка пластов.

Рассмотрим пример разработки двух пластов. Пласты отрабатываются в свите последовательно.

Особенности схемы сдвижения при разработке пластов в нисходящем порядке.

При отработке надработанного пласта m_2 сдвижение толщи пород междупластья будут практически такими же, как и при разработке одиночного пласта (рис. 8.1).

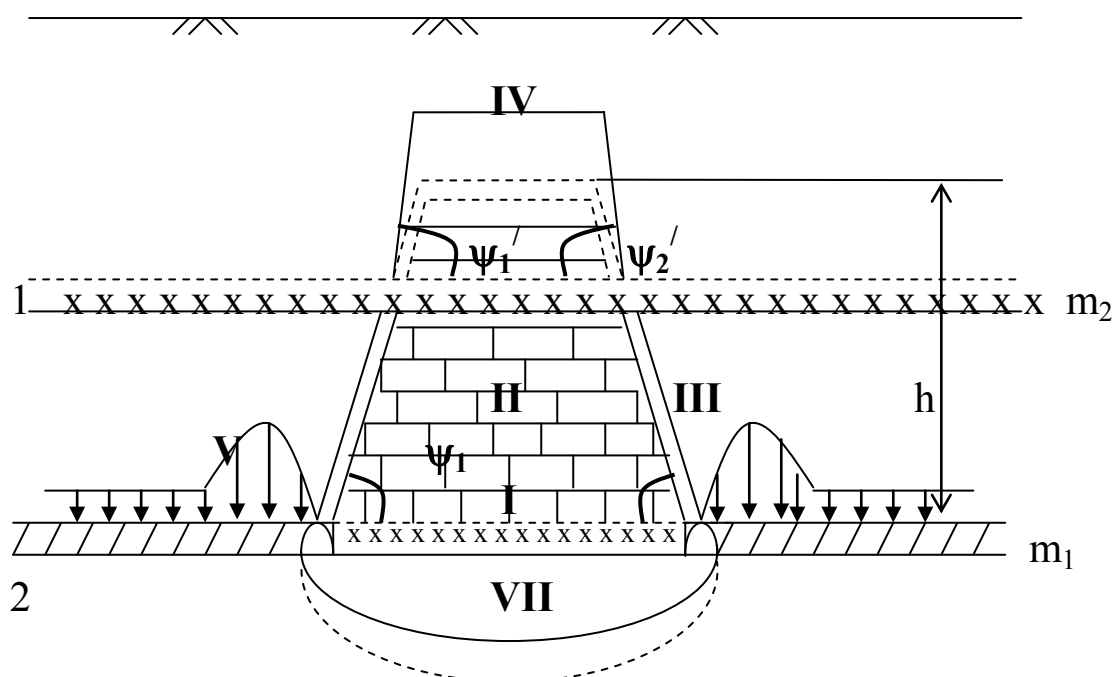


Рисунок 8.1 — Особенности схемы сдвижения при разработке свиты пластов в нисходящем порядке.

Породы, залегающие над верхним пластом, претерпевают повторную подработку, поэтому углы полных сдвижений будут больше, чем при первичной подработке $\psi_1' \cong \psi_2' \cong 70^\circ - 80^\circ$. Высота свода полных сдвижений увеличится.

В пределах области полных сдвижений в ранее подработанной толще сдвижения во времени будут происходить быстрее, чем сдвижения пород междупластья.

В зоне IV (плавных прогибов) сдвижения во времени будут протекать быстрее в связи повторной подработкой, и площадь зоны IV на разрезе вкрест простирания будет больше по сравнению с разработкой одиночного пласта.

V зона — зона опорного давления. Опорное давление у границ выработанного пространства подработанного пласта будет меньше, чем при разработке одиночного пласта свиты.

A, следовательно, будут меньше его параметры: длина зоны проявлений опорного давления и коэффициент концентрации опорного давления.

VII зона — зона сдвижений в сторону выработанного пространства (поднятия пород) или зона разгрузки.

При разработке надработанного пласта при прочих равных условиях зона VII будет меньше, чем при разработке одиночного пласта. Но степень разгрузки пород в зоне VII по величине будет больше, чем при разработке одиночного пласта.

Восходящий порядок отработки пластов в свите.

Породы, залегающие выше пласта m_2 , повторно подрабатываются. Поэтому углы полных сдвижений будут большими, чем при отработке одиночного пласта. Это приведет к увеличению высоты свода полных сдвижений по сравнению с отработкой одиночного пласта (рис. 8.2).

Условия подработки пласта:

Подрабатывать пласт m_2 пластом m_1 можно, если мощность междупластья $M > 6m_1$.

Опорное давление у границ подработанного пласта при прочих равных условиях будет меньше, чем у границ одиночного пласта.

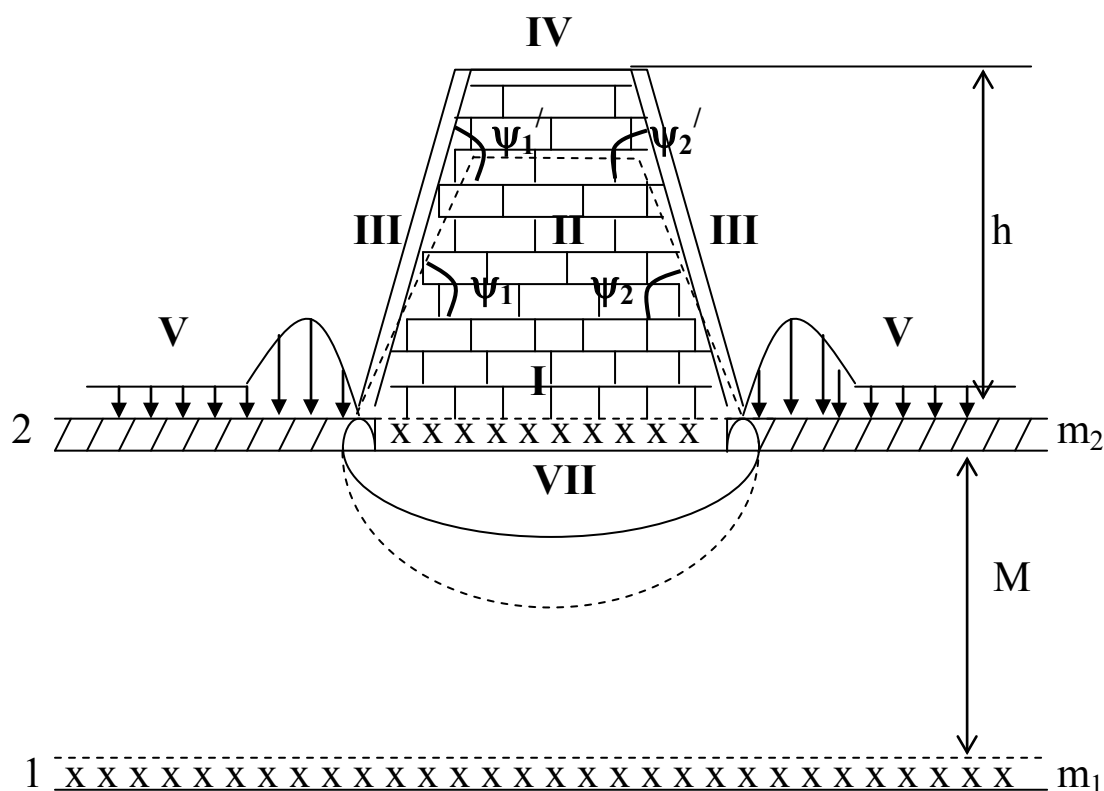


Рисунок 8.2 — Схема сдвижения при разработке свиты пластов в восходящем порядке.

Длина зоны проявления опорного давления у границ подработанного пласта по данным моделирования эквивалентными материалами примерно в 1,5-2 раза меньше, чем при разработке одиночного пласта.

По площади зона VII будет меньше, но эффект разгрузки будет больше.

При весьма малой мощности междупластья можно считать опорное давление практически одинаковым у границ наработанного и подработанного пластов.

При одинаковых вмещающих породах пластов, как правило, применяется нисходящий порядок их отработки.

При разнопрочных вмещающих породах в первую очередь необходимо разрабатывать пласт с более прочными породами. Если более прочные вмещающие породы имеет нижний пласт, то необходимо учитывать, что, как уже отмечалось, подработка

верхнего пласта допускается при $M \geq 6m_1$. Не допускается при этом подработка горных выработок верхнего пласта.

9 ОСОБЕННОСТИ СХЕМЫ СДВИЖЕНИЯ ПРИ ОТРАБОТКЕ КРУТОПАДАЮЩИХ ПЛАСТОВ

На крутом падении процесс сдвижения подработанной толщи горных пород начинается с ее расслоения. Породы перемещаются в направлении, перпендикулярном напластованию. Тангенциальная составляющая силы веса, способствует отрыву кусков, блоков пород. Обрушившиеся породы скатываются в нижнюю часть лавы и подбучивают породы кровли, верхняя часть лавы остается практически не подбученной. В связи с этим схема сдвижения имеет, по сравнению с пологим падением, следующие особенности (рис.9.1):

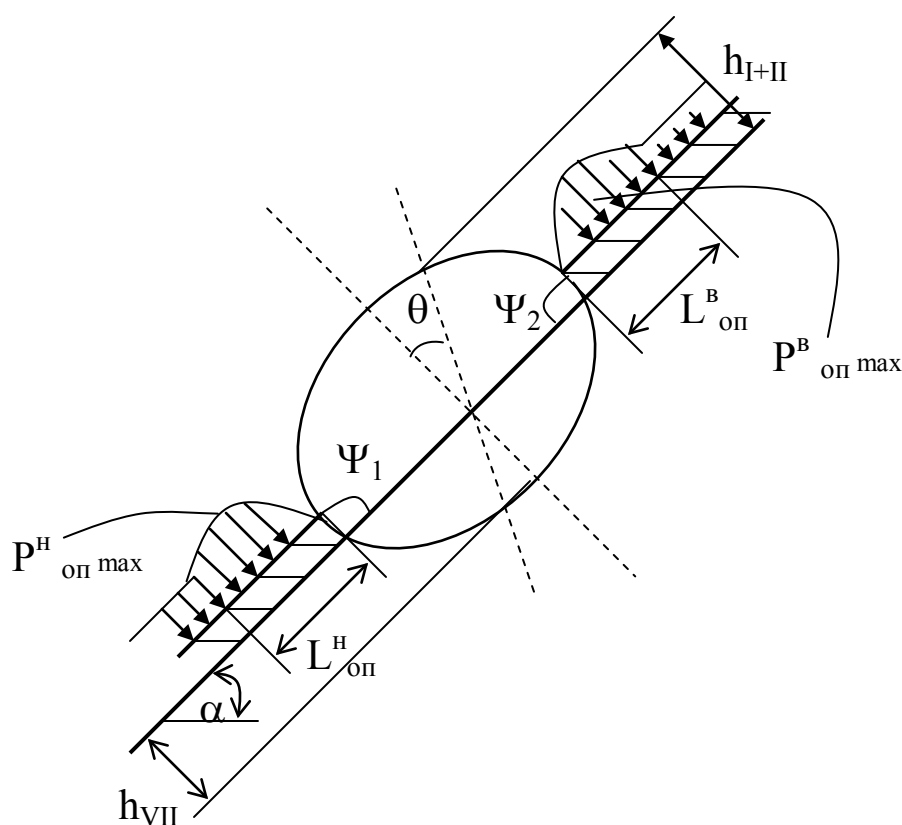


Рисунок 9.1 — Схема сдвижения при отработке крутопадающего пласта.

- 1). $\Psi_2 > \Psi_1$ При этом Ψ_2 может быть больше 90° .
- 2). Т.к. длина зависящих консолей у откаточного штрека и глубина расположения откаточного штрека будут больше, чем у вентиляционного штрека, то и $L^H_{оп} > L^B_{оп}$, а так же $P^H_{оп max} > P^B_{оп max}$.
- 3). Максимум свода полных сдвижений и зоны разгрузки находятся на линии, проведенной к перпендикуляру к

напластованию, восстановленному в центре лавы, под углом θ . Причем, при увеличении угла падения (α) до 60° , θ увеличивается от 0 до 26° , и при дальнейшем увеличении угла падения от 60° до 90° происходит снижение θ от 26° до 0° ;

4). $h_{I+II}=(0,6-0,8)l$; $h_{VII}=(0,5-0,7)l$.

5). На крутом падении на призабойную крепь в лаве или крепь подготовительной горной выработки оказывает влияние нормальная составляющая силы веса N (рис.9.2).

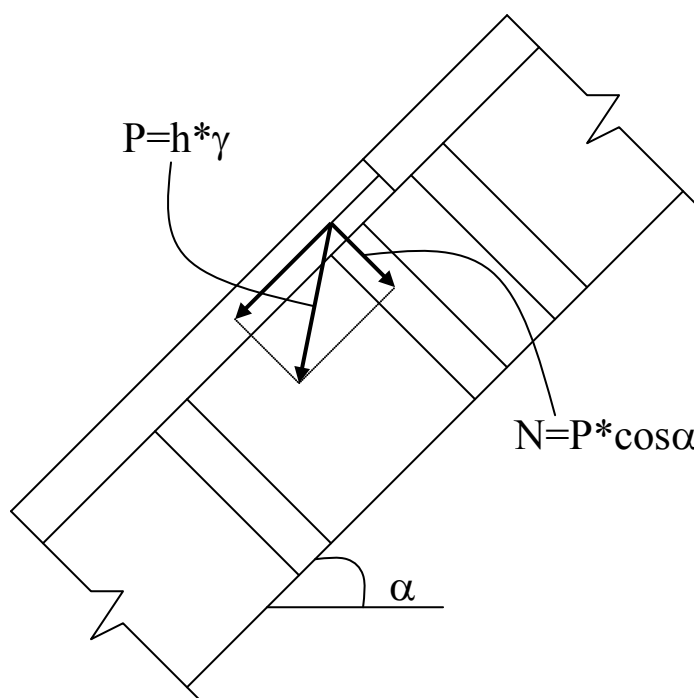


Рисунок 9.2 — Силы, действующие на призабойную индивидуальную крепь в лаве.

Здесь: h — мощность пород, участвующих в пригрузке крепи.
 $h \leq 10-30\text{м}$.

Т.к. средний угол разрабатываемых крутых пластов равен 60° , то при прочих равных условиях давление на крепи, а также $P_{оп}$ и $L_{оп}$ на крутом падении примерно в 2 раза меньше, чем на пологом.

В связи с этим состояние штреков на крутом падении, по сравнению с пологим падением, на первый взгляд должно быть лучшим. Однако, практически все штреки крепятся арочной крепью, имеющей податливость в вертикальном направлении, а перемещение

пород происходит в направлении, перпендикулярном напластованию (рис.9.3). Поэтому происходит заклинивание замка и деформация крепи.

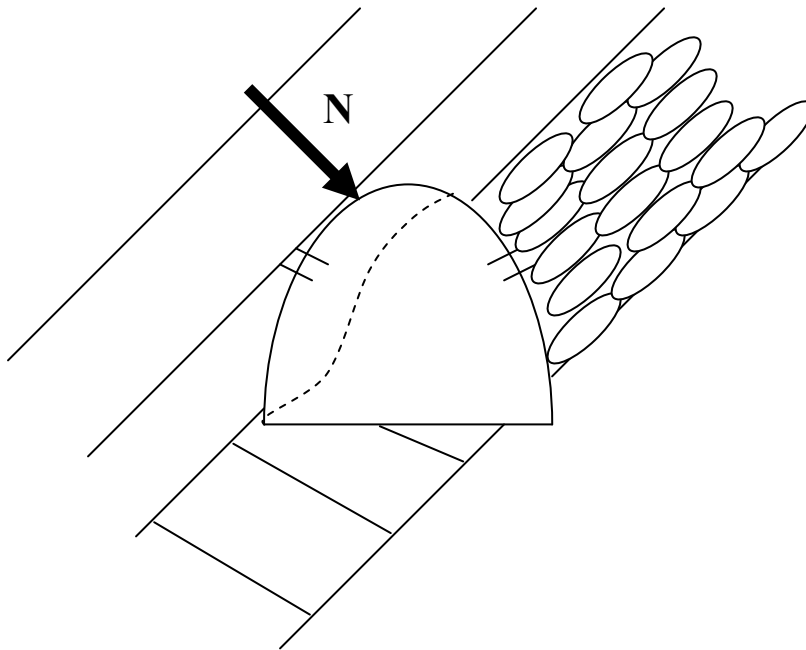


Рисунок 9.3 — Направление действия нагрузки на крепь выработки.

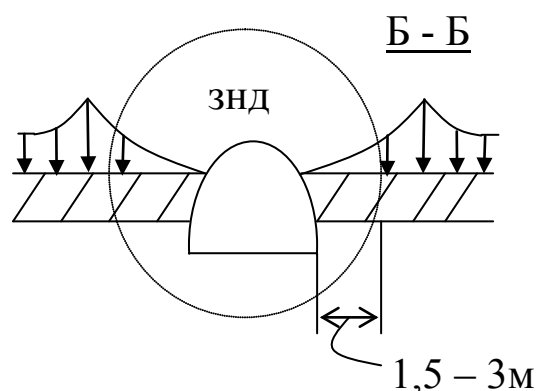
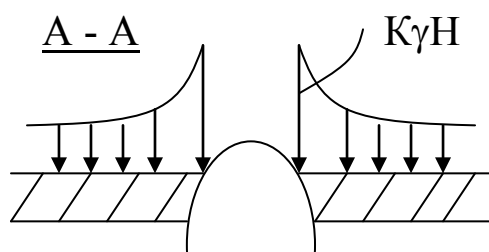
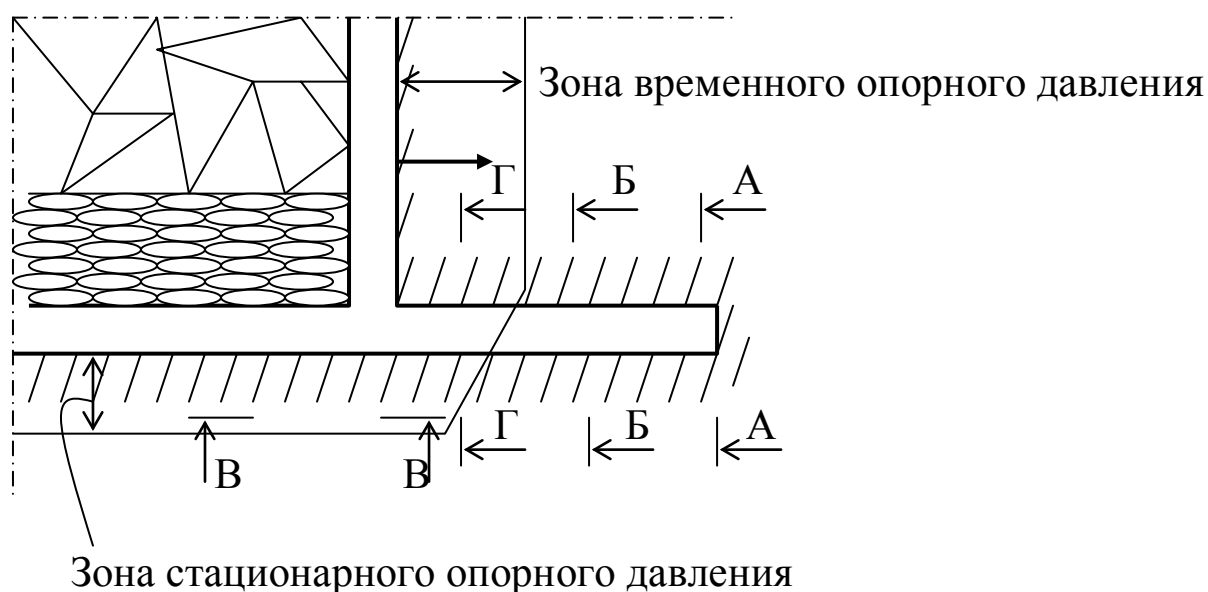
Для того, что бы исключить перекрепление выработки, ее необходимо крепить четырехзвенной крепью, имеющей податливость как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. В ДПИ была разработана четырехзвенная, податливая арочная крепь ПАК 4. Она представляет собой четыре одинаковых элемента (сегмента). Многолетние шахтные испытания показали ее хорошую работоспособность.

