МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ И КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ НА ШАХТАХ ЛЕНИНГРАДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

Ленинград
1973

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ И КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ НА ШАХТАХ ЛЕНИНГРАДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

1973

УДК 622.831.24

В настоящих "Методических указаниях. . ." приведены исходные данные и методика выбора параметров управления кровлей и конструктивных элементов систем разработки в условиях сланцевых шахт Ленинградского месторождения.

Указания составлены по результатам исследований ВНИМИ, проводившихся в период с 1956 по 1972 г., и рассчитаны на работников производства, проектных и научно-исследовательских организаций, занимающихся вопросами разработки горючих сланцев и других месторождений с аналогичными горногеологическими условиями.

"Методические указания. . ." составлены докт.техн.наук Ф.П.Бубликом и инженерами С.Н.Жарковым, А.В.Плаховым и Н.И.Селезневым.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ), 1973.

ВВЕДЕНИЕ

До недавнего времени разработка Ленинградского месторождения горючих сланцев производилась в основном системой длинных столбов с выемкой спаренными лавами и управлением кровлей частичной закладкой. Она отличалась сравнительно невысокой механизацией очистных работ, так как основные операции в очистном забое, например, погрузка сланца на конвейер, выкладка буговых полос и некоторые другие, выполнялись вручную.

Начиная с 1957 г. на шахтах месторождения проводится большая работа, направленная на коренное усовершенствование технологии очистных работ, существенный подъем уровня механизации трудоемких процессов добычи сланца, на улучшение условий труда горнорабочих, снижение себестоимости сланца. Внедрение механического обогащения горной массы на поверхности позволило применить валовую выемку пласта горючего сланца, что сделало возможной механизацию наиболее трудоемкой операции очистной выемки - погрузку горной массы на конвейер.

На основе опыта разработки горючего сланца спаренными лавами с частичной закладкой и камерами была предложена, испытана и в 1962 г. внедрена на шахте № 3 система разработки камерами-лавами, которая сочетает в себе достоинства систем как с длинным, так и с коротким забоем. В 1971 г. эта система внедрена на крупнейшей шахте месторождения "Ленинградская", получив тем самым преимущественное распространение. Система разработки с частичной закладкой применяется лишь на шахте им. С.М.Кирова, на которой отсутствует обогатительная фабрика.

Опыт применения системы камер-лав на шахте № 3 показал, что при имеющихся в настоящее время средствах механизации очистных работ именно эта система обеспечивает наиболее высокую производительность труда горнорабочих при значительном снижении себестоимости сланца. Однако, наряду с положительными качествами, системе камер-лав присущи следующие недостатки: большой объем нарезных работ, значительный расход крепежного леса, ручная установка крепи, относительно высокие потери сланца в междукамерных целиках. Эти недостатки камер-лав потребовали дальнейшего совершенствования технологии разработки промпласта горючего сланца. Одним из таких этапов представляется применение системы разработки длинными столбами с управлением кровлей обрушением, которая испытывалась на месторождении в 1969 г. на шахте № 3, а в 1972 г. на шахте им. С.М.Кирова. Опытные работы подтвердили заключение ВНИМИ, сделанное в 1956 г., о принципиальной возможности выемки промпласта горючего сланца системой разработки с управлением кровлей полным обрушением.

С 1956 г. ВНИМИ проводит на шахтах Ленинградского месторождения горючих сланцев исследования вопросов управления горным давлением и обоснования параметров систем разработки. На основе обобщения результатов исследований в 1964 г. было составлено "Временное наставление по управлению кровлей при системе разработки камерами-лавами" на шахтах комбината "Сланцы" /1/, предназначенное для работников шахт. К настоящему времени накоплен значительный объем новых материалов по управлению горным давлением при системах камер-лав и длинных столбов с частичной закладкой, а также при испытании управления кровлей полным обрушением. Вследствие этого возникла необходимость обобщить данные практики и результаты исследований и составить более полные "Методические указания. . .", направленные на упорядочение выбора параметров управления кровлей и конструктивных элементов систем разработки, применяемых при добыче горючего сланца.

"Методические указания. . ." составлены по заявке шахтоуправления "Ленинградсланец" и одобрены его Техническим советом. При окончательном редактировании настоящих указаний учтены замечания, высказанные на Техническом совете.