10 ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОЧИСТНЫХ И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Ранее отдельно рассматривалось изменение напряженно – деформированного состояния ГП, вмещающих подготовительную выработку и возникновение локальной концентрации напряжений, а также схема сдвижения подработанной толщи ГП и возникновение опорного давления при отработке лавы.

При ведении очистных работ имеет место взаимное влияние очистных и подготовительных горных работ (рис. 10.1).

Рассмотрим для удобства изображения горизонтальное залегание пласта и II тип НДС.



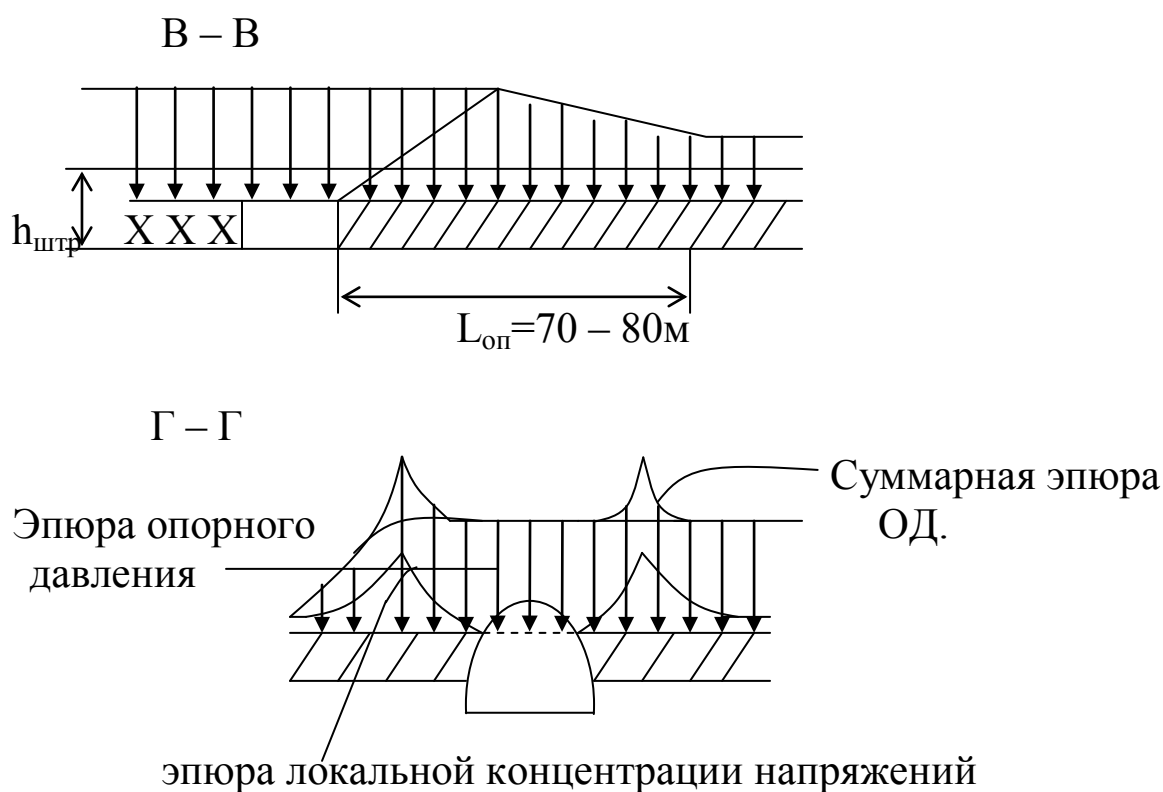


Рисунок 10.1 — Взаимовлияние очистного и подготовительного забоев.

При отработке лавы по любой системе разработки происходит наложение зоны локальной концентрации напряжений, вызванной проведением подготовительной выработки, с зоной опорного давления, обусловленной отработкой лавы. В результате наложения эпюры локальной концентрации напряжения с эпюрой опорного давления в зоне влияния лавы происходит резкое увеличение значения напряжения в породах, вмещающих подготовительную выработку (см. разрез по Г – Г на рис. 10.1).

В результате наложения эпюр НДС вмещающих пород изменяется, увеличивается давление на крепь подготовительной горной выработки, ухудшается ее состояние.

11 СТРУКТУРНАЯ ФОРМУЛА НАКОПЛЕНИЯ СМЕЩЕНИЙ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКЕ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ОЧИСТНОМУ ЗАБОЮ

В зависимости от принятой системы разработки величина смещений на контуре подготовительной выработки будет различной. Смещения рассчитываются для начала и конца выработки за весь срок ее службы.

Для откаточного штрека, проводимого с опережением по отношению к очистному забою большим, чем $L_{оп}$, смещения кровли равны (рис. 11.1):

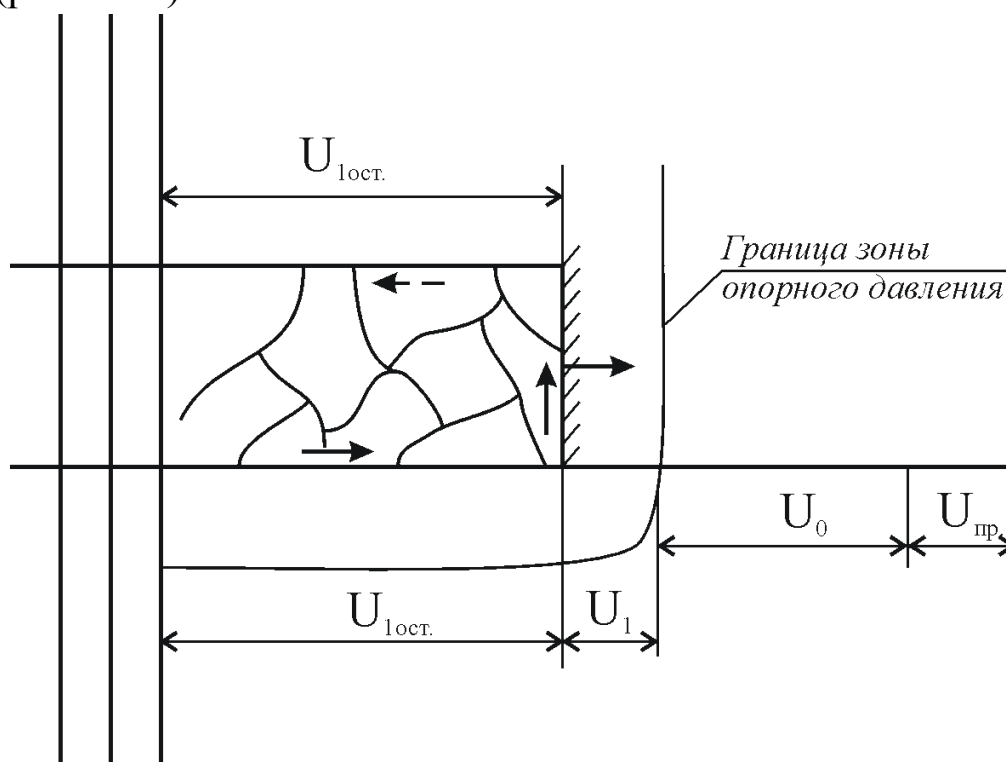


Рисунок 11.1 — Сплошная система разработки без повторного использования штреков.

$U_k = U_{пр} + U_0 + U_1 + U_{1\text{ост.}}$ (в том случае, если выработка повторно не используется)

Для вентиляционного штрека, проводимого вслед за лавой и повторно не используемого

$$U_k = U_{1\text{ост.}}$$

В том случае, когда бывший откаточный штрек используется в качестве вентиляционного при отработке нижней лавы и

поддерживается все время отработки 2-й лавы, смещения в штреке будут равны. (рис.11.2):

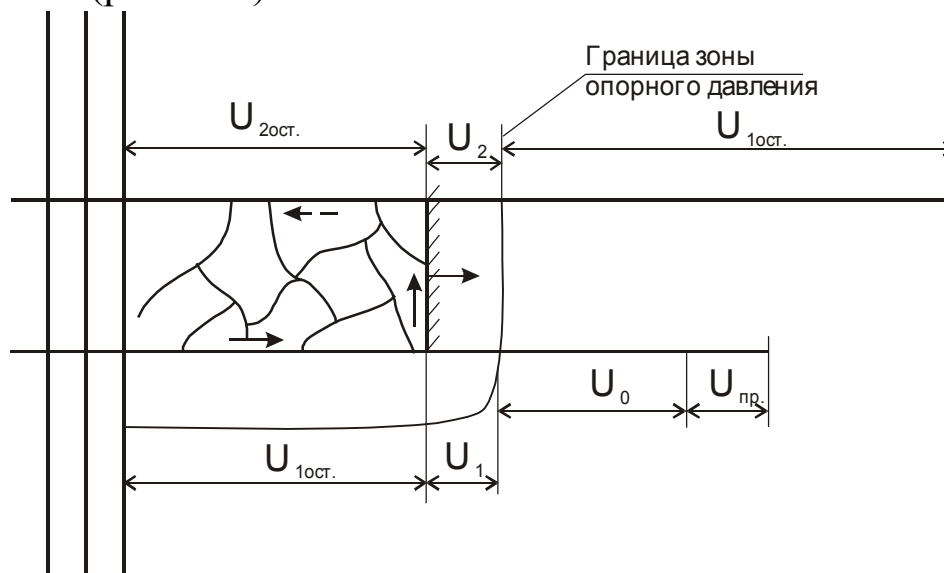


Рисунок 11.2 — Комбинированная система разработки с повторным использованием откаточного штрека в качестве вентиляционного и поддержания его все время отработки второй лавы.

$$U_k = U_{\text{пр.}} + U_0 + U_1 + U_1 \text{ ост.} + U_2 + U_2 \text{ ост.}$$

При комбинированной системе разработки с преобладанием признаков столбовой, при повторном использовании откаточного штрека в качестве вентиляционного для нижней лавы и погашением вентиляционного штрека вслед за второй лавой смещения кровли в штреке за весь срок его службы составляют (рис. 11.3):

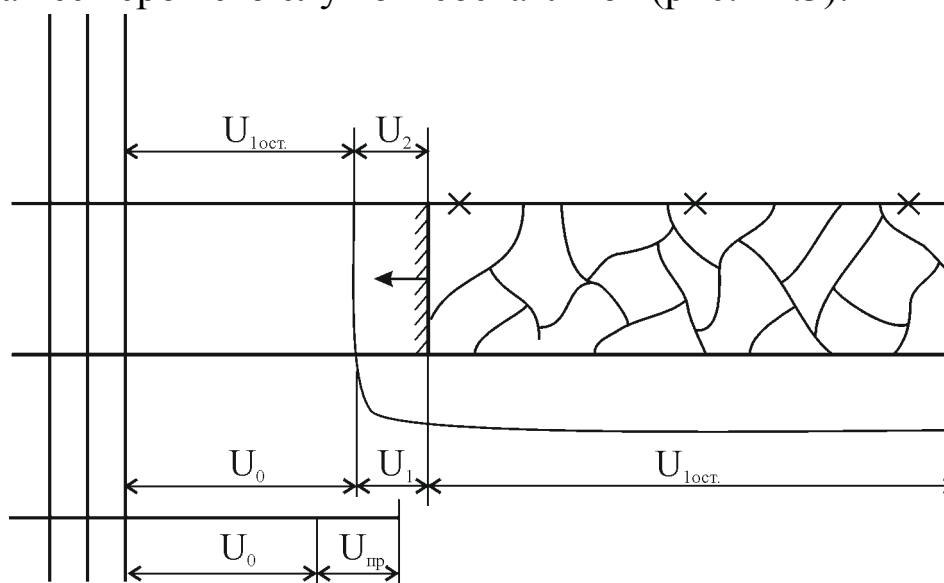


Рисунок 11.3 — Комбинированная система разработки с погашением вентиляционного штрека за второй лавой.

$$U_k = U_{\text{пр.}} + U_o + U_1 + U_{1\text{ост.}} + U_2$$

В том случае, когда вентиляционный штрек вслед за лавой не погашается, необходимо в последней формуле добавить слагаемое U_2 ост.

В выше приведенных формулах:

$U_{\text{пр}}$ — смещения, вызванные проведением выработки. В зависимости от технологии проведения они составляют от нескольких десятков до нескольких сот мм, (примерно, до 280мм).

$U_o = V_o \cdot t_o$ — смещения вне зоны влияния очистных работ т.е., в массиве, где V_o — скорость смещений в массиве (до 20-30мм\мес)

t_o — время поддержания выработки в массиве, мес.

t_o зависит от длины крыла и скорости подвигания лав.

U_1, U_2 — смещения в зонах влияния временного опорного давления соответственно при отработке 1-й и 2-й лав. Они составляют несколько сот мм (200-900).

$U_{1\text{ост.}}, U_{2\text{ост.}}$ — смещения в выработанном пространстве соответственно при отработке 1-й и 2-й лав

$$U_{1\text{ост.}} = m \cdot K_{\text{опр.}}$$

где m — вынимаемая мощность пласта в мм.

$K_{\text{опр.}}$ — коэффициент, учитывающий податливость искусственных сооружений, возводимых для поддержания повторно используемой выработки.

$$K_{\text{опр.}} = 0,1 \div 0,6.$$

В Указаниях ВНИМИ 1978г. издания принималась $U_2 = 1,4 U_1$. В последних Указаниях - $U_1 = U_2$, что не совсем правильно отражает реальность.

Т.о., для повышения устойчивости выработки, примыкающей к очистному забою, необходимо уменьшить значение суммарных смещений за весь срок ее службы. Этого можно достичь путем применения рациональной системы разработки (при сплошной — проведение штрека вслед за лавой. При столбовой — погашать штреки вслед за лавой. При комбинированной с преобладанием признаков столбовой — погашать вентиляционный штрек по мере отработки второй лавы), применением проходческого комбайна вместо БВР и т.д.

Для уменьшения смещений в нетронутом массиве U_0 необходимо применить наиболее подходящие мероприятия из рассмотренных ранее применительно к одиночной выработке (качественная забутовка или тампонаж закрепного пространства, применение рукавов “Буллфлекс” или набрызгбетона по периметру арки, ВЦР, предварительный распор). Все эти мероприятия выполняются в забое проводимой выработки. Сюда же относятся проведение выработки широким забоем или проведение в два этапа. Вне зоны влияния очистного забоя, за зоной опорного давления целесообразно применять упрочнение пород анкерами, проведение компенсационных щелей БВР или барошнековой машиной.

В зонах влияния опорного давления, а так же за лавой в зоне активного сдвижения подработанной толщи горных пород на участке (0,6-0,8)l лавы — устанавливать крепь усиления. Установка гидравлических стоек с насадками в качестве крепи усиления предпочтительнее установки деревянных ремонтин, т.к. при деревянных ремонтинах происходит концентрация опорного давления на меньшем протяжении выработки, чем при гидравлических стойках.

В случае поломки деревянной ремонтин возникает динамическая нагрузка на несколько рам, что может привести к их поломке.

Для уменьшения смещений в выработанном пространстве желательно применять искусственные сооружения с минимальной податливостью (ее имеют литые полосы, возводимые из быстротвердеющего материала). Однако жесткие искусственные сооружения применяются при вмещающих породах не ниже средней устойчивости. При слабых породах они не применяются.

Поэтому необходимо применять рациональные способы охраны выработки для ее повторного использования.

12 СПОСОБЫ ОХРАНЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК, ПРИМЫКАЮЩИХ К ОЧИСТНОМУ ЗАБОЮ

Для повторного использования выработки или оставляют угольные целики, или возводят различные искусственные сооружения.

Рассмотрим на примере пластового откаточного штрека.

1. Охрана выработки целиками угля (рис. 12.1):

Данный способ охраны применяется при любой системе разработки. Для каменных углей размер целика определяется по формуле: $l_{ц} = 0,04m \cdot H + 6$, м

Для антрацитов: $l_{ц} = 0,03m \cdot H + 6$, м,

где: m — вынимаемая мощность пласта, м;

H — глубина расположения охраняемой выработки, м. (Для средних условий Донбасса $l_{ц} = 38$ м. $L_{оп} \sim 70$ м; $a = 23$ м).

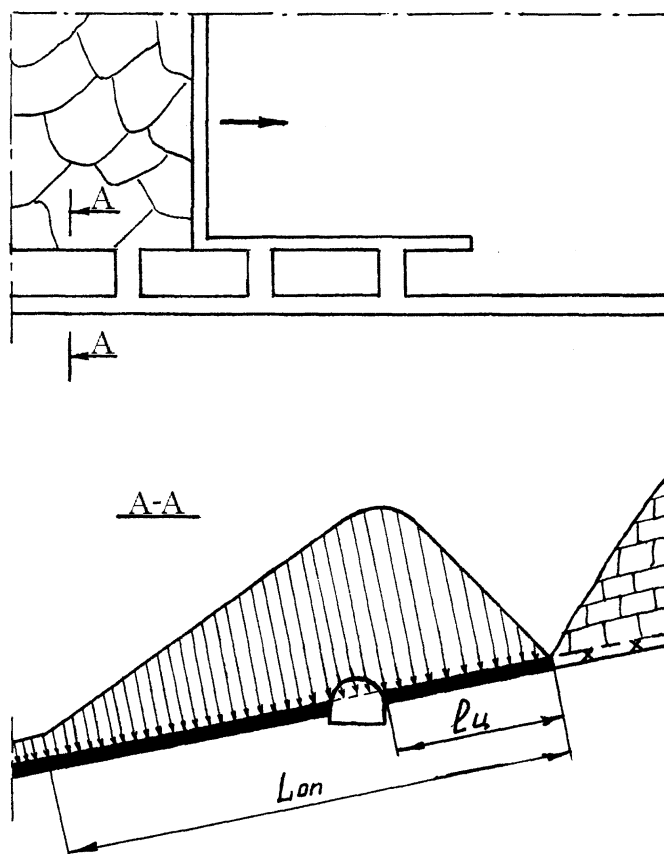


Рисунок 12.1 — Охрана выработки угольными целиками

Согласно закона о сохранении недр потери угля не должны превышать 10%. Несмотря на большие размеры оставляемых целиков угля, охраняемая выработка располагается в зоне, в которой величина опорного давления близка к максимальному значению. Поэтому данный способ охраны целесообразно применять на каменных углях до глубины 400-500 м, а на антрацитах — не более 500-600м.

Согласно ПБ, норм технологического проектирования, оставление угольных целиков не рекомендуется или запрещается на пластах, склонных к внезапным выбросам угля и газа, опасным по горным ударам, на защитных пластах, а также на пластах, склонных к самовозгоранию.

Для современных шахт Донбасса этот способ не перспективен.

В настоящее время на шахтах Донбасса более 50% лав работают по безцеликовой технологии. Для повторного использования выработки возводятся податливые (бутовые полосы, костры), жесткие (органный ряд, БЖБТ, литые полосы из быстротвердеющего материала) и ограниченно податливые (бутокостры и накатные костры) искусственные сооружения.

2. Охрана штрека односторонней бутовой полосой. (рис. 12.2)

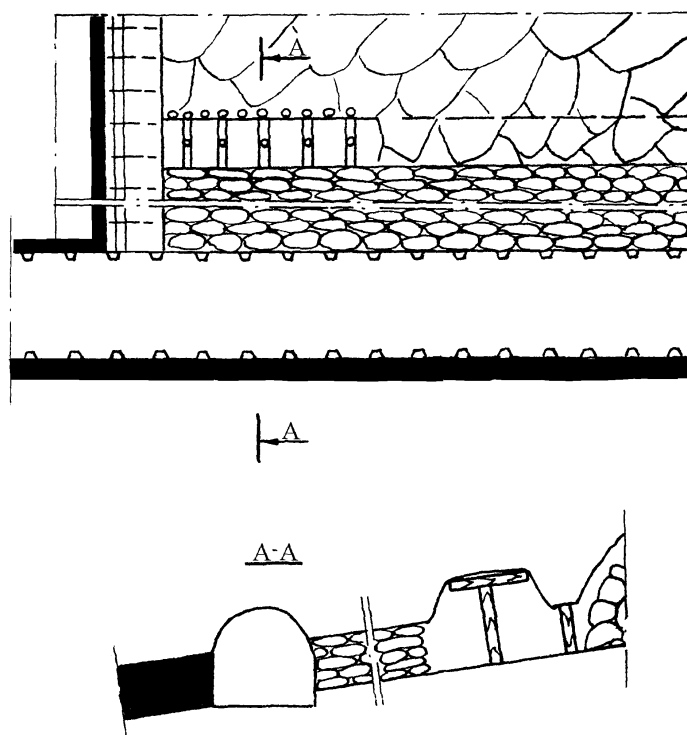


Рисунок 12.2 — Охрана выработки односторонней бутовой полосой

Данный способ охраны может применяться при любой системе разработки.

При сплошной системе разработки с большим опережением штрека относительно лавы, а также при столбовой системе разработки чаще всего порода для возведения бутовых полос берется из бутового штрека. При проведении штрека вслед за лавой или с небольшим опережением (30-50м) порода от проведения штрека может закладываться в бутовую полосу пневмозакладочными или реже скреперными установками. $L_{\text{бп}} \geq (8 \div 10)\text{м}$, но не менее 5 метров.

При возведении бутовой полосы породой, получаемой в бутовом штреке, закладка производится, как правило, скреперной установкой.

Усадка бутовой полосы при возведении пневмозакладочной установкой составляет $(0,2 \div 0,25)\text{м}$, скреперной установкой $(0,3 \div 0,4)\text{м}$ и при возведении вручную — $(0,5 \div 0,6)\text{м}$.

В результате усадки бутовой полосы и оседания залегающих над ней пород кровли возникает косонаправленная нагрузка, действующая на крепь штрека. Как правило, она приводит к деформации крепи и необходимости перекрепления выработки.

Для улучшения состояния охраняемой выработки необходимо обеспечить примерно одинаковую усадку пород кровли с обеих сторон выработки.

Этого можно достичь следующим образом:

- 1- проведением выработки с двухсторонней раскоской;
- 2- бурением разгрузочных скважин со стороны массива при односторонней бутовой полосе;
- 3- возведением в выработанном пространстве лавы жестких искусственных сооружений.

3. Охрана двусторонней бутовой полосой. (рис. 12.3)

Порода из бутового штрека закладывается в верхнюю полосу, а от подрывки в штреке — в нижнюю полосу (чаще всего скреперными установками). Длина верхней бутовой полосы принимается не менее $(8-10)\text{м}$, а нижней — $(8-10)\text{м}$. Вся порода от подрывки в штреке размещается в нижней бутовой полосе.

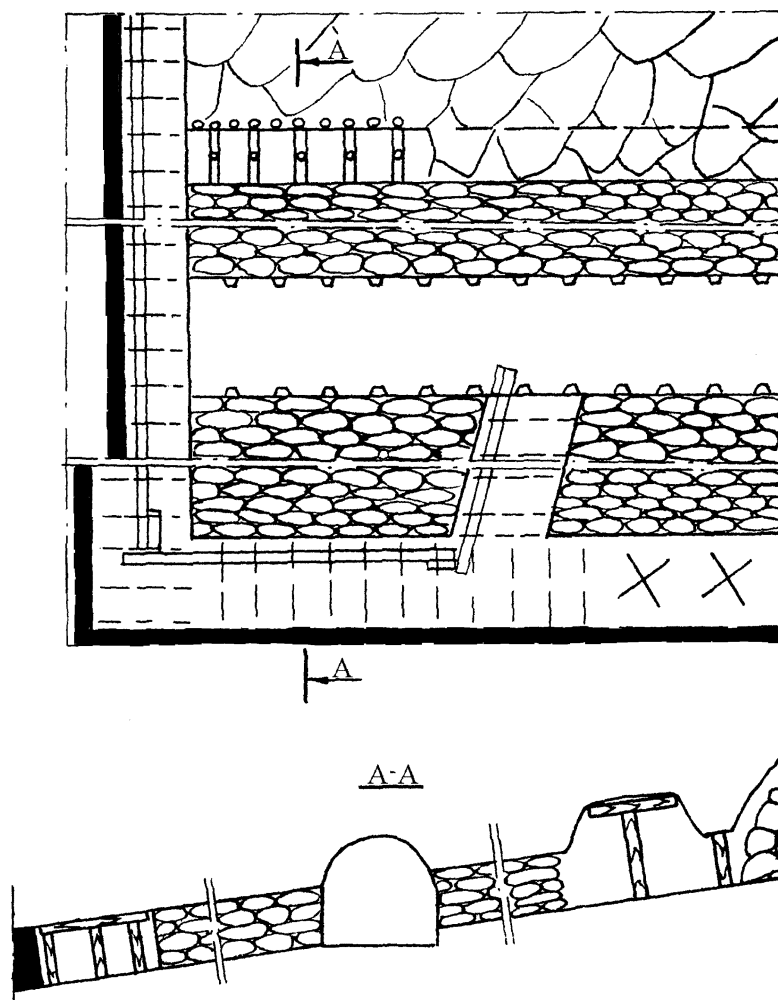


Рисунок 12.3 — Охрана выработки двусторонней бутовой полосой

Согласно ПБ отставание породного забоя в штреке от угольного забоя лавы в зависимости от применяемого оборудования в лаве должно быть не более 5;8 или 11м.

Крепь устанавливается в зоне активных сдвижений горных пород. Поэтому для обеспечения устойчивости штрека необходимо устанавливать крепь с податливостью, превышающей усадку бутовых полос, как правило, это КМП А-5.

Несмотря на значительные усложнения по сравнению с односторонней бутовой полосой схем транспорта и вентиляции, данный способ охраны получает все большее распространение на шахтах с большой глубиной разработки, на пластах со слабыми вмещающими породами и, особенно, на пластах с породами почвы, склонными к пучению.

Этот способ охраны применяется при сплошной системе разработки “лава-штрек”. Как односторонняя, так и двусторонняя бутовые полосы применяются при следующей мощности пласта:

- 1.при возведении бутовых полос вручную до 0,8-1м;
- 2.при возведении ЗУ до 1-1,2м;
- 3.при возведении пневмозакладочной установкой до 1,5м.

Применение разгрузочных скважин детально описано ранее.

Поэтому здесь не рассматривается.

4.Охрана штрека БЖБТ и литой полосой из быстротвердеющего материала.

Данный способ охраны применяется при любой системе разработки. При вмещающих породах не ниже средней устойчивости.

При мощности пласта до 1,5м, при α до $18^\circ(35^\circ)$.

Количество тумб, возводимых на один погонный метр выработки, рассчитывается по формуле, но принимается не менее двух.

При легкообрушающихся породах кровли возводится один сплошной ряд, при среднеобрушающихся породах — ближайший к выработке ряд возводится всплошную, а второй ряд — через тумбу, т.е. на один погонный метр выработки выкладывается 3 тумбы.

При труднообрушаемых породах кровли возводится два сплошных ряда (рис. 12.4). Тумбы выкладываются из ж/б блоков, размерами $0,5 \times 0,4 \times 0,1$ (46кг) или $0,5 \times 0,4 \times 0,15$ (75кг).

Тумбы расклиниваются деревянными клиньями.

Во избежание раздавливания БЖБТ со стороны выработанного пространства пробивается органный ряд. Податливость тумб составляет 0,15м. $K_{\text{охр}}=0,15$. Расстояние от крепи охраняемой выработки до тумбы (**a**) принимается от 0 до 1,5м. Во избежание выдавливания призмы сползания, а, следовательно, и ножек крепи принимается **a** $\geq$ **h**.

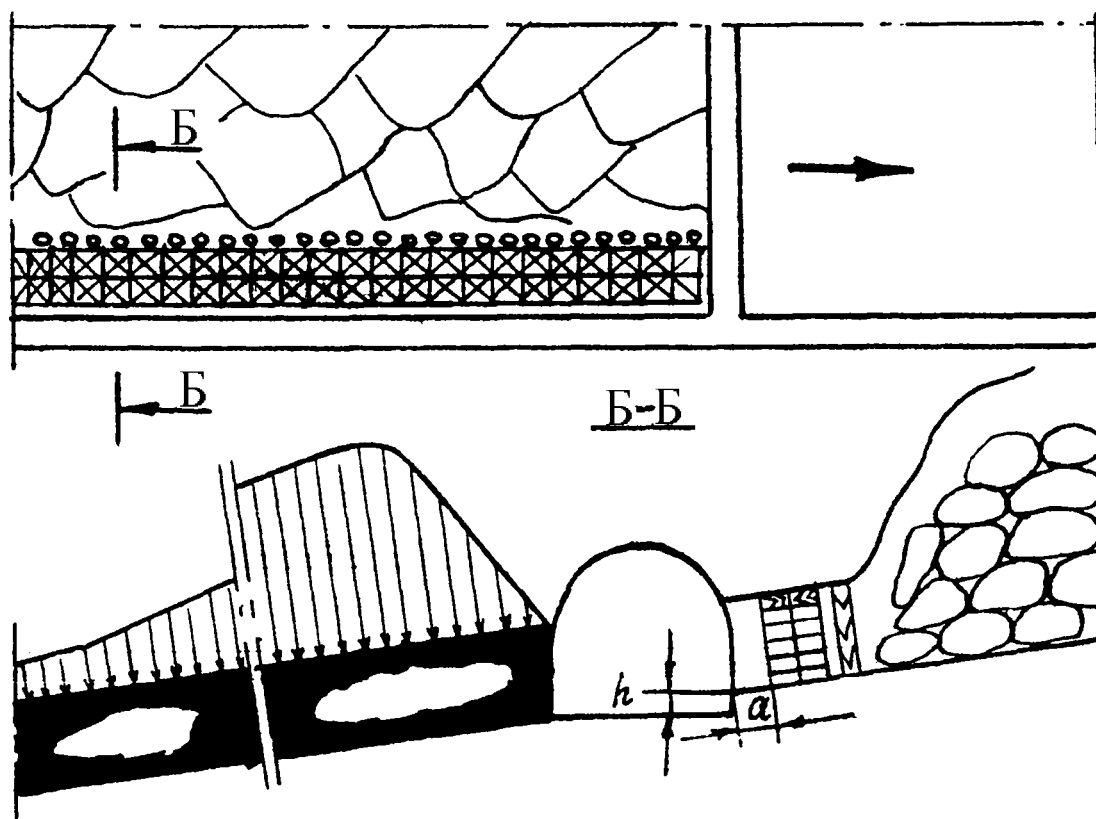


Рисунок 12.4 — Охрана выработки БЖБТ

При слабых породах почвы БЖБТ будут вдавливаясь в нее, а при слабых породах кровли БЖБТ будут «обыгрываться», т.е. породы кровли будут осыпаться по бокам БЖБТ.

Способ хороший, но имеет большую трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ.

Устранить этот недостаток можно путем возведения литых полос из быстротвердеющих материалов. Для этого применяются песочно-цементные смеси, фосфогипс, ангидрид, мелкоизмельченный доменный шлак. Есть опыт закладки мелкодробленой породы с нагнетанием в нее специальных ускорителей схватывания. Ширина литой полосы рассчитывается и принимается не менее 1м. (До 1986г принималась не менее мощности пласта. Рис. 12.5).

Процесс возведения литой полосы механизирован на 70-80%.

Также, как и при БЖБТ, $a=0\div 1,5$ м, но больше или равно h .

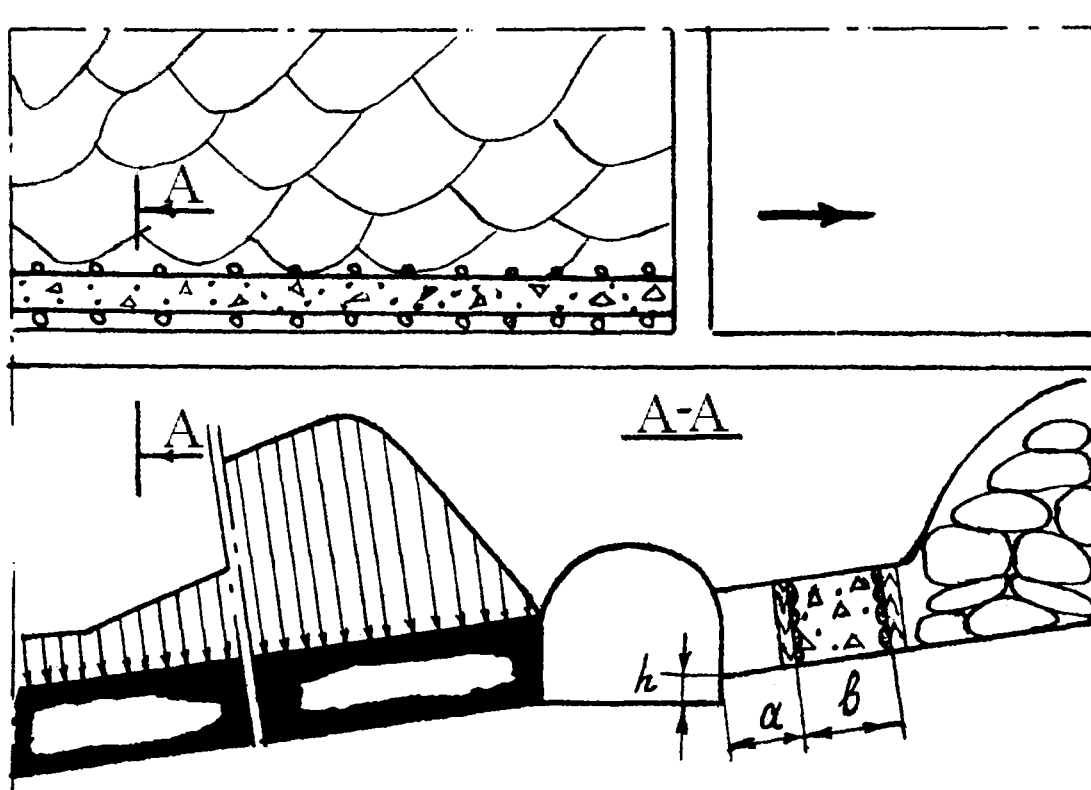


Рисунок 12.5 — Охрана выработок литой полосой из быстротвердеющих материалов

Отставание БЖБТ и литой полосы от забоя лавы должно быть минимальным, с тем, чтобы породы кровли не успели расслоиться и прогнуться. В противном случае косо направленной нагрузки на крепь не избежать. Недостатком охраны литой полосой является большой расход лесоматериала для возведения опалубки, необходимость промывки шлангов и оборудования после каждого цикла возведения литой полосы.

ДонУГИ разработал и испытал передвижную металлическую опалубку, которая сокращает расход лесоматериалов.

Литая полоса применяется при любой системе разработки, при мощности пласта до 2,5м, при α до 35° и при вмещающих породах не ниже средней устойчивости. Это прогрессивный способ охраны.

В последние годы вместо БЖБТ стали применять газобетонные блоки. Они в 1,5 раза легче БЖБТ и имеют практически такую же несущую способность.

5. Охрана выработки деревянными органными рядами.

Стойки устанавливаются в 1 или 2 ряда. Количество стоек на 1 м выработки рассчитывается по формуле.

При мощности пласта от 1 до 2 м стойки устанавливаются под брус толщиной 15 см, а от 2 до 2,5 м — под брус и лежень такой же толщины.

Стойки органной крепи на пластах тонкой и средней мощности следует устанавливать на зачищенную почву пласта, по нормали к напластованию пород на расстоянии $0,5 \div 1,5$ м от крепи охраняемой выработки. Чем слабее породы почвы пласта, тем указанное расстояние должно быть больше.

При прочности пород почвы менее 20 МПа стойки органной крепи нужно устанавливать на продольные лежни.

На пластах с неустойчивой почвой необходимо применять деревянную органную крепь с “карманами” — нишами. При этом двухрядную органную крепь на пластах тонких и средней мощности устанавливают в выработанном пространстве в $1,2 \div 2,0$ м от выработки, а перпендикулярно органной крепи в сторону выработки под деревянные брусья пробивают ряды стоек диаметром $12 \div 16$ см. В образующихся “карманах” при необходимости размещают породу от подрывки почвы в выработке (рис. 12.6).

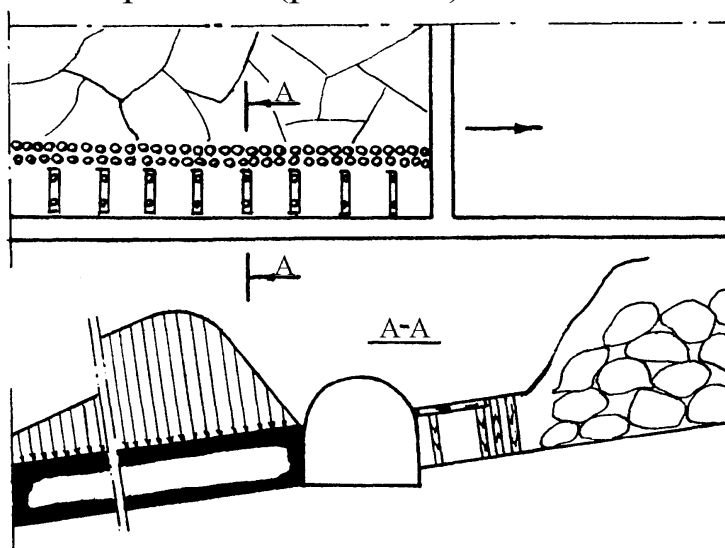


Рисунок 12.6 — Охрана выработки деревянными органными рядами

В связи с острым дефицитом лесоматериалов применяется редко.

6. Охрана выработки бутокострами.

Этот способ охраны на шахтах Донбасса применялся еще в 30-х годах XX века. В клетки, возводимые постепенно, вручную закладывается мелкая порода.

Бутокостры обеспечивают большую жесткость (меньшую усадку), чем бутовые полосы, возводимые вручную и даже скреперной установкой. Они имеют большую площадь опоры, чем литая полоса из быстротвердеющих материалов или органические ряды. Это уменьшает оседание пород кровли над выработанным пространством и улучшает состояние охраняемой выработки.

Однако из-за высокой трудоемкости работ и большого расхода леса в настоящее время этот способ охраны применяется очень редко.

7. Охрана выработок деревянными кострами

Костры из круглого леса или шпального бруса применяются при мощности пласта до 3,5 м и угле падения до 35° при любых вмещающих породах.

При мощности пласта до 2,5 м костры устанавливаются в один ряд, а при мощности 2,5÷3,5 м — в два ряда. Размеры костра в плоскости пласта принимаются не менее 2 м. Расстояние между кострами принимается равным 1÷3 м в зависимости от устойчивости кровли.

Чем слабее породы кровли, тем указанное расстояние меньше.

В чистом виде охрана выработки только деревянными кострами на шахтах Донбасса применяется редко.

Чаще применяется в сочетании с бутовой полосой или органическим рядом. В этом случае костры выкладываются по бровке между крепью выработки и бутовой полосой или органическими рядами.

Есть опыт применения костров, возводимых из кусков рельс или спецпрофиля, а также из железобетонных шпал. Это позволяет утилизировать извлекаемые при погашении выработок непригодные для повторного использования крепи, рельсы и шпалы.

В том случае, когда ни одним из выше рассмотренных способов не удастся обеспечить устойчивость выработки для повторного ее использования, выработки за лавой погашаются, а для отработки

следующей лавы проводятся вприсечку к выработанному пространству новые выработки.