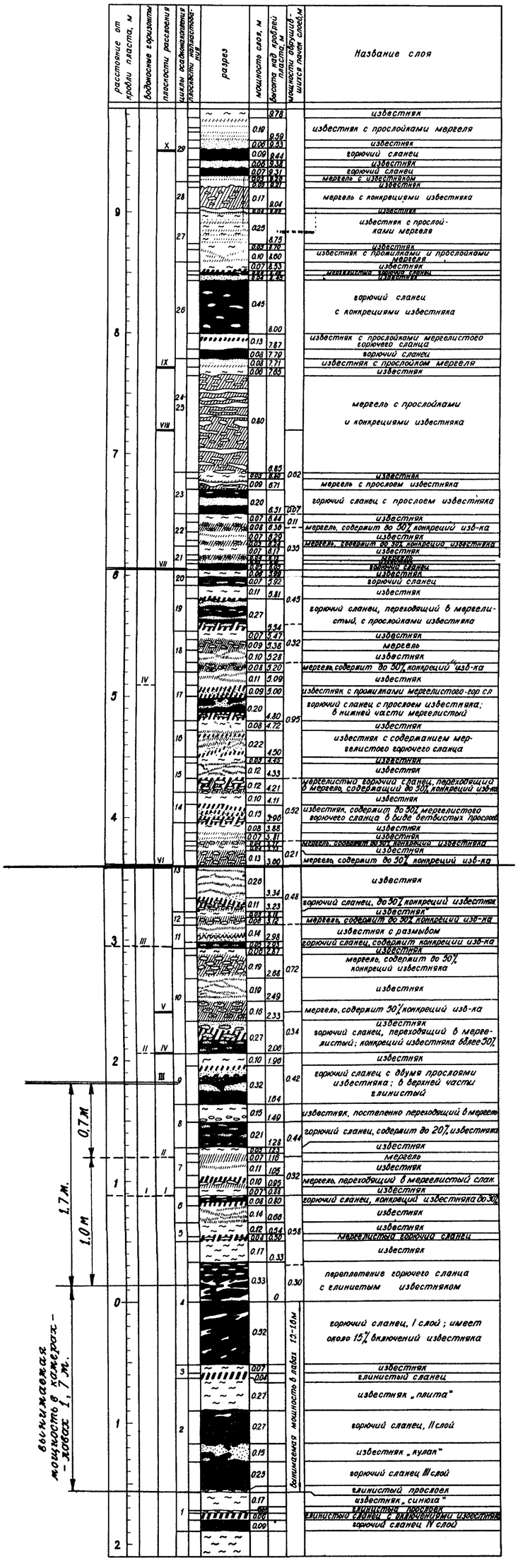


Рис. 1.1. Структура промпласта непосредственной и нижних слоев основной кровли

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- известняк
- глинистый известняк
- известняк с прожилками и прослойками мергеля
- известняк битуминозный
- мергель
- мергель битуминозный
- горючий сланец
- мергелистый горючий сланец
- глинистый прослоек
- размытые плоскости напластования

РАЗДЕЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ГОРНЫХ РАБОТ

1.1. Геологическая характеристика

Ленинградское месторождение горючих сланцев сложено палеозойскими породами кембрия, ордовика и девона, перекрытыми породами четвертичного возраста, преимущественно ледникового происхождения. Промышленный пласт горючих сланцев мощностью порядка двух метров приурочен к Кукрузескому горизонту среднего ордовика и представляет собой пять слоев горючего сланца, разделенных слоями известняка (рис.1.1). Он залегает почти горизонтально в нижней части продуктивного горизонта согласно с вмещающими породами и характеризуется хорошей выдержанностью на большой площади. Промышленный пласт горючих сланцев подстилается известняками Таллинского горизонта мощностью до 30 м, покрывается известняками и глинистыми известняками ордовика и толщей пород девона. Глубина залегания пласта составляет от 50 до 140 м.

Породы кровли сложены слоями известняков, мергелей, горючих и глинистых сланцев с прослойками глин. До высоты 25 м над кровлей промпласта отдельные слои пород, слагающих массив, имеют мощность от 0,02 до 0,6 м. Выше мощность отдельных слоев достигает 1,0 м и только на высоте от 50 до 64 м от кровли промпласта залегают прочные слои доломитов мощностью до 4 м, ракверские (везенбергские) слои. Особенно тонкими слоями сложена толща пород до 12 м над кровлей промпласта (кукрузеские слои), мощность отдельных слоев которых не превышает 0,4 м. Покрывающие промпласт породы кровли относительно хорошо выдержаны как по составу, так и по мощности, однако на участках месторождения с малой глубиной залегания часть верхних слоев массива отсутствует.

Карбонатные породы ордовика и приуроченные к ним слои горючих сланцев отличаются значительной трещиноватостью и закарстованностью. Различают литогенетические и тектонические трещины /2/.

Литогенетические трещины развиты внутри отдельных слоев горных пород. Их образование приурочено к стадии диагенеза и эпигенеза. Эти трещины имеют различное направление по падению и простиранию. По форме различают прямые, кривые, извилистые, ломаные; по раскрытости – открытые и закрытые. Материал заполнения – налеты и пленки сульфидов. К этой группе относятся также трещины по напластованию, почти горизонтальные; по форме ровные, волнистые, заполненные глинистым мате-

риалом. От литогенетических трещин зависит устойчивость боковых пород, а также размеры и форма кусков и влажность товарного сланца.

К тектоническим относятся трещины, пересекающие весь комплекс пород ордовика и ориентированные в северо-восточном и северо-западном направлениях, а также трещины, развитые по напластованию пород.

Трещины северо-восточного простирания пересекают весь осадочный комплекс пород ордовика, падая под углом от 80 до 90°. Выделяются два основных типа этих трещин. Трещины первого типа – "трещины-жилы", заполненные кварцевым песчаником с карбонатным и сульфидным цементом, имеют азимут простирания от 50 до 90°, располагаются группами, образуя зоны тектонического дробления, состоящие в основном из 2–4 трещин, расположенных от 10 до 200 м одна от другой. Мощность "трещин-жил" достигает 12 см, местами они имеют ответвления в виде прожилков песчаника мощностью до 1 см. Трещины второго типа, заполненные кальцитом и сульфидами, развиты в виде выдержанных жил и линзочек на контакте и внутри "трещин-жил", а также в виде жеод и прожилков вблизи и параллельно карстовым нарушениям. Мощность прожилков внутри "трещин-жил" около 1 см, а мощность отдельных трещин, выполненных кальцитом и сульфидами, достигает 3 см.