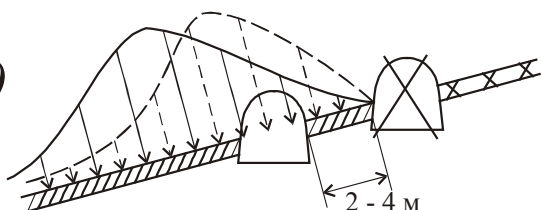
8. Проведение выработки вприсечку к выработанному пространству.

Существует 3 схемы проведения выработки вприсечку к выработанному пространству (рис. 12.7):

а)



б)



в)

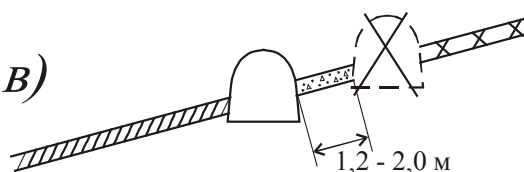


Рисунок 12.7 — Схемы проведения выработки вприсечку к выработанному пространству.

а) полная присечка или с частичным использованием погашаемой выработки.

Эта схема применяется при слабых вмещающих породах, на малых глубинах, например, в Подмосковье. Для шахт Донбасса она не типична.

б) с оставлением целика угля между погашаемой и проводимой выработками размером 2 ÷ 4 м.

В результате раздавливания оставляемого целика угля максимум опорного давления смещается в глубь массива.

Эта схема получила наибольшее распространение на шахтах Донбасса по следующим причинам:

1) Присечная выработка проводится за ЗНД (зоной повышенной трещиноватости) от погашаемой выработки, т.е. под “свежей” кровлей. Поэтому вероятность вывалов породы и травматизма проходчиков меньше, чем в схеме а).

2) Вероятность встречи исполнительного органа проходческого комбайна с неизвлеченной крепью погашенной выработки отсутствует, а в схеме а), она есть. Вероятность взрыва метана, скопившегося в куполах над погашенной выработкой, при

проведении выработки БВР в схеме **б)** значительно ниже, чем в схеме **а)**.

3) В результате смещения максимума опорного давления в глубь массива напряжения в породах, вмещающих присечную выработку, снижаются. В результате этого давление на ее крепь уменьшается.

в) проведение присечной выработки вприсечку к изолирующей полосе, возводимой при проведении ранее используемой и погашенной выработки.

Эта схема применяется на пластах со склонным к самовозгоранию углем.

В том случае, когда есть фланговые наклонные выработки, проведение присечного штрека осуществляется с фланговой выработки (рис. 12.8).

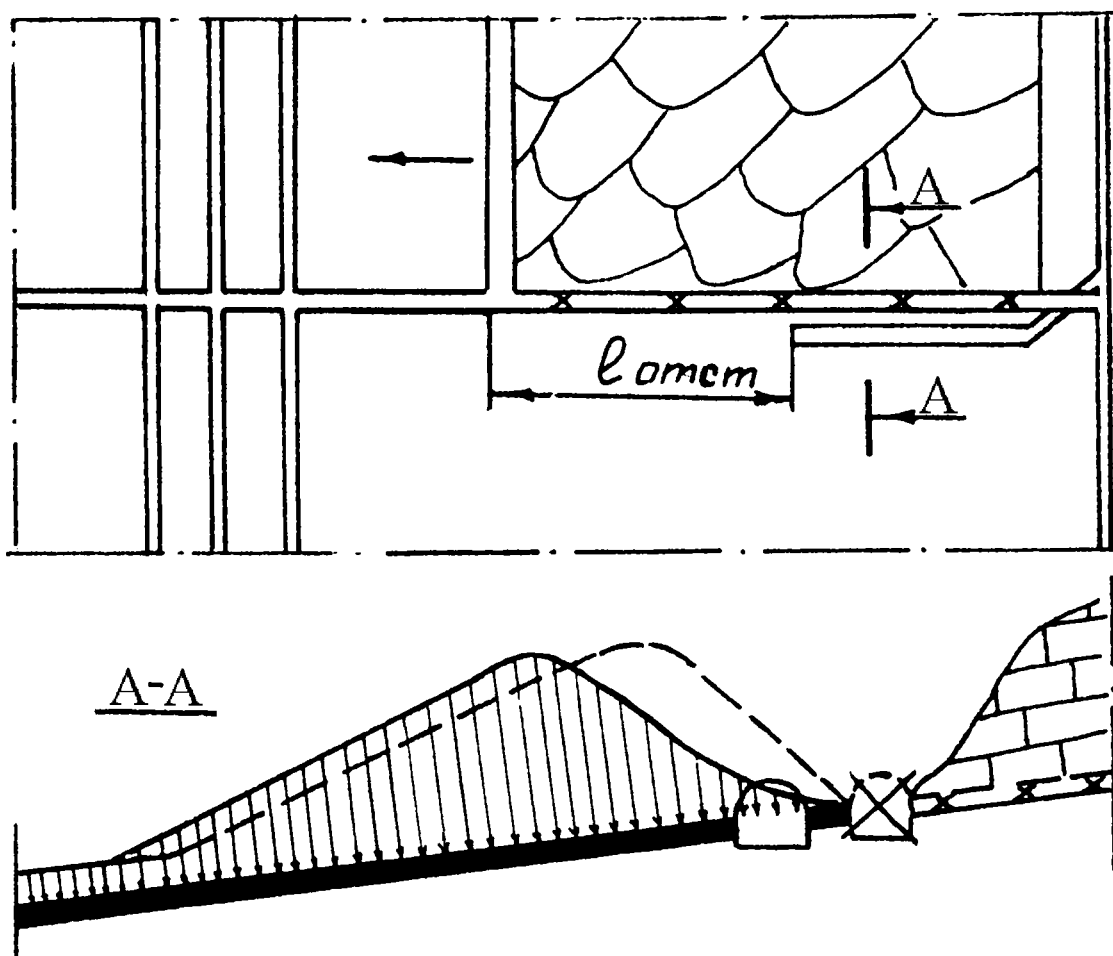


Рисунок 12.8 — Проведение присечной выработки с фланговой выработки

Отставание забоя присечной выработки от забоя отрабатываемой лавы должно быть таким, чтобы забой находился в зоне практически завершенных сдвижений подработанной толщи

горных пород. Чем слабее породы, тем быстрее происходит их сдвигание. Чем больше глубина разработки, тем длительнее процесс сдвижений. Поэтому в зависимости от прочности вмещающих пород и глубины разработки отставание принимается в пределах 90÷250 м, или во времени от 3 до 10 месяцев.

Проводить присечную выработку навстречу отрабатываемой лаве нельзя, т.к. оба штрека будут «задавлены». При отсутствии фланговой выработки проводить выработки вприсечку к выработанному пространству можно при отработке выемочных участков через один (рис. 12.9).

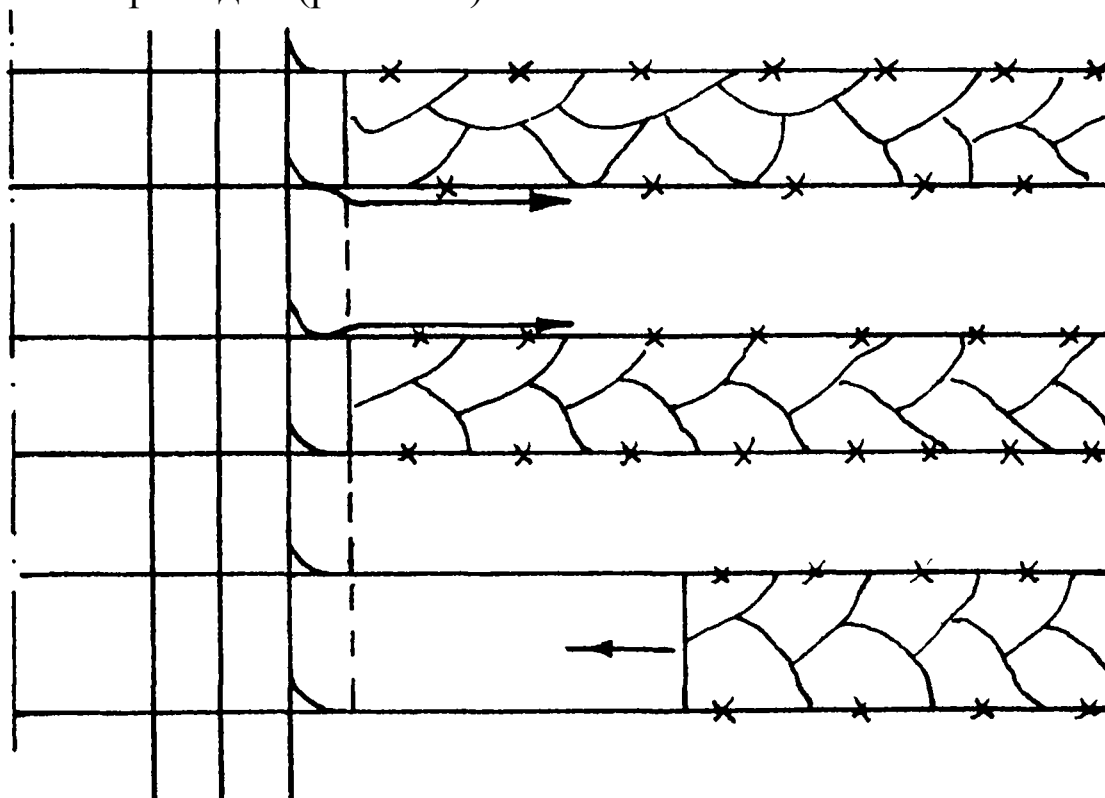


Рисунок 12.9 — Проведение выработок вприсечку к выработанному пространству при отсутствии фланговой выработки

По сравнению с ранее рассмотренным вариантом данный вариант не требует проведения и поддержания фланговой выработки, т.е. затраты у него меньше. С другой стороны затраты на поддержание промежуточных приемно-отправительных площадок будут больше, кроме этого возможны прорывы воды и метана из выработанного пространства в присечные выработки.

9.Проведение выработки по обрушенным и уплотненным породам.

В особо сложных условиях, т.е. при больших глубинах ($H > 800\text{м}$), слабых вмещающих породах, мощности пласта более 1,5м выемочные проводятся по обрушенным и уплотненным породам. (рис. 12.10)

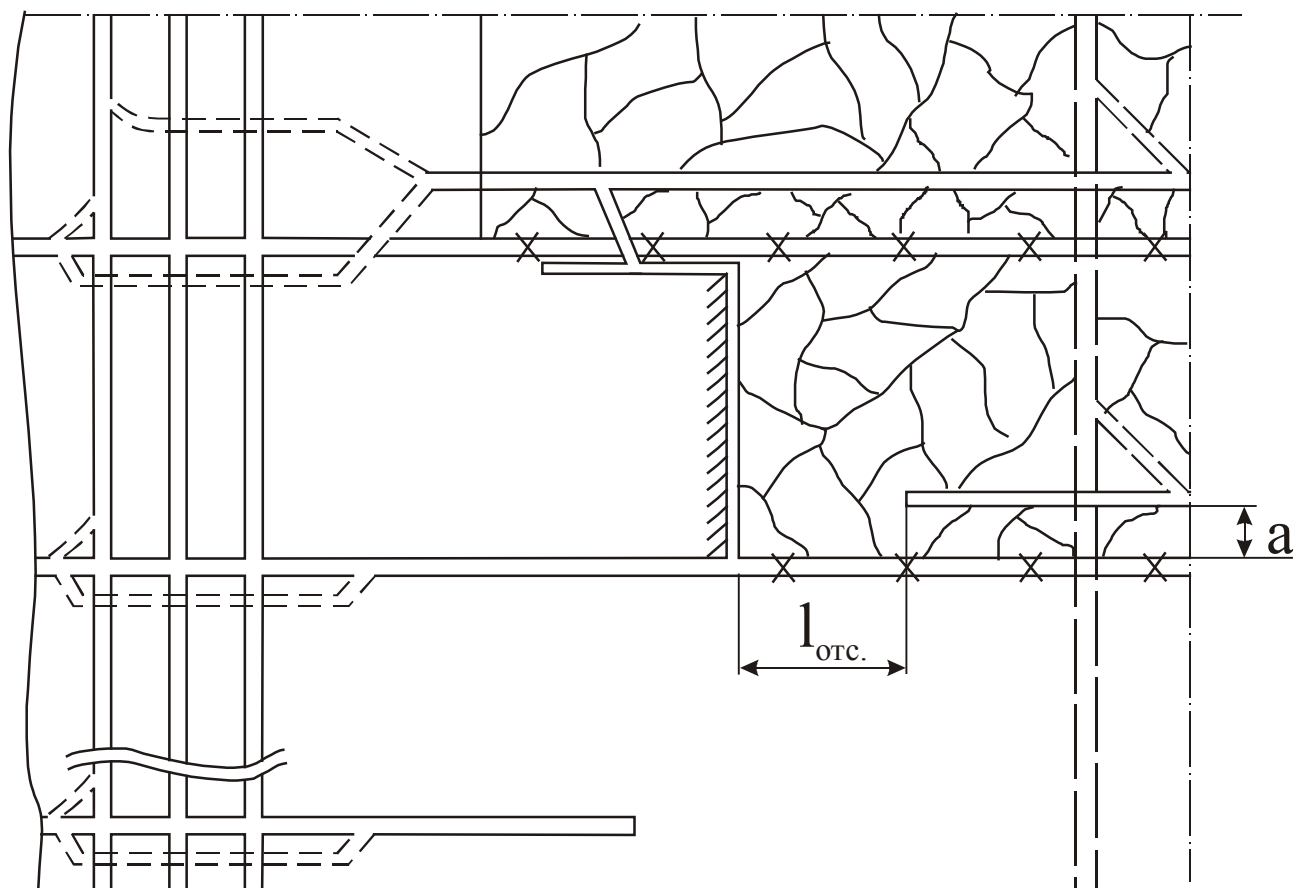


Рисунок 12.10 — Проведение выработок по обрушенным и уплотненным породам

Этот вариант характеризуется большой трудоемкостью, большим объемом проводимых и поддерживаемых выработок. Но он позволяет отрабатывать лаву с большой нагрузкой в сложных условиях, в которых ранее рассмотренные способы охраны, включая проведение выработок вприсечку к выработанному пространству, не дают должного эффекта. Вышележащие породы кровли должны быть легко обрушающиеся и хорошо уплотняющиеся. Как правило, это глинистые и слабые песчаные сланцы.

Так как мощность пласта более 1,5 м, то согласно ПБ вентиляционный просек может проводиться вприсечку к бывшему откаточному штреку без подрывки вмещающих пород.

Отставание забоя выработки, проводимой по обрушенным и уплотненным породам, выработки от отрабатываемой лавы должно быть таким, чтобы сдвижение подработанной толщи пород в основном завершилось, т.е. $\text{lots} \geq (0,6 \div 0,8)l$, но не менее двух месяцев во времени.

Для того, чтобы проводимая выработка не попала в зону активизации сдвижений раннее подработанной толщи горных пород, она должна проводиться от бывшего откаточного штрека на расстоянии $a \geq 15 \div 20$ м. Эта выработка может проводиться как проходческим комбайном, так и БВР.

13 СПОСОБЫ ОХРАНЫ ПОДГОТАВЛИВАЮЩИХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

К подготавливающим горным выработкам относятся: бремсберги и уклоны с ходками, главные (коренные) штреки, магистральные штреки.

Так как подготавливающие выработки служат десятки лет, то требования, предъявляемые к ним с точки зрения обеспечения эксплуатационного состояния этих выработок, значительно выше, чем требования, предъявляемые к подготовительным горным выработкам, примыкающим к очистному забою. Затраты на дополнительные мероприятия по охране подготавливающих горных выработок по сравнению с аналогичными затратами на подготовительные выработки могут быть значительно больше.

Рассмотрим различные способы охраны подготавливающих выработок на примере наклонных выработок.

1. Охрана наклонных выработок целиками угля.

В настоящее время на шахтах Донбасса около 90% пластовых наклонных выработок охраняются целиками угля. Это объясняется простотой этого способа (рис. 13.1).

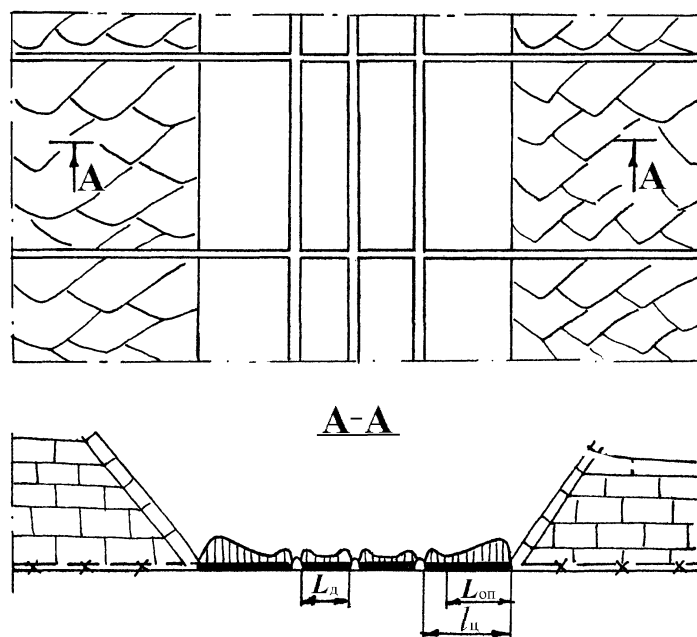


Рисунок 13.1 — Охрана наклонных выработок целиками угля.

Для того чтобы исключить влияние очистных работ на наклонные выработки, размер целика должен быть больше, чем $L_{оп}$.

С учетом закономерностей перераспределения опорного давления по мере развития очистных работ при прямом порядке отработки лавы принимается $l_{ц.} \geq (0,8 \div 1,0)L_{оп.}$, а при обратном порядке — $l_{ц.} \geq (1,0 \div 1,2)L_{оп.}$.

ВНИМИ рекомендует определять размер целика с учетом податливости крепи, установленной в выработках. При этом, чем больше податливость крепи, тем меньше размер целика.

Для того, чтобы не было взаимного влияния параллельных наклонных выработок, чтобы ЗНД не наложились, расстояние между ними принимается $L_{д.} \geq (B_1 + B_2)K_1$, где $K_1 = 1 \div 5,5$ — коэффициент, учитывающий глубину расположения выработки и прочность вмещающих пород.

Согласно НТП для панельных и этажных наклонных выработок принимается $L_{д.} \geq 30-40$ м. Т.к. на больших глубинах суммарная длина целика составляет 200-300 м, то данный способ охраны не перспективен для современных шахт Донбасса.

Улучшить состояние наклонных выработок можно за счет проведения их по прочным породам почвы пласта.

2. Охрана полевых наклонных выработок полосой угля. (рис. 13.2)

Исходя из технологических соображений, полевые выработки располагаются от пласта по нормали на расстоянии h , равном 10-40 м.

Размер целика угля принимается таким же, как в 1-м варианте.

Оставляемая угольная полоса не пересекается угольными штреками. Поэтому после отработки запасов панели эту полосу можно отработать лавой по восстанию или по падению.

Этот способ охраны позволяет по сравнению с первым способом до минимума свести потери угля и обеспечить лучшую устойчивость охраняемых выработок. Способ перспективен.