Трещины северо-западного простирания пересекают "трещины-жилы" почти под прямым углом. Они располагаются параллельными рядами на расстоянии от 12 до 75 м (в среднем около 30 м) одна от другой, падая под углом от 80 до 90°, и пересекают весь комплекс осадочных пород ордовика. В большинстве эти трещины открытые, некоторые заполнены глиной или раздробленным материалом. С увеличением глубины залегания величина раскрытости трещин уменьшается от 5 до 3 мм. Местами эти трещины служат водопроводящими каналами для вод верхних горизонтов.

Горизонтальные трещины приурочены к плоскостям напластования, их положение определяется литологическим строением пород. Местами эти трещины вызывают осложнения при ведении горных работ, так как отличаются высокой водообильностью.

К трещинам северо-восточного простирания ("трещинам-жилам") приурочены широко распространенные на территории бассейна карстовые нарушения, развитые как в промпласте, так и в подстилающих и покрывающих породах. Карстовые нарушения имеют сложную форму как в плане, так и в разрезе, но вполне выдержанные простирание и зональность, причем каждая выделенная зона отличается присущей ей особенностью строения, составом и свойствами пород. По структурным признакам в плане выделяют три зоны.

Зона остаточной глины располагается в центральной части кар-

стового нарушения и представлена жирной пластичной глиной и обломками доломитизированных известняков. В этой зоне породы кровли совершенно неустойчивы, поэтому необходимо сплошное крепление пересекающих эту зону выработок.

Зона дробления простирается вдоль карстового нарушения, окаймляя с обеих сторон зону остаточной глины, в виде сравнительно выдержанной полосы шириною от 10 до 20 м. Кровля горных выработок на этих участках весьма неустойчива, бывают внезапные обрушения и вывалы пород. Эта зона характеризуется значительной обводненностью горных пород.

Зона трещиноватости простирается вдоль карстового нарушения в его периферийной части. Ширина зоны трещиноватости достигает 30 м. В этой зоне значительно осложняется ведение горных работ.

Кроме упомянутых трещин следует отметить трещины карстовой тектоники, проявляющиеся в виде трещин расслоения, скола, отрыва, дробления со смещением и без смещения крыльев. Стенки этих трещин имеют следы выветривания. Эти трещины располагаются в породах, затронутых карстовыми процессами.

Наличие в кровле относительно слабых прослойков горючих и глинистых сланцев и глин предопределяет расслаиваемость и обрушение массива пачками слоев при подработке. В породах непосредственной и основной кровли выявлены следующие постоянные горизонты отслоения: 0,9; 1,2; 1,9; 4,0; 6,2; 7,7; 9,5; 11,5 м от кровли промпласта.

Тектонические трещины северо-западного простирания не могут оказывать заметного влияния на несущую способность целиков, так как их падение вертикальное, а расстояние между трещинами несоизмеримо больше минимального размера целика, и поэтому трещинами пересекаются только отдельные целики. Тектонические трещины северо-восточного простирания могут снижать несущую способность целиков только в том случае, когда они затронуты процессами карстообразования. Наибольшее снижение несущей способности целиков вызывают литогенетические трещины. Влияние этих трещин учитывается при определении прочности целиков путем натурных испытаний.

1.2. Характеристика горных работ

Промышленный пласт горючего сланца на шахтах Ленинградского месторождения разрабатывается системой камер-лав. Некоторый объем имеет применение система разработки длинными столбами с отработкой их спаренными лавами и управлением кровлей частичной закладкой выработанного пространства. В последнее время проводятся широкие экспериментальные работы по испытанию системы разработки длинными столбами с управлением кровлей полным обрушением.

Подготовка выемочных участков, общая для всех применяемых систем разработки, состоит в следующем (рис.1.2).Шахтное

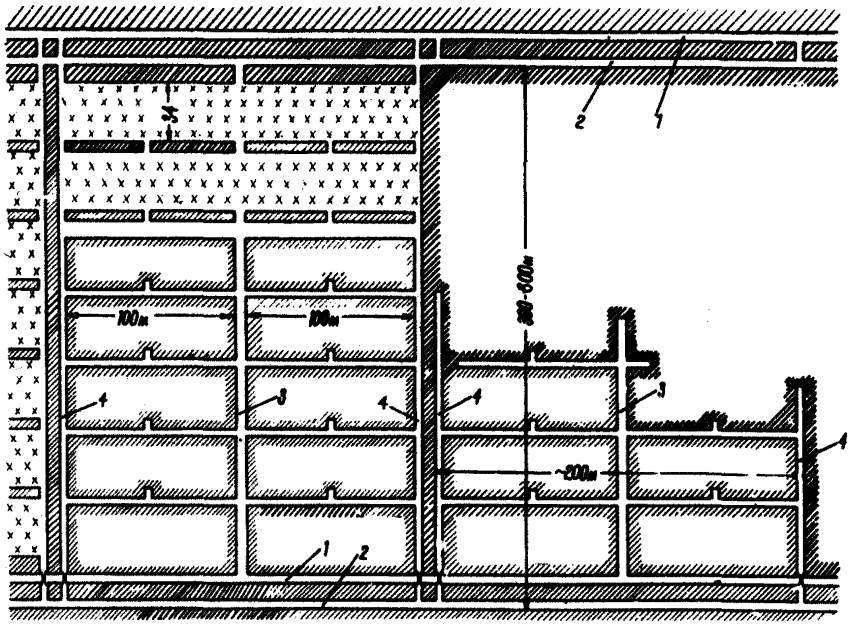


Рис.1.2. Система разработки камерами-лавами:1-откаточный штрек; 2-вентиляционный штрек; 3-сборный штрек; 4-бортовой штрек

поле главными и панельными штреками разрезается на панели шириной от 300 до 800 м. Для каждой из них проходятся два спаренных панельных штрека - откаточный и вентиляционный,соединяемые между собой сбойками.