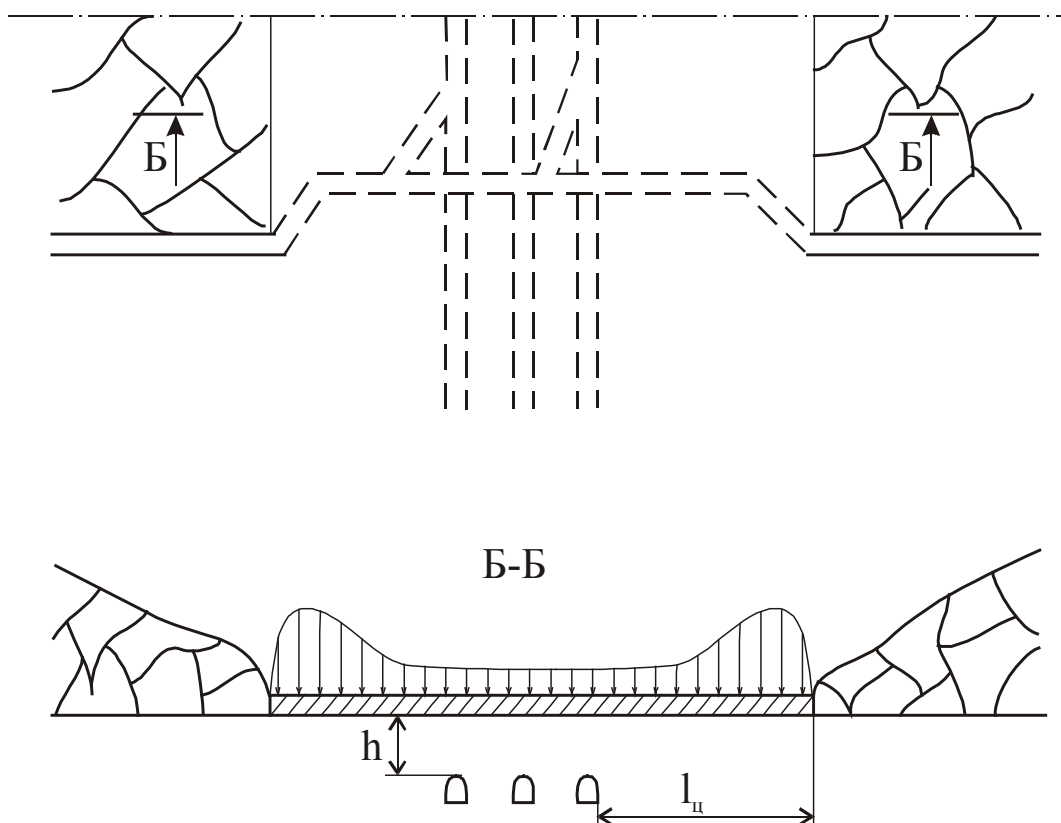


Рисунок 13.2 — Охрана полевых наклонных выработок полосой угля.

3. Охрана наклонных выработок, проводимых вслед за разгрузочной лавой, бутовыми полосами. (рис. 13.3)

Порода для возведения бутовых полос берется от подрывки кровли при проведении наклонных выработок. Закладывается в бутовые полосы скреперными закладочными установками. Усадка составляет $(0,3 \div 0,4)\text{m}$. Согласно ПБ отставание породных забоев (бутовых полос) от забоя лавы не должно превышать 5; 8 или 11 метров.

Поэтому податливость устанавливаемой крепи должна быть больше усадки бутовых полос. Для уменьшения утечек воздуха между параллельными наклонными выработками расстояние между ними должно быть $L_d \geq 30-40\text{m}$. Т.к. выемочные ходки разгрузочной лавы не поддерживаются на всю длину, то ширина бутовой полосы возводимой для их охраны, принимается $L_{бп} \geq (6 \div 8)\text{m}$.

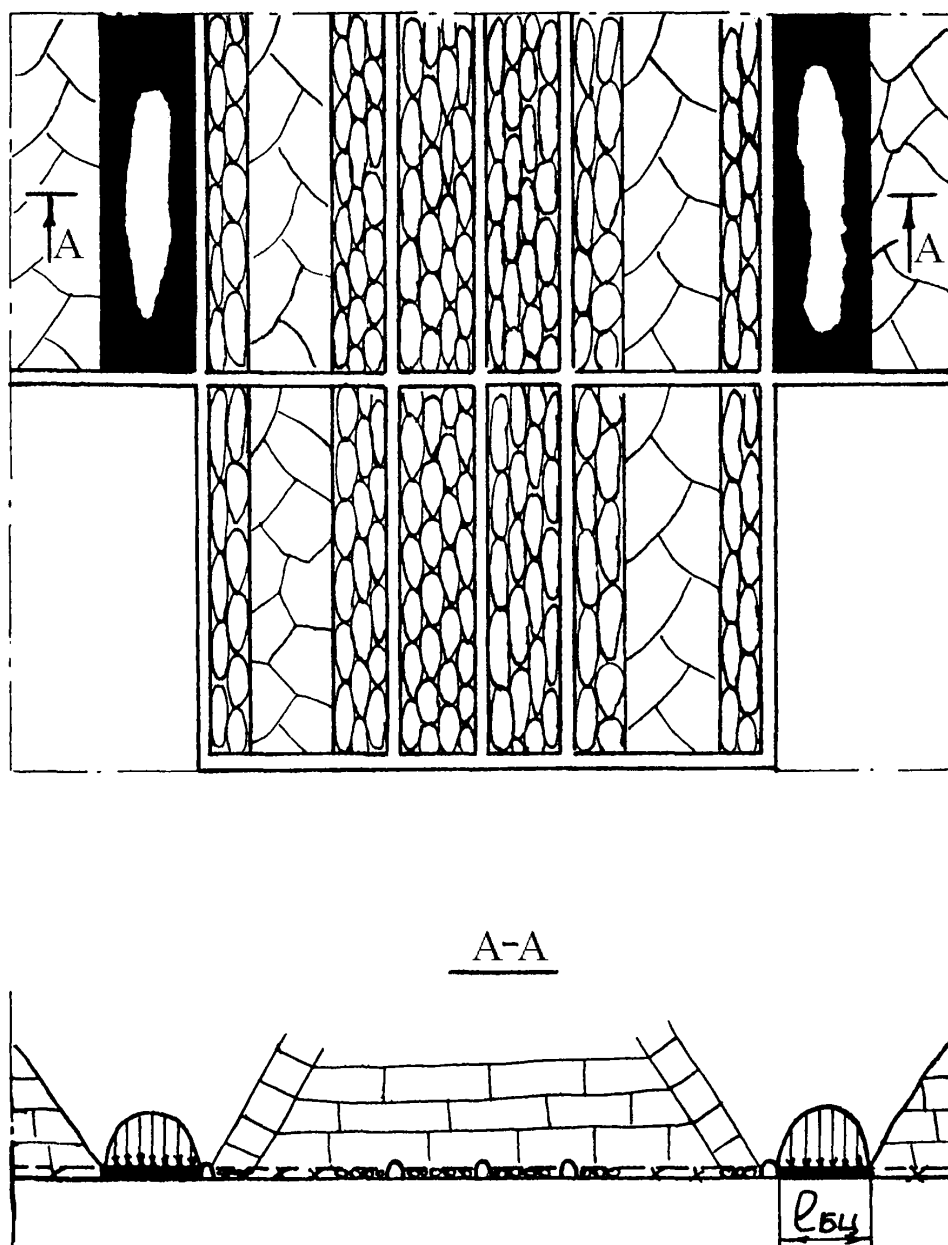


Рисунок 13.3 — Охрана наклонных выработок, проводимых вслед за разгрузочной лавой, бутовыми полосами.

Для того, чтобы сохранить зону разгрузки, между выработанными пространствами разгрузочной и примыкающих лав оставляются барьерные целики. Чтобы они не раздавливались, барьерный целик должен быть равен $L_{бу} \geq (2 \div 2,4) L_{оп}$. Потери при этом будут очень большими. С целью уменьшения потерь угля на шахтах оставляют целики меньших размеров, от 30м на малых глубинах ($H=300-400м$) до $90 \div 120м$ на больших глубинах ($H \geq 800-1000м$). По данным М.П. Зборщика и В.В. Назимко $L_{бу} \approx (0,1 \div 0,15)H$.

При этом происходит наложение эпюр опорного давления по краям барьерного целика, резкое увеличение суммарного напряжения.

В результате этого барьерный целик частично раздавливается. Однако, за счет опускания пород кровли и поднятия пород почвы пласта внутри этого целика формируется ядро, находящееся в объемном напряженном состоянии. Оно имеет большую несущую способность и предотвращает объединение сводов полных сдвижений разгрузочной и примыкающих лав, сохраняя тем самым зону разгрузки.

Данный способ охраны характеризуется очень сложной системой проветривания и транспорта, сложной увязкой и большой трудоемкостью проводимых горных работ. В связи с выше указанными недостатками может применяться при очень сложных горно-геологических условиях, а именно: при большой глубине, сильнопучащих породах почвы, мощности пласта до $1 \div 1,2$ м, относительно невысокой газообильности, необводненных вмещающих породах. На шахтах Донбасса применяется редко.

4. Охрана наклонных выработок двусторонними бутовыми полосами при проведении их индивидуальными забоями. (рис. 13.4)

Выработки проводятся обособленными забоями с двусторонними раскосами. Согласно ПБ можно не проводить дополнительную выработку для вентиляции при длине раскоса до 5 м, поэтому ширина бутовых полос (Лбп) по бокам наклонных выработок не превышает 5 м. Размер целика между наклонными выработками составляет $L_{ц}=20-30$ м. Длина барьерного целика принимается аналогично предыдущему варианту $L_{бц}=30 \div 120$ м.

На небольших глубинах можно вместо барьерных целиков оставлять технологические целики размером 10-30 м. Зона разгрузки при этом сохраняться не будет. Но вокруг каждой наклонной выработки сохраняются локальные зоны разгрузки. Порода закладывается в раскосы вручную.

Данный вариант охраны характеризуется большой трудоемкостью работ, сложной схемой проветривания раскосов, малой степенью механизации работ. В связи с этим на действующих шахтах применяется редко. Есть смысл применять его на больших

глубинах при сильнопучащих породах почвы, при $m \leq 1.2$ max 1,5м и при прочных породах кровли.

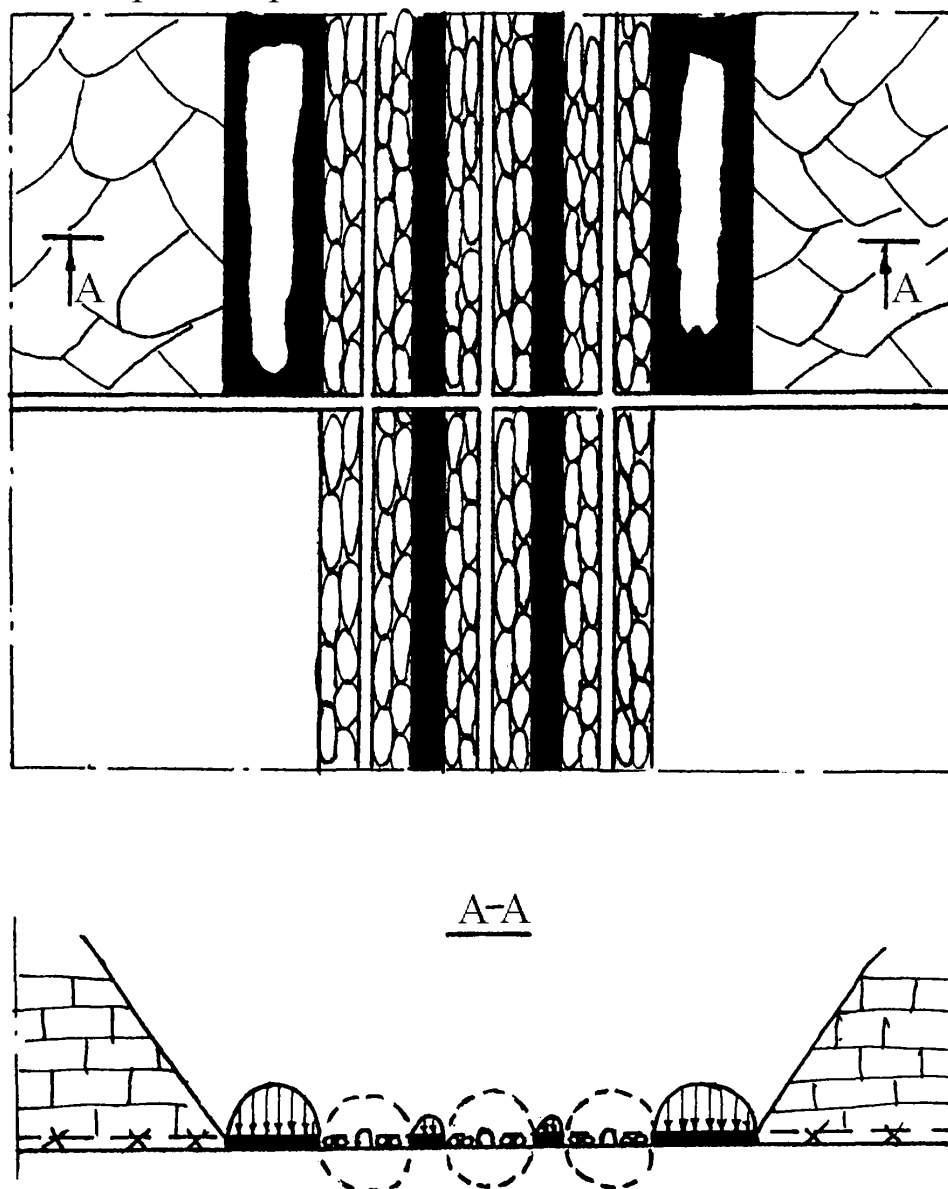


Рисунок 13.4 — Охрана наклонных выработок двусторонними бутовыми полосами при проведении их индивидуальными забоями

С начала 70-х годов на шахтах Донбасса широкое распространение получили способы охраны, базирующиеся на расположении полевых наклонных выработок в зонах разгрузки. Зона разгрузки может создаваться предварительной, последующей или комбинированной надработкой. На действующих шахтах при отработке панелей, подготовленных шахтостроителями, возможно применение только последующей надработки.

5. Охрана полевых наклонных выработок расположением их в зоне разгрузки, создаваемой последующей надработкой. (рис. 13.5)

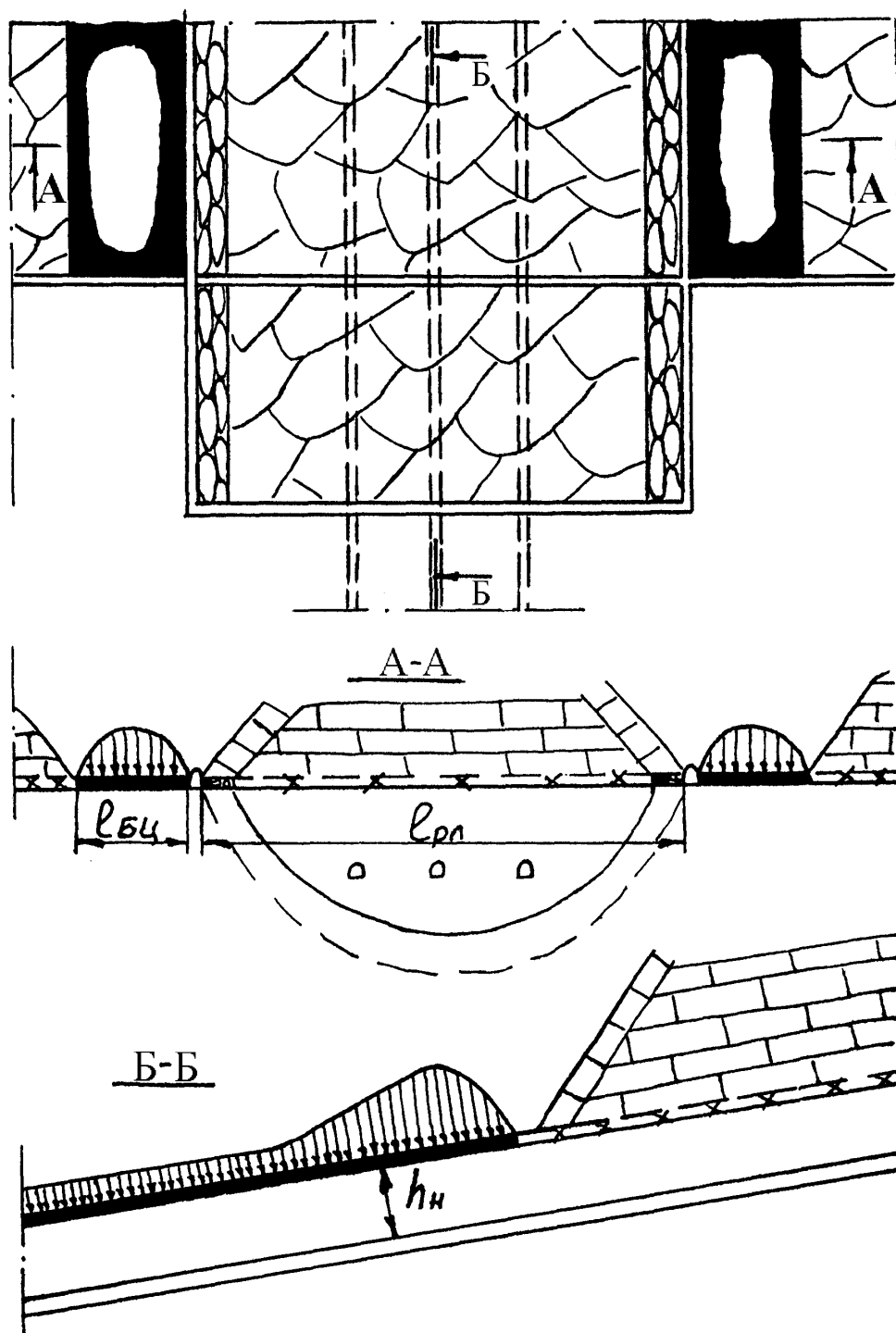


Рисунок 13.5 — Охрана полевых наклонных выработок расположением их в зоне разгрузки, создаваемой последующей надработкой.

С технологической точки зрения полевые выработки проводятся от пласта на расстоянии, равном 10÷40м. Согласно ПБ исходящая

струя воздуха может идти вниз по наклонной выработке (вентиляционной сбойке), если угол ее наклона превышает 10° , при ее длине, не превышающей 30м.

С геомеханической точки зрения удаление полевых выработок от пласта должно быть таким, чтобы ЗНД, сформировавшиеся вокруг полевых выработок, не вышли в плоскость угольного пласта.

При III типе НДС ширина ЗНД составляет $6\div 9$ м. Отсюда $h_{\min} \geq 10$ м.

Т.к. выемочные ходки разгрузочной лавы поддерживаются на участке в $200\div 400$ м, а не по всей длине панели, то для их охраны достаточно возводить бутовые полосы длиной равной $(6\div 8)$ м.

Как известно, опорное давление распространяется в почву пласта на расстояние равное $(1\div 2)L_{\text{оп}}$. Поэтому во вмещающих породах, в месте расположения полевых выработок, величина напряжения будет близко к опорному давлению. Другими словами, над полевыми выработками “прокатывается” волна опорного давления.

Как показывает практика, на средних и больших глубинах последующая надработка, как правило, приводит к необходимости перекрепления надработанных полевых выработок. После их перекрепления в зоне разгрузки, все оставшееся время они поддерживаются с минимальными затратами. При этом затраты на их поддержание с учетом перекрепления за весь срок службы выработок будут в $2\div 3$ раза меньше, чем при охране пластовых наклонных выработок целиками угля.

Для уменьшения вредного влияния последующей надработки необходимо на участке влияния опорного давления и на участке формирования зоны разгрузки устанавливать крепь усиления. Кроме этого желательно принимать разгрузочную лаву минимальной длины, равной $130\div 140$ м. При этом $R_{\text{оп}}$ и $L_{\text{оп}}$ будут меньше, чем при большей длине лавы (см. перераспределение опорного давления по периметру выработанного пространства по мере развития очистных работ).