В основу системы камер-лав положено использование временной естественной устойчивости пород основной кровли, управление которой осуществляется междукамерными целиками (см.рис.1.2). Непосредственная кровля мощностью порядка 4 м поддерживается деревянной стоечной крепью. Наряду с имеющимися преимуществами, одним из которых следует считать почти полную механизацию производственных процессов в очистном забое, системе камер-лав присущи существенные недостатки: большой объем нарезных работ, значительный расход крепежного леса, относительно высокие потери сланца в междукамерных целиках.

При системе разработки камерами-лавами в условиях Ленинградского месторождения горючих сланцев панельные поля разделяются на блоки шириной до 200 м и более.Длина блоков равна ширине панели. Блок по ширине разрезается сборным штреком на два столба. По границам блока проводятся бортовые штреки.

Бортовые штреки обычно проходят при нарезке блока, однако их можно предварительно не проводить, а поддерживать в выработанном пространстве органной деревянной крепью.

Столб по длине разделяется на камеры-лавы. Камера-лава - часть столба, ограниченная междукамерными целиками и отрабатываемая длинным забоем, равным ширине столба, от предварительно проводимой печи, которой оконтуривается одна сторона междукамерного целика. Вторая сторона целика образуется остановкой забоя камеры-лавы при достижении ею установленной ширины. Отработка камер-лав в блоке ведется по принципу спаренных лав с общим фронтом очистного забоя длиной, равной ширине блока. Очистные работы начинаются от границы блока после проведения нарезных выработок.

До 1970 г. на Ленинградском месторождении горючих сланцев имела широкое распространение система разработки длинными столбами с отработкой их спаренными лавами и управлением кровлей частичной закладкой. Эта система имеет некоторое распространение и в настоящее время. При этой системе (рис.1.3) па-

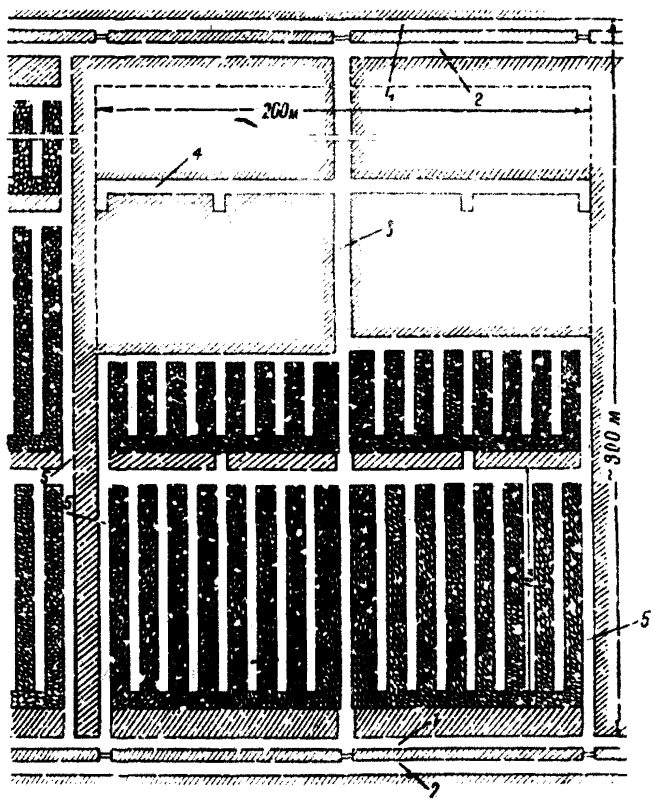


Рис.1.3. Система разработки длинными столбами с частичной закладкой: 1-панельный вентиляционный штрек; 2-панельный откаточный штрек; 3-сборный штрек; 4-разрезной штрек; 5-бортовой штр

нельное поле также разделяется на столбы шириной до 200 м и более. Длина столба, равная ширине панели, составляет порядка 300-800 м. Вдоль столба, по его середине, проходится сборный штрек, служащий для транспортировки сланца и материалов, а также для вентиляции. Бортовые штреки, служащие для вентиляции, доставки вспомогательных материалов и запасными выходами, поддерживаются в выработанном пространстве бутовыми полосами. Кровля их крепится неполными дверными окладами. Очистные работы начинаются от пройденной у границы блока разрезной печи.

В настоящее время столбы не отрабатываются всплошную, их разрезают по длине печами на выемочные участки. Длину выемочных участков принимают порядка 0,9L (L - пролет полной подработки поверхности, величина которого зависит от глу-

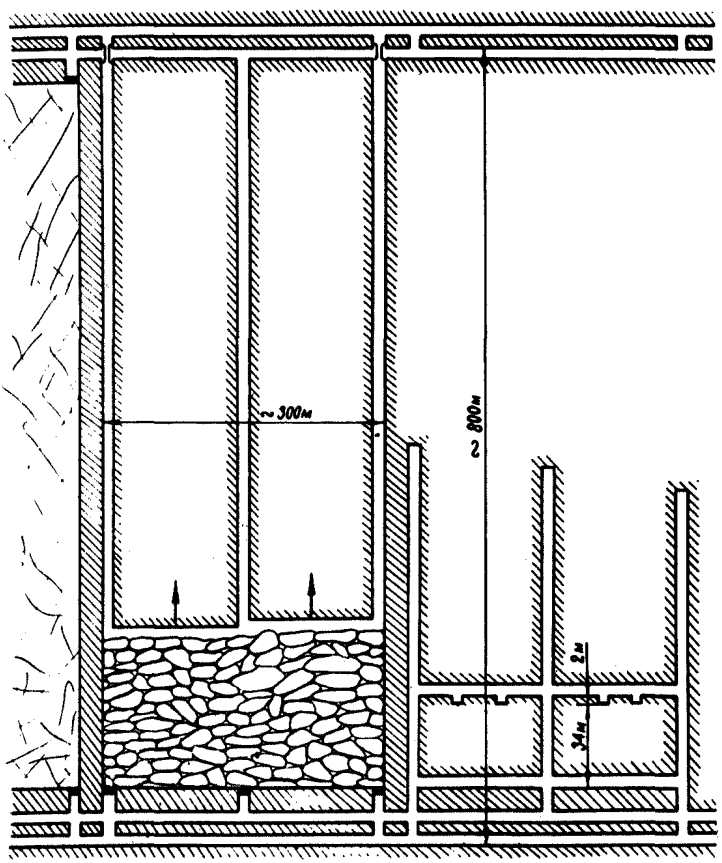


Рис.1.4. Система разработки длинными столбами с управлением кровли полным обрушением

бины горных работ). Между выемочными участками оставляются промежуточные целики.

В 1957 г. на Эстонском, а в 1969 г. на Ленинградском месторождениях были проведены промышленные испытания системы разработки длинными столбами с управлением кровлей полным обрушением. Испытания показали техническую возможность применения на сланцевых шахтах этого способа управления кровлей.

В последнее время эксперименты по отработке лав с управлением кровлей полным обрушением проводятся в более широком масштабе.

В отличие от системы разработки с управлением кровлей частичной закладкой (см.рис.1.3), для применения системы разработки с полным обрушением кровли (рис.1.4) необходима предварительная проходка бортовых штреков, так как поддержание их в выработанном пространстве связано с известными трудностями. Однако при этом отработка столба производится всплошную, без предварительной разрезки его на выемочные участки.

РАЗДЕЛ 2

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ПОРОД ПОДРАБАТЫВАЕМОГО МАССИВА

Толща пород, залегающих над промышленным пластом горючего сланца, как указывалось, сложена чередующимися слоями известняков, мергелей, горючих и глинистых сланцев с прослойками глин. Мощность отдельных слоев пород составляет от 0,02 до 0,60 м (см.рис.1.1). Одним из основных свойств осадочных пород является их способность расслаиваться, что определяет,в известной степени, последовательность развития процессов их разрушения над очистными выработками.

Исследования поведения подрабатываемых пород кровли проводились в лавах с управлением кровлей частичной закладкой и полным обрушением. При этом было установлено, что породы кровли при подработке расслаиваются и обрушаются, несмотря на тонкослоистую структуру, довольно мощными пачками слоев, толщина которых находится в пределах от 0,8 до 3 м, т.е. в несколько раз больше мощности отдельных литологических разностей пород, слагающих массив. Такой характер развития процессов отслоения и обрушения налегающего массива предопределяется наличием в породах кровли относительно слабых по прочности слоев горючих и глинистых сланцев и глин. Горизонты отслоения и мощности образовавшихся пачек пород непосредственной и нижних слоев основной кровли характеризуются данными табл.2.1.

Таблица 2.1

Расслаиваемость пород кровли

Основные отслоения		Дополнительные отслоения	
Высота над кровлей промпласта,м	Мощность отслоения,м	Высота над кровлей промпласта,м	Мощность отслоения,м
0,9	0,8	1,2	1,2
1,9	1,0 или 1,9	2,8	1,0
4,0	2,1	7,0	0,8
3,2	2,2		
7,7	1,5		
9,5	1,8		
11,5	2,0		

Примечание. Основные отслоения – постоянно встречающиеся; дополнительные – встречаются при изменении геологических условий.

Мощность отслаивающихся пачек, наряду с прочностью составляющих пачку пород, определяет наступление предельного состояния кровли над очистной выработкой. По наблюдениям ВНИМИ в лавах с частичной закладкой и полным обрушением величины пролетов первого обрушения непосредственной кровли составляют от 18 до 26 м (данные по 11 лавам), а основной кровли от 40 до 48 м (данные по 15 лавам). Средняя величина пролета первого обрушения непосредственной кровли составляет 21 м (коэффициент вариации 11%), а основной - 44 м (коэффициент вариации 6%). При первом обрушении, как правило, отслаивается и оседает пачка пород непосредственной кровли мощностью около 1 м. Однако в отдельных случаях наблюдается обрушение пачки пород мощностью 1,9 м.