При увеличении скорости подвигания разгрузочной лавы $R_{\text{оп}}$ и $L_{\text{оп}}$ увеличиваются, но с другой стороны время воздействия опорного давления на надрабатываемые выработки уменьшается, (аналогия с конькобежцем, проезжающим участок тонкого льда. При малой

скорости подвигания лед проломится под конькобежцем, а при большой — нет). В итоге состояние надрабатываемых выработок с увеличением скорости подвигания разгрузочной лавы значительно улучшается. Таким образом, необходимо добиваться максимальной скорости подвигания разгрузочной лавы.

Для сохранения зоны разгрузки необходимо или оставлять барьерные целики (как показано в данном варианте охраны), или в разгрузочной лаве возводить по ее концам с помощью пневмозакладочных установок бутовые полосы большой длины (как будет показано в следующем варианте охраны наклонных выработок). При подготовке новых панелей, блоков на действующих шахтах возможно применение предварительной надработки полевых выработок.

6. Охрана полевых наклонных выработок в зоне разгрузки, создаваемой предварительной отработкой разгрузочной лавы. (рис. 13.6)

По сравнению с последующей, при предварительной надработке, полевые наклонные выработки проводятся в уже сформировавшейся зоне разгрузки. Это является основным отличием и преимуществом предварительной надработки по сравнению с последующей.

Т.к. выработки проводятся в зоне разгрузки, то, как правило, будет иметь место I или II тип НДС в породах, вмещающих полевые выработки. При этом размер ЗНД не превышает 3м. Исходя из этого при предварительной надработке расстояние от пласта до полевых выработок принимается меньшим, чем при последующей, а именно: $h_n \geq 5\text{м}$.

Так же, как и в случае последующей надработки, при предварительной надработке полевых наклонных выработок зона разгрузки может сохраняться или оставлением барьерных целиков, или возведением в разгрузочной лаве бутовых полос большой длины: $l_{бп} = 30 \div 60\text{м}$.

Бутовые полосы возводят пневмозакладочными установками. Порода привозится извне, что является недостатком.

После уплотнения бутовых полос процесс сдвижения подработанной толщи горных пород над средней частью разгрузочной лавы еще продолжается, поэтому формируется вторичный свод полных сдвижений и вторичная зона разгрузки. На разрезе по А-А они показаны сплошной линией. Размеры этих зон несколько уменьшаются, но полевые выработки остаются в зоне разгрузки.

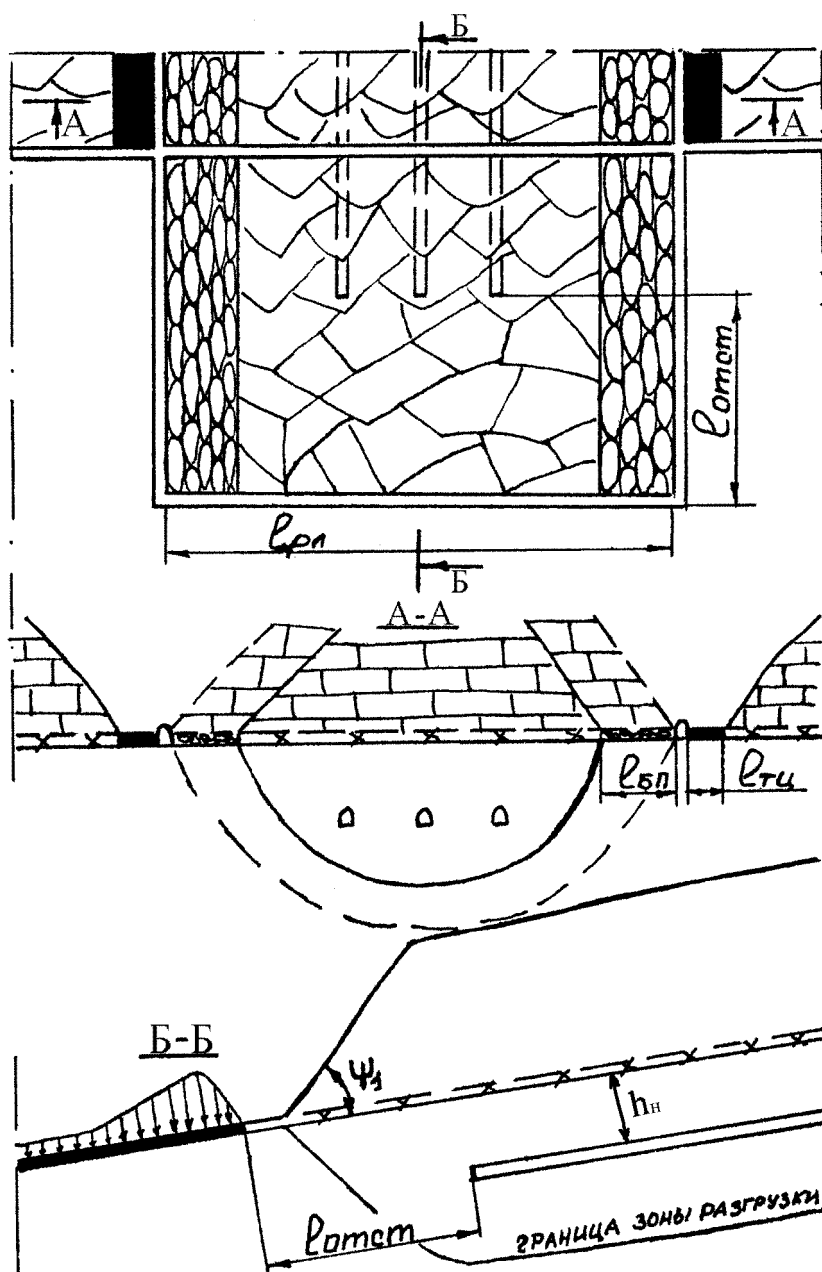


Рисунок 13.6 — Охрана полевых наклонных выработок в зоне разгрузки, создаваемой предварительной отработкой разгрузочной лавы

Для обеспечения безопасных условий монтажа при отработке смежных лав прямым ходом или демонтажа оборудования при отработке лав обратным ходом оставляются технологические целики с размером $l_{тц}=10\div30\text{м}$.

Исходя из закономерностей распределения опорного давления по периметру выработанного пространства по мере развития очистных работ, при прямом порядке отработки лав принимаются $l_{тц}$ меньше, чем при обратном. При обратном порядке отработки смежных лав, необходимо останавливать эти лавы сразу же, после обрушения пород основной кровли с тем, чтобы давление на технологический целик было минимальным.

В указаниях ВНИМИ в зависимости от глубины разработки, прочности вмещающих пород и h_n , $l_{отст}$ рекомендуется принимать от 5 до 40м. В старых учебниках рекомендовалось $l_{отст} \geq h_n \text{ctg}\varphi$, где $\varphi=45\div55^\circ$.

Эти рекомендации не совсем правильны, т.к. при их соблюдении забои полевых выработок будут находиться вблизи границы зоны разгрузки. В этом случае в месте их нахождения зона разгрузки только формируется, следовательно, в полевых выработках будет наблюдаться интенсивное пучение пород почвы. Породы поднимаются вверх, а затем опускаются вниз. Во избежание пучения забой полевых выработок должен находиться в месте уже сформировавшейся зоны разгрузки, поэтому $l_{отст} \geq (0,6\div0,8)l_{рл}$.

Предварительная надработка значительно лучше последующей. Как при последующей, так и при предварительной надработке полевых наклонных выработок лавами, отрабатываемыми по падению или восстанию, область применения ограничивается углом падения до $10\div12^\circ$, а при диагональном расположении забоя разгрузочной лавы — до $18\text{--}23^\circ$. (Например, на шахте им. Калинина разгрузочные лавы отработаны при $\alpha = 18\div20^\circ$).

При большем значении α надработка наклонных полевых выработок осуществляется лавами, отрабатываемыми по простиранию.

7. Охрана полевых наклонных выработок при комбинированной надработке (рис. 13.7).

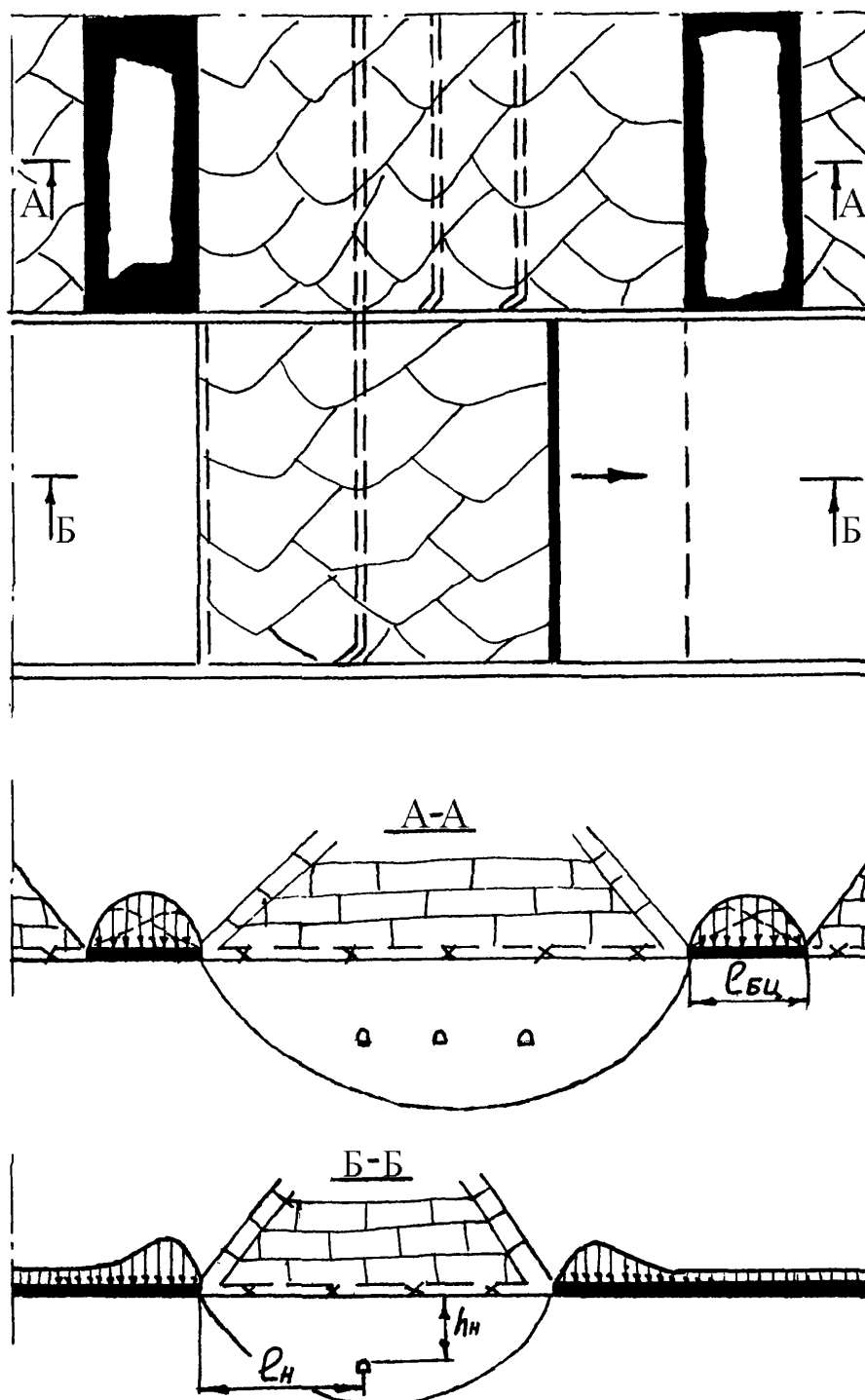


Рисунок 13.7 — Охрана полевых наклонных выработок при комбинированной надработке.

При последующей надработке всех трех полевых наклонных выработок лавой, отрабатываемой по простиранию, минимальное вредное влияние опорного давления будет на ближайшую к разрезной печи разгрузочной лавы наклонную выработку, большим на вторую и максимальным на третью выработки.

Исходя из перераспределения опорного давления по периметру выработанного пространства при развитии очистных работ, влияние последующей надработки на полевые выработки при отработке каждой последующей разгрузочной лавы будет увеличиваться. Как правило, это приводит к необходимости перекрепления надрабатываемых полевых выработок.

Для того, чтобы устранить этот недостаток, применяют комбинированную надработку полевых наклонных выработок. При этом ближайшая к разрезной печи наклонная выработка проводится до уровня откаточного штрека разгрузочной лавы, сбивается с этим штреком и отрабатывается по простиранию разгрузочная лава. Длина отрабатываемого участка равна 200-250м.

Затем в сформировавшейся зоне разгрузки проводятся оставшиеся две полевые наклонные выработки.

Для первой выработки имеет место последующая, а для других — предварительная надработка.

Для того, чтобы уменьшить влияние последующей надработки, расстояние от проекции разрезной печи l_n должно быть как можно меньше.

Но если расположить разрезную печь разгрузочной лавы в непосредственной близости от надрабатываемой выработки, то эта выработка попадет под влияние опорного давления со стороны массива угля. Поэтому принимается $l_n \geq (1/4 \div 1/3) l_{p.l.}$ или согласно рекомендациям ВНИМИ.

Этот способ применяется на шахтах Донбасса реже, чем предварительная или последующая надработки в связи с усложнением схем транспорта и вентиляции.

Зона разгрузки сохраняется путем оставления барьерных целиков угля.

8 Охрана выработок путем проведения их по обрушенным и уплотненным породам. (рис. 13.8)

Рассмотренные выше способы охраны полевых наклонных выработок при их последующей, предварительной или комбинированной надработке наряду с указанными выше преимуществами имеют следующие недостатки:

- 1) выемочные штреки пластовые, а наклонные выработки полевые. В связи с этим возникает необходимость проводить между ними соединяющие выработки, что приводит к увеличению затрат на проведение и поддержание горных выработок;
- 2) усложняются схемы транспорта и проветривания (в связи с тем, что выработки располагаются в различных плоскостях);
- 3) при последующей надработке, как правило, необходимо перекреплять надработанные выработки.

Избежать выше указанных недостатков можно при проведении наклонных выработок по обрушенным и уплотненным породам.

Выработки проводят в обрушенных породах кровли пласта. Подрывку пород почвы не делают, т.к. в случае ее подрывки возможны динамические нагрузки на исполнительный орган проходческого комбайна, а также возникают некоторые трудности при проведении выработки БВР. Выработки проводятся в зоне разгрузки. Для того, чтобы деформации крепи этих выработок были минимальными, необходимо принимать отставание забоев проводимых выработок от забоя разгрузочной лавы таким, чтобы породы кровли пласта успели уплотниться, поэтому $\text{отст.} \geq (0,6-0,8) l_{p.l.}$

При легкообрушаемых породах кровли минимальное отставание должно быть не менее двух месячных подвижений разгрузочной лавы. Зона разгрузки может сохраняться, как и в ранее рассмотренных вариантах путем возведения бутовых полос в разгрузочной лаве длиной 30-60м в сочетании с технологическими целиками ($l_{т.ц.} = 10 \div 30 \text{ м}$) или оставлением барьерного целика размером $l_{б.ц.} = (0,1 \div 0,15) H$;

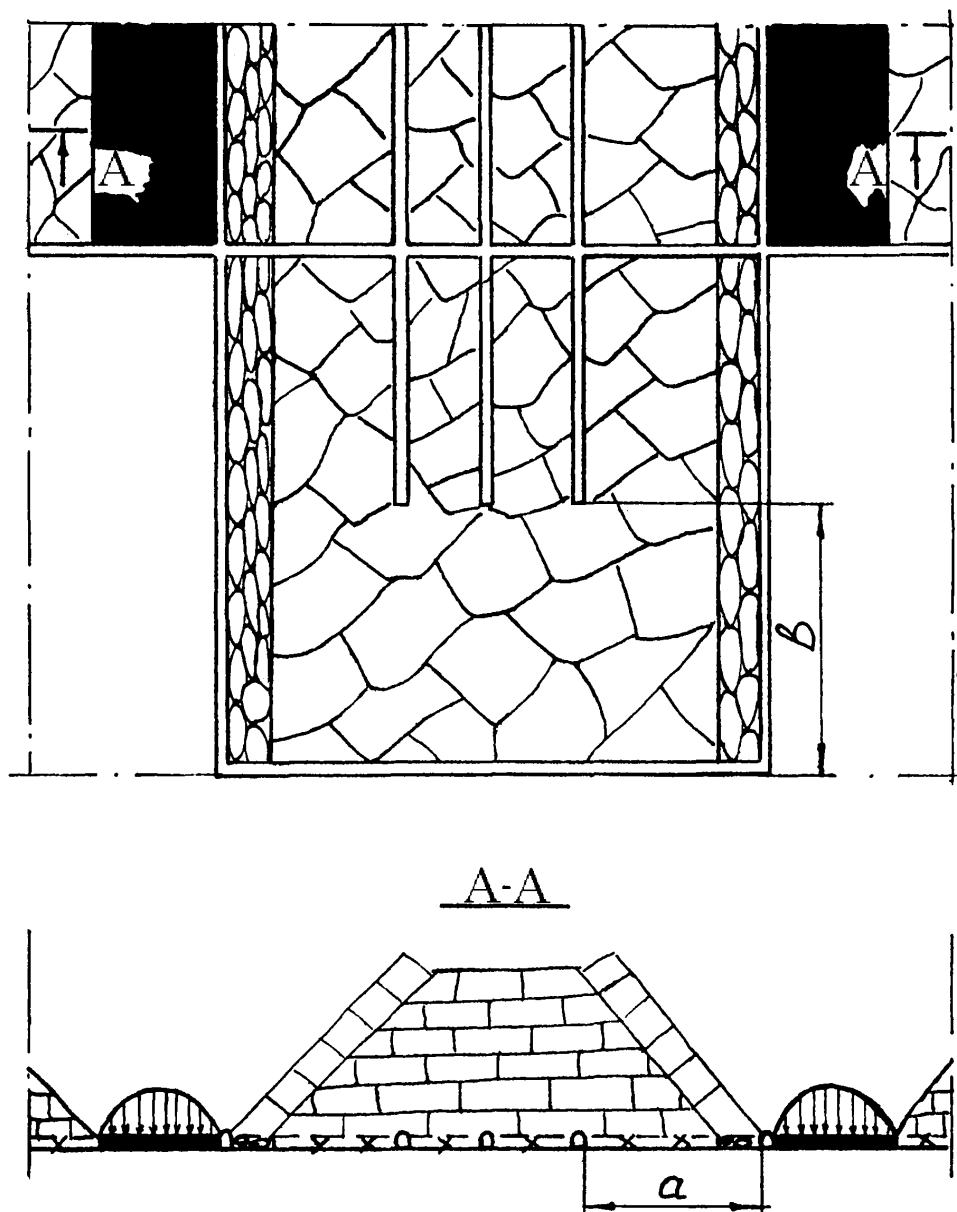


Рисунок 13.8 — Охрана выработок путем проведения их по обрушенным и уплотненным породам.

Возведение бутовых полос с точки зрения уменьшения потерь угля, а также с экономической точки зрения более целесообразно, чем оставление барьерных целиков. Бутовые полосы возводятся пневмозакладочными установками, поэтому они могут применяться при мощности пласта до 1,5м.

Данный способ охраны может применяться при мощности пласта более 1 метра, при любых, включая сильно пучащие, породах почвы, при слабых легко обрушающихся и хорошо уплотняющихся породах кровли (глинистые и песчаные сланцы с $f \leq 6$). Породы должны быть не обводнены.

Способ очень перспективен и получает все большее распространение на глубоких шахтах Донбасса.

На действующих шахтах все чаще применяют комбинированные способы охраны горных выработок. Рассмотрим один из них на примере магистральных штреков.