Величину пролета первого обрушения кровли ориентировочно можно определить по формуле расчета балки, жестко заделанной с двух концов:

$$l_o = \sqrt{\frac{2\sigma_{н.и}\, h_н}{(1+k_п)\gamma_н}}, \qquad (2.1)$$

где l_o - пролет первого обрушения кровли, м; $\sigma_{н.и}$ - прочность неоднородной пачки пород кровли при изгибе в массиве, т/м^2; $h_н$ - мощность обрушающейся пачки, м; $k_п$ - коэффициент пригрузки (для условий Ленинградского месторождения величину $k_п$ можно принять равной от 0,2 до 0,5); $\gamma_н$ - средневзвешенный объемный вес пород, составляющих пачку, ($\gamma_н$ = 2,3 т/м^3).

В случае отслоения и обрушения нижней пачки пород непосредственной кровли мощностью 1 м ($\sigma_{н.и}$ =550 т/м^2, $\gamma_н$ = 2,3 т/м^3) будем иметь:

$$l_o' = \sqrt{\frac{2.550.1}{(1+0,3)\,2,3}} \approx 21 \text{ м}.$$

При обрушении непосредственной кровли общей мощностью 1,9 м ($\sigma_{н.и}$= 500 т/м^2, $\gamma_н$ = 2,3 т/м^3) получим

$$l_o'' = \sqrt{\frac{2.500.1,9}{(1+0,3)\,2,3}} \approx 25 \text{ м}.$$

По формуле (2.1) пролет получается несколько меньшим по сравнению со случаем расчета балки с учетом податливости опор /5,6/, что идет в запас.

Как видно, рассчитанные величины пролетов первого обрушения нижней пачки пород непосредственной кровли совпадают с опытными, определенными непосредственными наблюдениями.

В двух лавах были проведены специальные опыты по выяснению влияния на величину пролета первого обрушения закладки и отдельных стоек, оставляемых в выработанном пространстве. С

этой целью в опытных лавах закладка не доводилась до кровли на 0,3 м, а крепь полностью извлекалась. Полученные при этом величины пролетов первого обрушения непосредственной кровли не отличались от наблюдавшихся при обычных условиях отработки, когда закладка возводилась до кровли, а часть стоек не извлекалась. Таким образом, результаты исследований позволяют утверждать, что величина пролета первого обрушения пород непосредственной кровли зависит, в основном, от мощности обрушающейся пачки. Это относится и к основной кровле, поскольку она сложена породами, имеющими строение и механические свойства, мало отличающиеся от пород непосредственной кровли.

По данным наблюдений при системах разработки с управлением кровлей частичной закладкой и полным обрушением, а также в камерах-лавах, породы кровли обрушаются, образуя плоскость облома, параллельную линии забоя очистной выработки и наклоненную от вертикали в сторону выработанного пространства под углом φ. Величина угла обрушения φ при первом обрушении непосредственной и основной кровли (до высоты порядка 12 м от кровли промпласта) находится в пределах от 30 до 35°. При последующих обломах кровли величина угла φ уменьшается до 25°.

Выявленная наблюдениями последовательность отслоения и обрушения пачек покрывающих пород заключается в следующем. Первое обрушение непосредственной кровли происходит, как правило, при пролетах, величина которых колеблется в пределах от 18 до 26 м (в среднем 21 м). В этом случае, как показали исследования, происходит отслоение и обрушение пачки пород непосредственной кровли мощностью порядка 1 м.

Однако в отдельных случаях расслоение пород на горизонте 1 м не происходит, а отслаивается и обрушается пачка пород мощностью 1,9 м. Ее обрушение происходит при пролетах порядка 26 м. Вышележащая пачка пород непосредственной кровли мощностью порядка 2,0 м до горизонта 4 м обрушается при пролете от 30 до 36 м. Этот горизонт является границей между непосредственной и основной кровлей. Следующий горизонт расслоения находится на высоте около 6 м от кровли промпласта и является верхней границей первой пачки пород основной кровли. Обрушение этой пачки происходит при пролете в среднем 44 м. При пролетах от 45 до 55 м обрушается вся мелкослойная толща пород основной кровли до горизонта 12 м от кровли промпласта. При пролете 65 м обрушается толща пород основной кровли до горизонта порядка 25 м от кровли промпласта. При пролете 85 м появляются признаки расслоения всей остальной толщи пород до дневной поверхности, а при пролете 94 м наступает полная подработка дневной поверхности.

Обрушенные породы даже после падения на почву остаются весьма крупноблочными. Как правило, пачки пород кровли сохра-

няются монолитными по мощности. Толщина обрушающихся пачек составляет от 0,5 до 3 м. В плоскости напластования блоки обрушенных пород имеют размеры от 3х5 до 5х15 м. На участках месторождения, расположенных вблизи карстовых нарушений, породы кровли разрушаются на значительно меньшие блоки, размеры которых составляют от 1х1 до 1х3 м.

РАЗДЕЛ 3

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ И КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ КАМЕРАМИ-ЛАВАМИ

3.1. Выбор размеров камер-лав

При разработке пласта системой камер-лав прежде всего необходимо решить вопрос о выборе ширины камер. Ширина камер-лав определяется величиной пролета выработки, при котором в течение достаточно длительного времени надежно сохраняется естественная устойчивость пород основной кровли.

Исследованиями ВНИМИ при выемке пласта системой разработки камерами-лавами установлен характер поведения кровли. По мере увеличения пролета камеры-лавы отслаивается и оказывает давление на крепь нижняя пачка пород непосредственной кровли мощностью 1,7 м. При увеличении пролета камеры-лавы до 25м дополнительно отслаивается пачка пород мощностью 1 м с отслоением на горизонте 2,7 м над кровлей промпласта. Отслоение следующей пачки пород непосредственной кровли происходит при пролетах от 30 до 36 м на горизонте, расположенном в 4 м над кровлей промпласта. Эти три пачки пород относятся к непосредственной кровле и должны поддерживаться крепью.

Горизонт, находящийся в 4 м над кровлей промпласта, является нижней границей первой пачки пород основной кровли, которая отслаивается и оказывает воздействие на крепь при пролете 44 м. Отслоение этой пачки пород происходит на горизонте 6 м от кровли промпласта. Мощность нижней пачки пород основной кровли составляет 2 м. Ее устойчивостью определяется предельная ширина камер-лав.

Степень подработки основной кровли зависит от отношения ширины камеры-лавы к величине пролета первого обрушения основной кровли и вычисляется по формуле

$$\eta_п = \frac{A}{L_o}, \qquad (3.1)$$

где $\eta_п$ – коэффициент подработки основной кровли; A – ширина камеры-лавы; L_o – пролет первого обрушения основной кровли ($L_o = 44$ м).

Из строительной механики известно, что напряжения, возникающие в балке при изгибе, пропорциональны квадрату ее пролета. Будем рассматривать основную кровлю как балку, заделанную по концам и нагруженную собственным весом. Коэффициент запаса несущей способности основной кровли можно определить как квадрат отношения величины пролета первого обрушения ее к ширине камеры-лавы:

$$n_к = \left(\frac{L_о}{A}\right)^2, \qquad (3.2)$$

где $n_к$ – коэффициент запаса несущей способности основной кровли.

Устойчивость нижней пачки пород основной кровли при различной степени ее подработки камерами-лавами характеризуется табл.3.1.

Таблица 3.1

Устойчивость основной кровли в зависимости от коэффициента подработки

Коэффициент подработки $\eta_п$	Коэффициент запаса $n_к$	Время с момента подработки до обрушения, сутки
0,94	1,14	14
0,91	1,20	40
0,86	1,35	150
0,84	1,40	180
0,82	1,50	200
0,72	1,90	более года

Из табл.3.1 видно, что уже при коэффициенте запаса несущей способности 1,35 кровля сохраняет свою устойчивость в течение 150 суток. Этого срока достаточно, чтобы отработать четыре-пять камер-лав. Таким образом, коэффициент запаса несущей способности (устойчивости) кровли, равный 1,5, вполне достаточен и гарантирует устойчивость основной кровли камер-лав в течение 4 мес. Это проверено и подтверждено десятилетней практикой работ.

Исходя из сказанного, допустимую ширину камеры-лавы можно определить по следующей формуле:

$$A_{доп} = \frac{L_о}{\sqrt{n_к}}. \qquad (3.3)$$

Подставляя в формулу (3.3) числовые данные, получим допустимую ширину камер-лав для нормальных условий разработки:

$$A_{доп} = \frac{44}{\sqrt{1,5}} \approx 36 \text{ м}.$$

При наличии в кровле близко расположенных обводненных трещин северо-западного направления, особенно вблизи карстовых нарушений, степень устойчивости основной кровли снижается. Возможна также встреча скрытых карстовых нарушений в кровле промпласта. Величина предельного пролета основной кровли в таких условиях снижается до 40 м. Допустимая ширина камеры-лавы в этом случае будет составлять:

$$A_{доп} = \frac{40}{\sqrt{1,5}} \approx 33 \text{ м.}$$

Исходя из этого, на шахтах Ленинградского месторождения следует ограничиться минимальной шириной камер и принимать ее во всех горногеологических условиях не более 34 м. По мере накопления опыта отработки можно увеличить допустимую ширину камер-лав до 36 м. Срок отработки каждой пары камер-лав при этом не должен быть больше 1 мес. В случае необходимости время отработки камеры-лавы может быть увеличено до 2мес. при уменьшении пролета до 28-30 м и повышении плотности крепи на 10%.

Рекомендуемая ширина камер-лав применима только на участках месторождения с глубиной работ более 50 м. На участках месторождения с глубиной залегания промышленного пласта менее 50 м., а также на участках с аномальной структурой пород массива, в частности, при отсутствии над пластом достаточной толщи (менее 25 м) ордовикских известняков, следует определить допустимую ширину камер-лав путем проведения исследований по определению устойчивых пролетов выработок в конкретных условиях.

Длина камер-лав при принятых величинах (больше 100 м) практически не влияет на несущую способность кровли. Это подтверждается как опытом разработки сланца камерами-лавами длиной от 135 до 220 м, так и расчетом эквивалентного пролета по формуле В.Д.Слесарева /3/:

$$l_э = \frac{AC}{\sqrt{A^2+C^2}}, \qquad (3,4)$$

где $l_э$ - эквивалентный пролет выработки; м; C - суммарная длина камер-лав, м; A - ширина камер-лав, м.

Из вышеизложенного следует, что, с точки зрения поведения кровли, длина камер-лав не ограничивается, поэтому ее следует выбирать, руководствуясь только соображениями технологии и механизации очистных работ.

Длина блока, или ширина панели, определяется устойчивостью целиков в течение времени, необходимого для его отработки. На практике ширину панелей принимают равной в пределах от 300 до 800 м.