9 Проведение транспортного магистрального полевого штрека в зоне разгрузки, а второго штрека — по обрушенным породам. (рис. 13.9)

Т.к. по выработанному пространству проводится только лишь одна выработка, то $l_{р.л.}=100\div150\text{м}$. $l_{отст.}\geq(0,6-0,8)l_{р.л.}$. Для сохранения зоны разгрузки или оставляются барьерные целики, или в разгрузочной лаве возводятся бутовые полосы большой длины. В случае возведения в разгрузочной лаве бутовых полос длиной $30\div60\text{м}$ и оставления технологических целиков длиной $10\div30\text{м}$ длина лавы принимается равной 150м . В худшем случае, когда в лаве остается бутовая полоса длиной $(8\div10)\text{м}$ и остается технологический целик, своды полных сдвижений разгрузочной лавы и лав, отрабатываемых по падению, объединятся. Зона разгрузки исчезнет. Для того, чтобы штрек, пройденный по обрушенным и уплотненным породам, не попал в зону активизации сдвижений ранее подработанной толщи горных пород, он должен располагаться от границы выработанного пространства на расстоянии a , равным $20\div25$ метрам.

При проведении полевого штрека как показано на рисунке 13.9 он испытывает вредное влияние последующей надработки лав, отрабатываемых по падению. Поэтому его необходимо проводить в породах почвы (песчаниках) на расстоянии от пласта по нормали равном или большем 10м . С другой стороны, чтобы эта выработка не попала в зону влияния опорного давления, действующего на барьерный целик, расстояние от проекции границы целика до полевого штрека должно приниматься в соответствии указаниям ВНИМИ в пределах $l_n=5\div40\text{м}$.

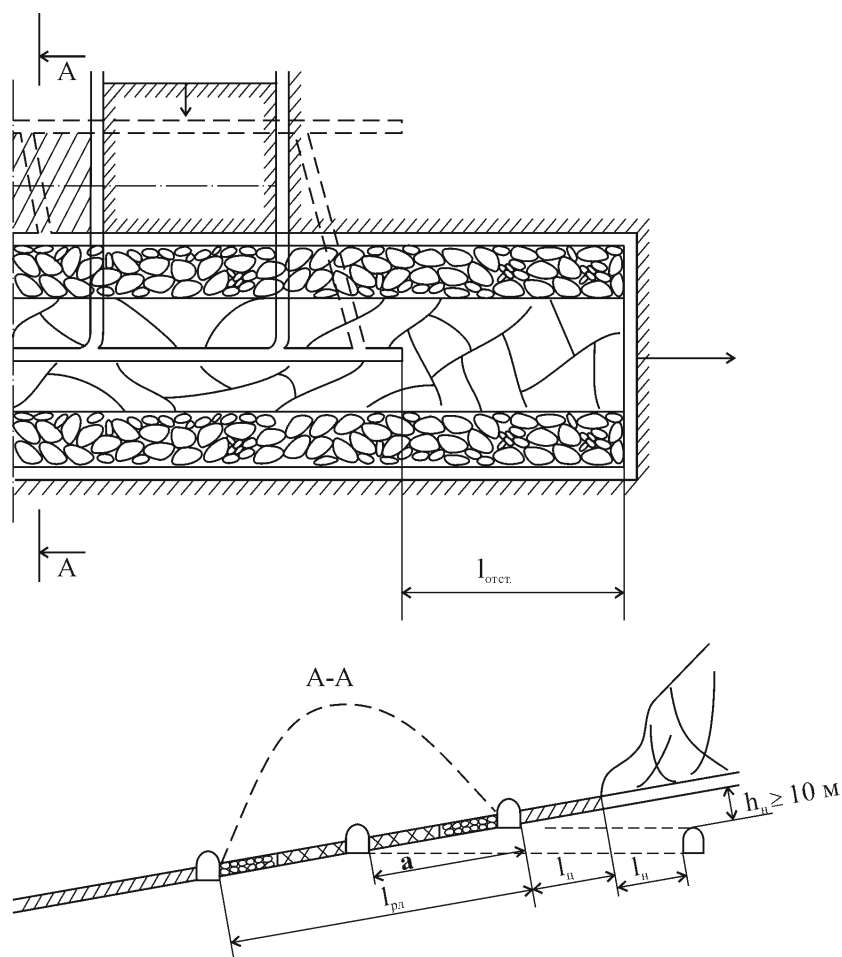


Рисунок 13.9 — Комбинированный способ охраны

В том случае, когда есть возможность, целесообразно полевой штрек проводить в уже сформировавшейся зоне разгрузки. Для этого необходимо поддерживать верхний штрек разгрузочной лавы на участке уже отработанной по падению лавы. Через него передавать уголь по сбойке на полевой штрек. Такое развитие горных работ приводит к усложнению схем транспорта и вентиляции, но обеспечивает хорошее состояние магистральных штреков, минимальные затраты на их поддержание.

14 ОСОБЕННОСТИ ОХРАНЫ НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ РАЗРАБОТКЕ СВИТЫ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ

Различают сближенные пласты ($M \leq 40\text{м}$), близлежащие ($M = 40 \div 100\text{м}$) и удаленные ($M > 100\text{м}$).

При разработке сближенных пластов, как правило, группирование осуществляется на наклонные выработки или магистральные штреки нижнего пласта. При этом выемочные выработки (штреки или ходки) проводятся по каждому пласту.

Со стороны очистных работ нижнего пласта возможно применение любого из ранее рассмотренных способов охраны наклонных выработок.

Со стороны очистных работ верхнего пласта возможно оставление полосы угля, последующая, предварительная или комбинированная надработка. В случае оставления полосы угля ее ширина принимается равной или больше суммарному размеру целика, оставленного на нижнем пласте. (рис. 14.1)

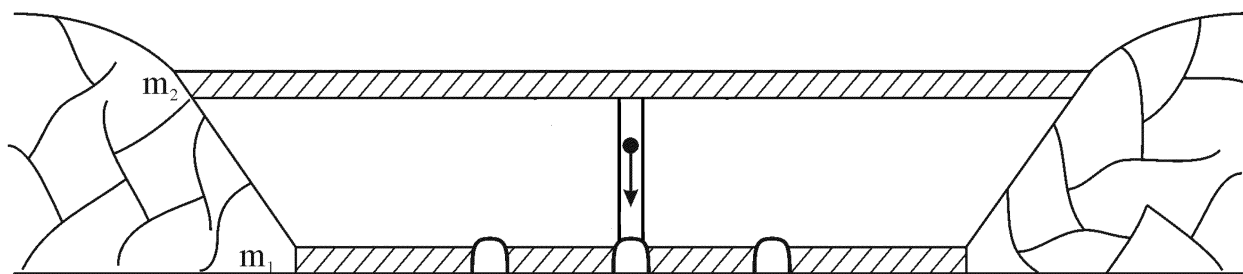


Рисунок 14.1 — Охрана групповых наклонных выработок нижнего пласта целиками, а со стороны верхнего пласта — полосой угля.

При разработке близлежащих пластов и охране наклонных выработок на каждом пласте целиками угля выработки стараются располагать в створе, т.е. на одной вертикальной линии.

При этом размеры целиков определяют исходя из очередности разработки пластов, сохранения или погашения выработок на пластах, исходя из особенности схемы сдвижения при разработке свиты пологих пластов. В том случае, когда выработки поддерживаются и на нижнем, и на верхнем пласте, размер целика на верхнем пласте определяется так же, как для одиночного пласта, т.е.

$$L_{ц}(m_2) = (0,8 \div 1,2) L_{оп}.$$

На нижнем пласте целик принимается больших размеров на величину $x = M \cdot \operatorname{ctg} \delta_0$.

Если на нижнем пласте оставить целик такой же длины, как и на верхнем, то краевая часть целика верхнего пласта попадет в зону прогиба пород от проведения очистных работ на нижнем пласте. В результате этого целик частично потеряет несущую способность, и опорное давление переместится в сторону охраняемых наклонных выработок. Это может привести к деформациям крепи и необходимости перекрепления выработок (рис. 14.2).

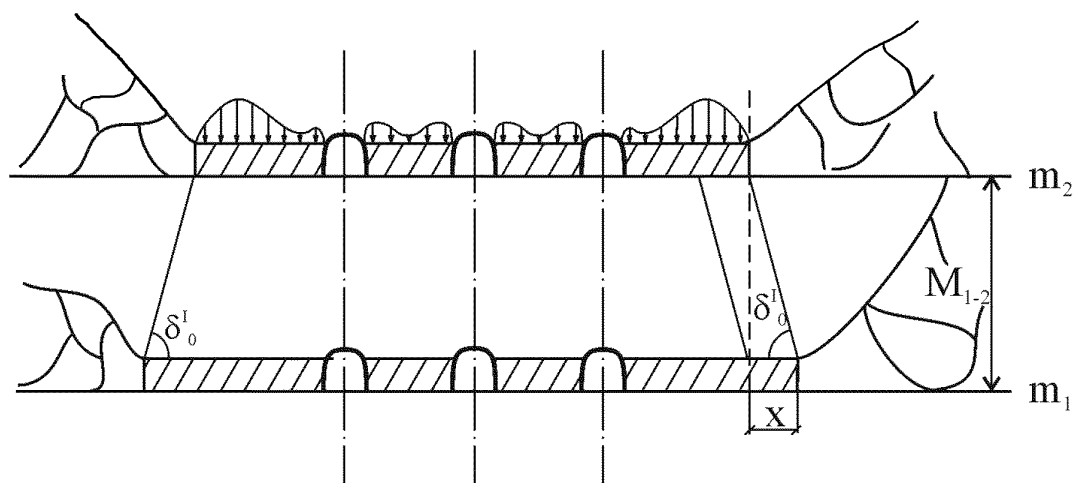


Рисунок 14.2 — Охрана наклонных выработок целиками угля при отработке двух пластов.

Согласно правил охраны, при первичной подработке толщи горных пород δ_0 для Донбасса равно 75° . При повторной подработке $\delta_0 = 80^\circ$. Как при нисходящем, так и при восходящем порядке отработки близлежащих пластов, при сохранении выработок на каждом пласте размер целика на нижнем пласте принимается больших размеров, чем на верхнем.

В том случае, если пласты отрабатываются поочередно, т.е. разнесены во времени, размеры целиков на обоих пластах определяются как для одиночного пласта.

При отработке трех пластов нижний пласт m_1 подрабатывает верхний и средний пласты, поэтому граничный угол сдвижения в породах между пластами m_1 и m_2 $\delta_0' = 75^\circ$.

Пласт m_2 вторично подрабатывает верхний пласт m_3 . Поэтому: $\delta_0'' = 80^\circ$. (рис. 14.3)

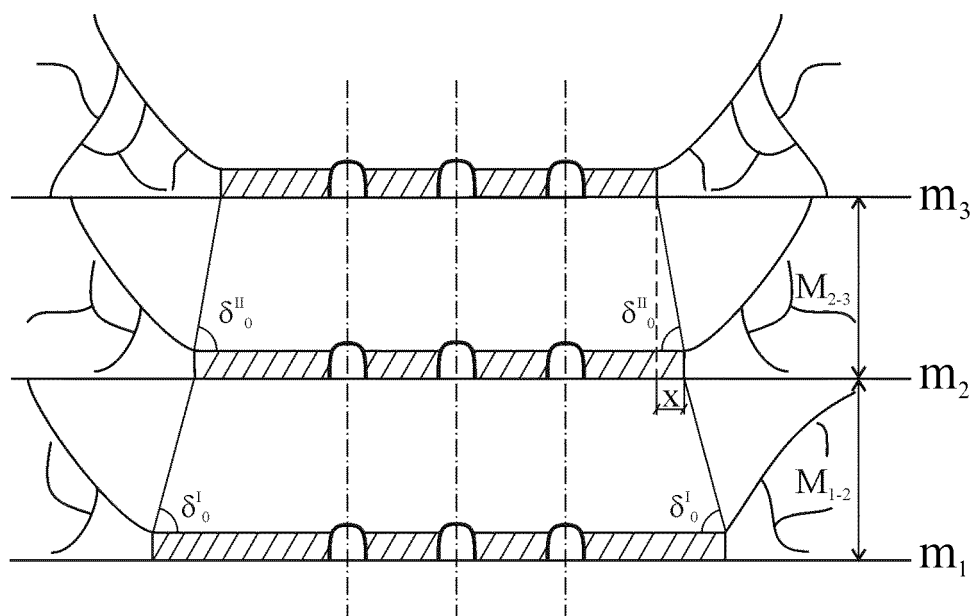


Рисунок 14.3 — Охрана наклонных выработок целиками угля при разработке трех пластов.

В том случае, когда есть возможность разнести наклонные выработки одного пласта на расстояние в несколько сот метров от наклонных выработок другого пласта, размер целиков на этих близлежащих пластах определяются так же с учетом особенностей схемы сдвижения при разработке свиты пологих пластов (рис. 14.4).

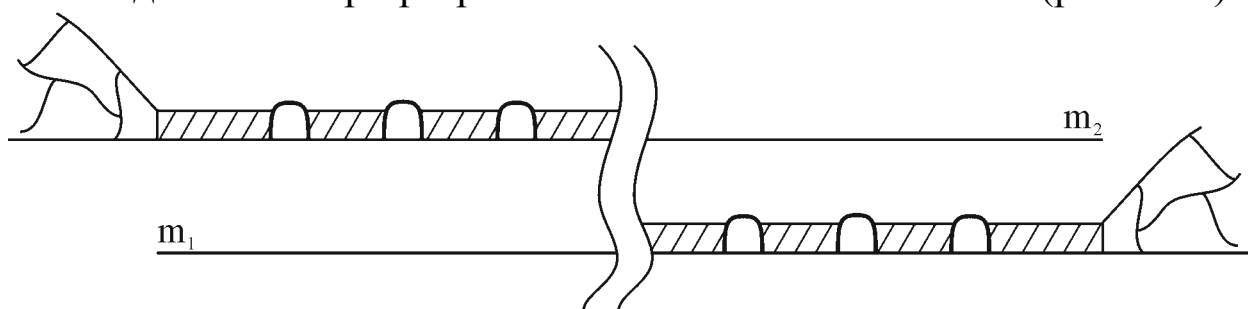


Рисунок 14.4 — Разнесение наклонных выработок близлежащих пластов по простиранию.

Как при нисходящем, так и при восходящем порядке отработки близлежащих пластов, на пласте, отрабатываемом в первую очередь, размер целиков определяется так же, как для одиночного пласта $l_{ц} = (0,8 \div 1,2) L_{оп}$. На пласте, отрабатываемом во вторую очередь, при условии неполной подработки земной поверхности первым пластом, размер целика принимается меньше, чем для одиночного пласта, а именно: $l_{ц} = (0,5 \div 0,8) L_{оп}$. А при условии полной подработки земной поверхности $l_{ц}$ определяется так же, как и для одиночного пласта.

15 СПОСОБЫ ОХРАНЫ ШТРЕКОВ КРУТОПАДАЮЩИХ ПЛАСТОВ

15.1 Особенности охраны штреков на крутопадающих пластах

На крутом падении по сравнению с пологим, имеются следующие особенности:

- 1- намного больше геологических нарушений;
- 2- многие пласты имеют вмещающие породы, склонные к сползанию;
- 3- смещение пород происходит в основном в направлении, перпендикулярном напластованию;
- 4- шахты разрабатывают десятки пластов, поэтому имеет место многократная подработка и надработка толщи горных пород.

Все выше перечисленные факторы приводят к тому, что условия поддержания выемочных штреков значительно сложнее, чем на пологом падении.

Поэтому целесообразно применять специальные крепи, имеющие податливость, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях (например, КМП А-4). Кроме того, отличаются и способы охраны выемочных штреков крутопадающих пластов.

15.2 Способы охраны откаточных штреков крутопадающих пластов

В настоящее время наиболее часто откаточные штреки на крутом падении охраняются целиками угля, искусственными целиками и проводятся в почве отрабатываемого пласта.

1. Охрана угольными целиками (рис. 15.1).

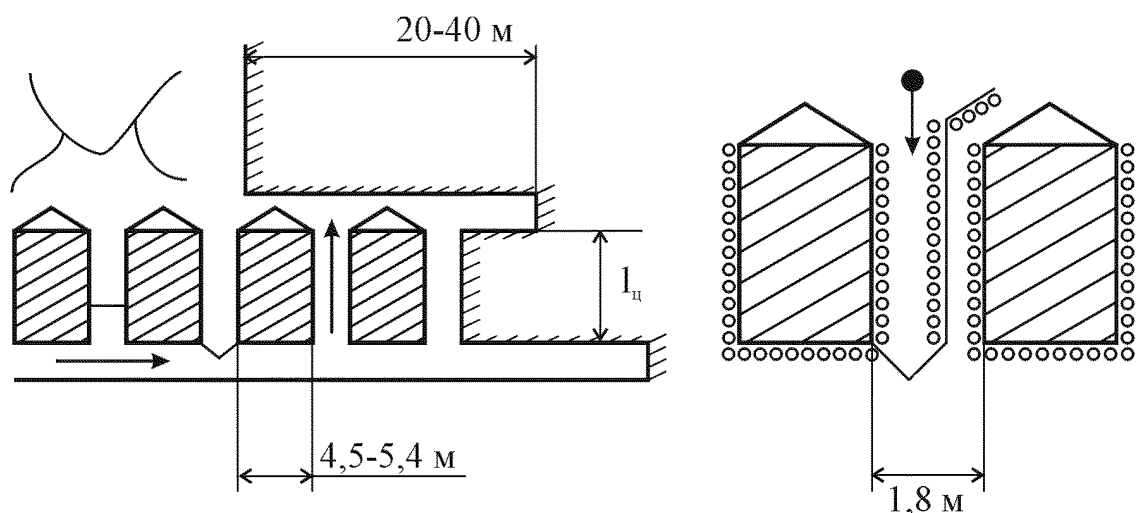


Рисунок 15.1 — Охрана откаточного штрека угольными целиками

В зависимости от мощности разрабатываемого пласта и прочности угля угольные целики по падению оставляются размером $6 \div 14$ м.

Чем больше m и меньше R , тем больше размер целика. По простиранию ширина целика принимается $4,5 \div 5,4$ м. Для предотвращения высыпания угля из целиков они оконтуриваются по периметру деревянной призабойной крепью. Под стойки обязательно пробиваются затяжки.

Угольные целики не рекомендуется или запрещается оставлять на выбросоопасных пластах, угрожаемых по горным ударам, склонных к самовозгоранию, на защитных пластах, а также на сближенных пластах. Они практически применяются повсеместно на пластах с вмещающими породами, склонными к сползанию.

Для предотвращения сползания пород кровли или почвы пласта, не желательно пересекать штреком склонные к сползанию слои горных пород. При необходимости это сделать, величина подрывки не должна превышать 25% мощности этого слоя.

Порядок отработки этажа прямой (от центра к границам шахтного поля), при этом возможна отработка выемочного участка на передние промежуточные квершлагги (столбовая система) или на задние промежуточные квершлагги (сплошная система разработки). Применяются также комбинированные системы разработки. В связи с повсеместным применением на крутом падении электровозной откатки угля необходимо поддерживать пластовый откаточный штрек в выработанном пространстве для осуществления маневров. С точки

зрения уменьшения затрат на охрану штреков, необходимо применять столбовую систему разработки. К сожалению, из-за целого ряда различных причин (недостаточное финансирование, нехватка крепежа, недостаток проходческого оборудования и т.д.) около 80% лав, отрабатываемых по простиранию с помощью выемочных комбайнов или отбойных молотков, работают по сплошной системе разработки.

Бурение с откаточного штрека скважин по угольному пласту для дегазации пласта или для нагнетания воды в угольный пласт с целью предотвращения внезапных выбросов угля и газа приводит к ослаблению и возможному высыпанию оставляемых для охраны откаточного штрека угольных целиков.

Способ применяется довольно широко, но от него необходимо отказываться там, где это возможно. На пластах с вмещающими породами, не склонными к сползанию, применяются искусственные целики различной конструкции.

2 Охрана откаточного штрека искусственными целиками (рис. 15.2).

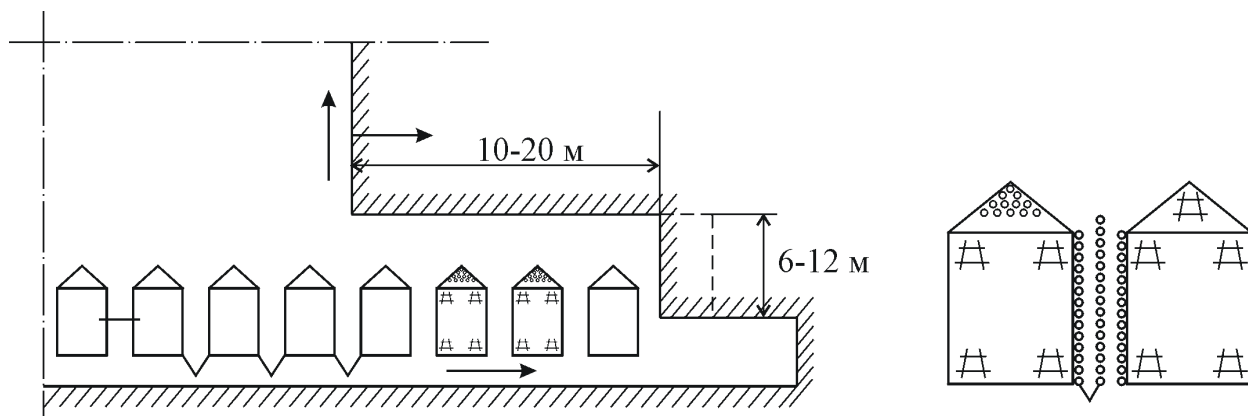


Рисунок 15.2 — Охрана откаточного штрека искусственными целиками.

Костры применяют различной конструкции: обыкновенные (клетки), накатные костры, кустокостры. Опыт показывает, что наибольшей жесткостью обладают кустокостры. Поэтому они более предпочтительны. Как показывает практика, смещение пород кровли и почвы на сопряжении нижнего уступа с откаточным штреком при охране искусственными целиками в несколько раз больше, чем при охране угольными целиками.

Для предотвращения завалов нижней части лавы необходимо уменьшить до минимума размеры опережающей печи и размеры магазинного уступа, применять столбовую систему разработки. По данным Горловского отделения ДонУГИ искусственные целики могут применяться примерно на 70% шахтопластов Центрального района Донбасса. Одним из крупных недостатков этого способа является большой расход леса.

3. Охрана полевых откаточных штреков

В связи с тем, что на любой шахте ЦРД разрабатываются свиты сближенных пластов, на них применяется группирование. При этом целесообразно групповые штреки проводить в почве нижнего пласта данной свиты по прочным горным породам (песчаникам или сланцам). Опыт показывает, что и при отработке одиночных пластов со слабыми вмещающими породами все большее распространение получает отработка их на полевые штреки (рис. 15.3).

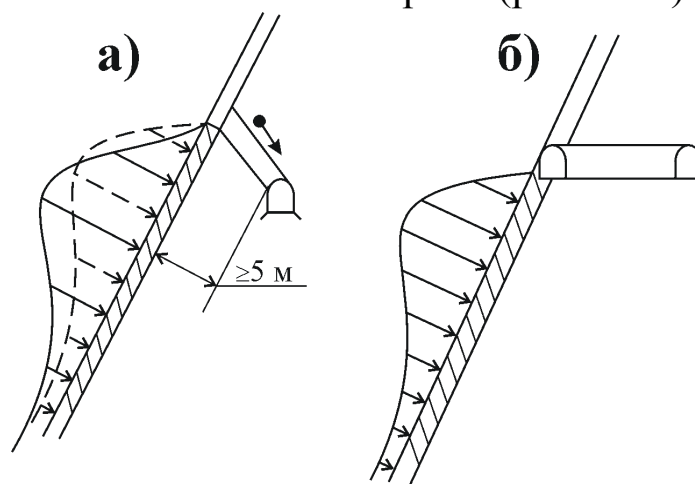


Рисунок 15.3 — Отработка на полевой штрек: а) — через скат; б) — через промежуточный квершлаг

При отработке на полевой штрек через скаты, полевой штрек находится в зоне влияния опорного давления. С целью уменьшения деформаций крепи можно применить ВЦР. Это приведет к некоторому уменьшению влияния опорного давления на полевой штрек при его надработке. Для того, чтобы после надработки полевой штрек находился в зоне разгрузки, необходимо производить отработку пласта через промежуточные квершлагги. Вредное влияние последующей надработки на полевой штрек при отработке лав отбойными молотками, комбайнами или щитами целесообразно компенсировать с помощью ВЦР. После надработки полевой штрек будет находиться в зоне разгрузки. Пластовый откаточный штрек погашается.

Попытки применения БЖБТ для охраны откаточных штрехов крутого падения не увенчались успехом из-за сложности их возведения.

Применение бутовых полос для охраны откаточного штреха также практически невозможно, т.к. подрывка пород кровли или почвы, как правило, приводит к их сползанию и завалу лавы. Были предположения возводить бутовые полосы с помощью пневмозакладочных установок типа “Титан”. Это трудно реализуется в связи с тем, что доставленную в вагонетках породу необходимо вручную закладывать в дробильную установку.

Горловское отделение ДонУГИ предложило оставлять на расстоянии в 14-16м от откаточного штреха целики угля размером по падению, равным 4-6м с тем, чтобы создать локальную зону разгрузки вокруг охраняемого штреха. Этот способ требует апробации.

15.4 Способы охраны вентиляционных штреков на крутых пластах

В настоящее время наиболее широко применяется охрана вентиляционных штреков со стороны очистного забоя целиками угля (около 30%) и бутовыми полосами (около 70%).

1 Охрана пластового вентиляционного штрека целиками угля (рис. 15.4).

Как правило, вентиляционный штрек проводится по завалу, т.е. по “задавленному” бывшему откаточному штреку. Поэтому проведение вентиляционных штреков осуществляется с помощью отбойных молотков вручную.

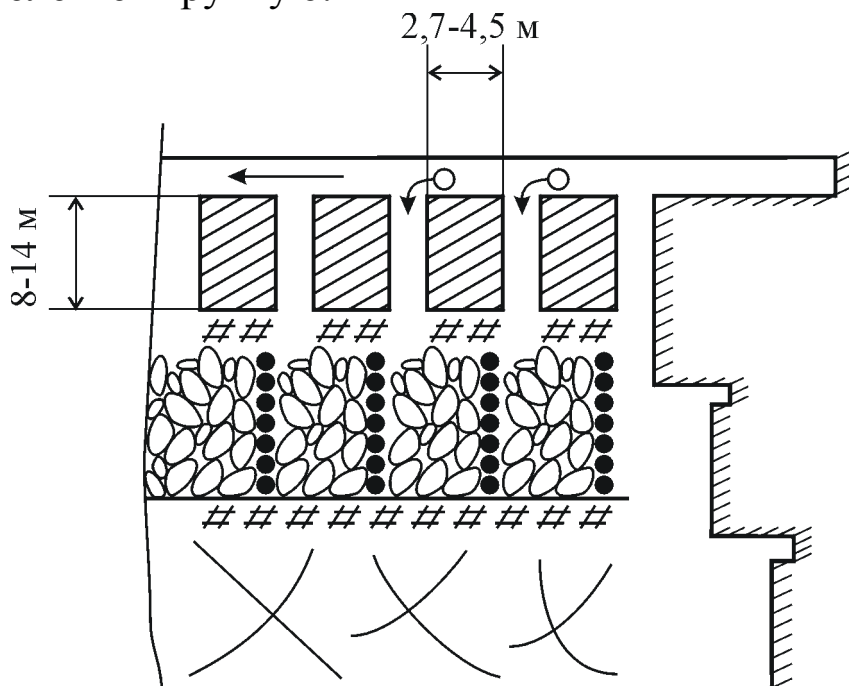


Рисунок 15.4 — Охрана пластового вентиляционного штрека целиками угля.

Охрана вентиляционных штреков угольными целиками допускается при наличии весьма слабых боковых пород. В зависимости от мощности пласта и прочности угля размеры целиков по падению принимаются от 8 до 14м.

Непосредственно под угольные целики устанавливаются деревянные костры через 1,8м по простиранию.

Порода от проведения вентиляционного штрека, чтобы не выдавать ее на поверхность, закладывается в бутовую полосу, расположенную под целиками угля. Размер этой полосы предопределяется мощностью пласта и сечением вентиляционного штрека.

2 Охрана вентиляционного штрека бутовой полосой (рис. 15.5).

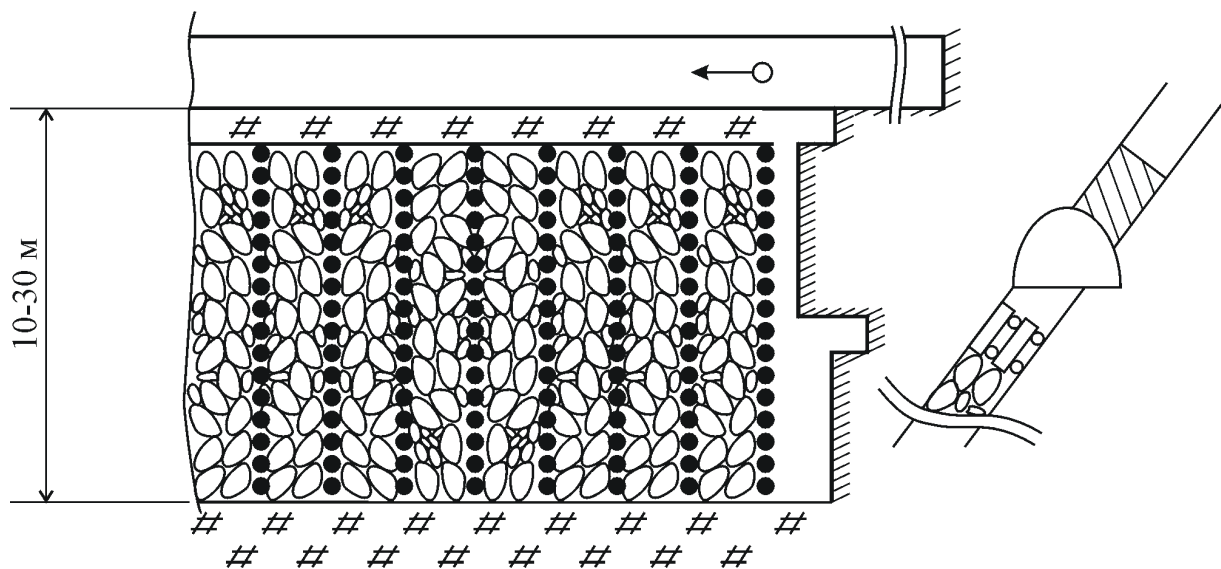


Рисунок 15.5 — Охрана вентиляционного штрека бутовой полосой

Порода от проведения вентиляционного штрека, его перекрепления закладывается в бутовую полосу.

Т.к. бутовая полоса в этом случае может иметь длину 10÷30м иногда и более, то для ее удерживания возводится два упорных ряда костров, кроме этого непосредственно под штреком возводится еще один ряд костров.

Т.к. давление закладочного материала большое, то, как правило, отшивка закладочных ящиков осуществляется двойным органным рядом. Этот способ является наиболее распространенным.

Основной недостаток — очень большой расход леса.

3. Проведение “минусовых штреков”

Начиная с 1975г. на шахтах крутого падения пытались внедрить проведение, так называемых ,“минусовых штреков” по аналогии с присечными выработками на пологом падении (рис. 15.6).

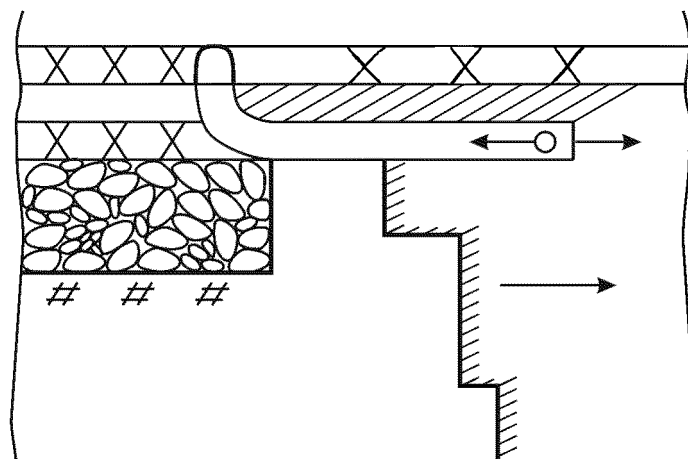


Рисунок 15.6 — Проведение “минусовых штреков”

Во избежание самопроизвольного перепуска породы с верхнего этажа угольный целик по падению между бывшим откаточным и проводимым вентиляционным штреками оставляется размером $6 \div 8$ м. При этом происходит “потеря горизонта”. Для осуществления доставки крепежного материала в забой проходимого штрека на квершлагах необходимо устанавливать лебедки.

Это основная причина по которой этот способ до сих пор не нашел практического применения.

4. Расположение полевых вентиляционных штреков в зоне разгрузки.

Исследование на моделях из эквивалентных материалов, а также шахтные исследования показали, что после погашения откаточного штрека возникает зона разгрузки в виде овала, длинная ось которого вытянута в направлении, перпендикулярном напластованию пород, с размерами, указанными на рисунке 15.7.

Как видно из этого рисунка, при расположении вентиляционного штрека в породах почвы пласта сечение выработки может частично выходить за границы ЗНД (зоны разгрузки). Поэтому в результате ее проведения нарушается равновесие системы «крепь-порода» и увеличивается размер ЗНД. Это приводит к увеличению смещений на ее контуре и, как следствие, к увеличению нагрузки на крепь штрека.

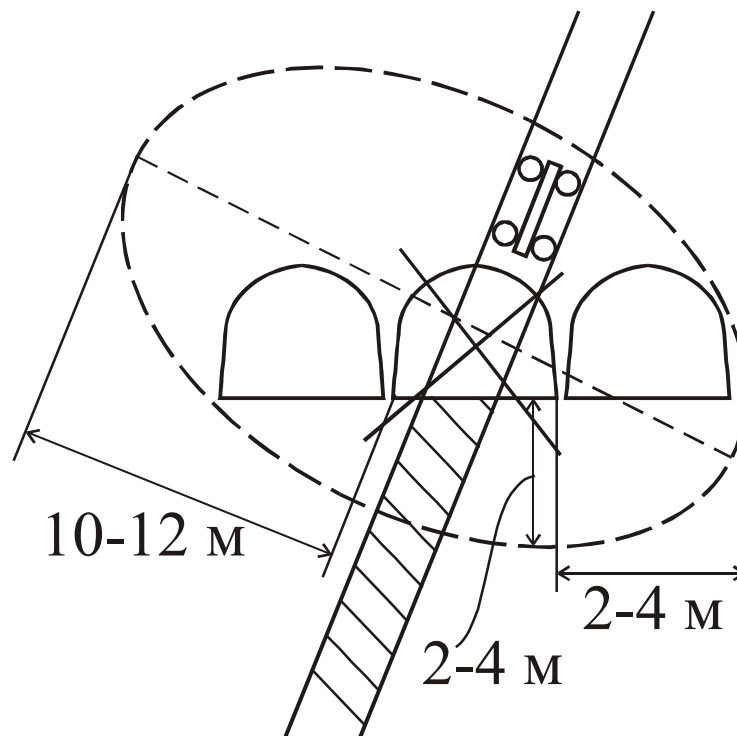


Рисунок 15.7 — Расположение полевых вентиляционных штреков в зоне разгрузки.

При проведении вентиляционного штрека в породах кровли пласта он полностью вписывается в зону разгрузки (ЗНД). Поэтому увеличения размеров ЗНД практически не происходит. Выработка находится все время ее эксплуатации в зоне разгрузки. Затраты на ее поддержание минимальные. Этот способ охраны с геомеханической точки зрения аналогичен охране подготовительных горных выработок на пологих пластах в зоне разгрузки, создаваемой предварительной отработкой разгрузочной лавы.

С технологической точки зрения проведение вентиляционного штрека в породах кровли пласта также предпочтительнее, т.к. в этом случае сбойка между ним и лавой проходит через породы зоны разгрузки. Длина ее незначительная. А при расположении вентиляционного штрека в породах почвы пласта попасть в лаву можно по сбойке, проходящей полностью или частично через погашенный откаточный штрек. При этом резко увеличивается трудоемкость проведения сбойки и травматизм проходчиков.

Проведение вентиляционного штрека в породах кровли пласта в зоне разгрузки является перспективным способом для шахт Центрального района Донбасса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.А.Турчанинов и др. Основы механики горных пород — М.: Недра, 1989.— 488 с.
2. Способы и средства охраны подготовительных горных выработок. Алышев Н.А. и др. — Донецк — 1997.— 395 с.
3. Черняк И.Л., Ярунин С.А. Управление состоянием массива горных пород: Учеб. Для вузов — М.: Недра, 1995.— 395 с.
4. Кошелев К.В. и др. Охрана и ремонт горных выработок. — М.: Недра, 1990.— 218 с.
5. Методические указания к курсовому проекту по курсу «Управление состоянием породного массива». Сост.: В.Л. Самойлов, Н.Н. Гавриш. Под ред. В.Л. Самойлова — Донецк: ДонГТУ, 1997.
6. Н.М. Проскуряков. Управление состоянием массива горных пород. — М.: Недра, 1991.— 386 с.
7. М.П. Зборщик, В.В. Назимко. Охрана выработок глубоких шахт в зонах разгрузки. — К.: Техника, 1991.— 248 с.
8. В.Л. Самойлов. Конспект лекций по курсу «Управление состоянием породного массива» I ч. — Донецк: ДонГТУ, 1998.— 79 с.
9. Александров В.Г. и др. Вопросы управления горным давлением на тонких крутых пластах Донбасса. Монография — Донецк ООО «Лебедь», 1998.— 288 с.
10. Виноградов В.В. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок. — К. «Наукова думка», 1989. —192 с.
11. Горная энциклопедия в (5 - ти томах) /Гл. ред. Е.А.Козловский. — М.: Сов. энциклопедия. 1984 – 1991.
12. Распределение напряжений в породных массивах / Г.А.Крупенников, Н.А.Филатов, Б.З.Амусин и др. —М.: Недра, 1972. — 144 с.
13. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механические процессы в породных массивах: Учебник для вузов. —М.: Недра, 1986, — 272 с.

14. Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Нуждихин А.Г. крепление капитальных и подготовительных горных выработок. Справочник. –М.: Недра, 1989. — 571 с.
15. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. –Л.: ВНИМИ, 1986. — 222 с.
16. Глушко В.Т., Цай Т.Н., Ваганов И.И. Охрана выработок глубоких шахт. –М.: Недра, 1975. — 200 с.
17. Прогрессивные паспорта крепления, охрана и поддержание подготовительных выработок при бесцеликовой отработке угольных пластов. –Л.: ВНИМИ, 1985. — 112 с.
18. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений в примерах и задачах: Учебное пособие для вузов. –М.: Недра, 1989.— 270 с.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

По курсу: ”Управление состоянием породного массива”

Самойлов Вячеслав Лаврентьевич

Підп. до друку 02.08.2001 г.
Цифровий трафаретний друк
Тираж 150 экз

Формат 60×84 ¹/₈
Умовн. друк. арк. 6,09

папір “Тесніс”
Обл. вид. арк. 6,15
Замовл № 803

Рекламно-видавнича агенція ДонДТУ,
зареєстрована відповідно постанові Кабміну України № 646 від 13 серпня 1993 року і Статуту №217 від 18 грудня 1997 року

83000, м. Донецьк, вул. Артема, 58, Гірничий інститут, 9 учб. корпус
Тел.: (0622) 99-99-94, 90-36-31
E-mail: rio@mine.dgtu.donetsk.ua