При разработке сланца камерами-лавами с применением врубовой машины "Урал-33" и погрузочной машины УП-3 сборные штреки шириной 6 м были достаточными. Однако, в связи с внедрением новых, более совершенных средств механизации добычи сланца, в частности врубовой машины "Урал-36", приспособленной для верхней подрубки пласта горючего сланца по "ложной кровле", и погрузочной машины 2ПНБ-2, более производительной и имеющей большие размеры, чем УП-3, ширина сборных штреков оказалась недостаточной для их свободного маневрирования, главным образом, при заезде в лаву и выезде из нее, что потребовало расширения сборных штреков до 10 м. Это вполне допустимо и может быть осуществлено следующим образом. Расширение сборного штрека производится при переходе из отработанной камеры-лавы в новую участками, равными по длине суммарной ширине камеры-лавы и междукамерного целика, что составляет примерно 40 м. При этом от каждой стенки сборного штрека отбивается полоса сланца шириной 2 м на всей длине участка. По мере уборки горной массы на этом участке возводится дополнительное крепление кровли штрека путем установки с каждой его стороны по одному ряду штанг. Всего при ширине штрека 10 м должно быть установлено 6 рядов штанговой крепи. Кроме того, по обе стороны конвейера необходимо установить по одному ряду деревянных стоек с расстоянием между стойками в ряду порядка 2 м.

За линией очистного забоя кровля сборного штрека крепится, как и камеры-лавы, деревянными стойками с верхняками толщиной 4-6 см. Штанговая крепь при этом извлекается для повторного использования.

Учитывая опыт разработки сланца камерами шириной от 8 до 10 м, в дальнейшем представляется целесообразным рассмотреть вопрос о проведении в опытном порядке сборных штреков сразу на всю необходимую ширину, но не более 10 м. При этом особое внимание должно быть обращено на надежность крепления кровли штрека.

3.2. Расчет междукамерных целиков

При определении размеров целиков будем исходить из предположения, что действующая нагрузка на целик $P_ф$ уравновешивается его несущей способностью $P_н$ с некоторым коэффициентом запаса n, т.е.

$$P_ф = \frac{P_н}{n} . \qquad (3.5)$$

Несущая способность целика определяется из выражения

$$P_н = \sigma_н k_ф S_1 , \qquad (3.6)$$

где $\sigma_н$ – "кубиковая" прочность материала целика при сжатии по данным натурных испытаний с учетом влияющих факторов, включая влажность /7/, т/м^2; $k_ф$ – коэффициент формы, учитывающий изменение прочности слагающих целик пород при различных величинах отношения ширины целика к его высоте; S_1 – площадь поперечного сечения целика, м^2.

Опыты на искусственных материалах и горных породах показывают, что прочность образца при одноосном сжатии увеличивается при увеличении отношения ширины основания образца x к его высоте h и уменьшается при уменьшении этого отношения. Для горных пород сланцевых месторождений Прибалтики изменение прочности в зависимости от отношения $\frac{x}{h}$ в интервале изменения этого отношения от 1 до 7 с достаточной точностью может быть описано уравнением прямой следующего вида:

$$k_ф = 0{,}3\frac{x}{h} + 0{,}7 \qquad (3.7)$$

В условиях сланцевых шахт величина отношения $\frac{x}{h}$ не выходит за границы интервала (от 1 до 7), поэтому уравнение (3.7) описывает все случаи соотношения размеров целиков, оставляемых при разработке сланца.

Значение коэффициента запаса прочности целика должно приниматься в зависимости от степени достоверности данных по физико-механическим свойствам горных пород, от точности расчетной схемы и ряда других факторов. В общем случае коэффициент запаса прочности подсчитывается по формуле:

$$n = n_1\, n_2\, n_3\,, \qquad (3.8)$$

где n_1 – коэффициент, учитывающий изменчивость прочностных характеристик пород; по данным исследований ВНИМИ для сланцевых шахт значение n_1 можно принять равным 1,2; n_2 – коэффициент, учитывающий уменьшение площади поперечного сечения целика при его оформлении с применением буро-взрывных работ, по данным исследований ВНИМИ величину n_2 можно подсчитать по формуле:

$$n_2 = \frac{x}{x - 0{,}6}\,,$$

где x – наименьший размер целика в плане, м; 0,6 – величина разрушения стенок целика взрывными работами (по 0,3 м с каждой стороны целика), м; n_3 – коэффициент, учитывающий влияние других неучтенных факторов, принимаем равным 1,25.

Подставляя значения n_1, n_2 и n_3 в выражение (3.8), получим после соответствующих преобразований

$$n = \frac{1{,}5x}{x - 0{,}6}\,. \qquad (3.9)$$

Величина фактической нагрузки, на которую рассчитываются междукамерные целики, зависит от размеров отрабатываемого участка, глубины разработки и объемного веса покрывающих пород. В большинстве случаев при расчете целиков нагрузку на них принимают равной полному весу столба пород налегающей толщи до дневной поверхности, однако при ограниченных размерах отрабатываемого участка целики могут испытывать меньшую нагрузку.

Исследования напряженного состояния целиков, проведенные ВНИМИ на Эстонском и Ленинградском сланцевых месторождениях, показали, что при применяемых в настоящее время размерах выемочных участков целики нагружены полным весом столба пород до дневной поверхности. Поэтому фактическая нагрузка, действующая на междукамерный целик, определится из выражения:

$$P_{ф} = S_2 \gamma H, \qquad (3.10)$$

где S_2 – площадь пород кровли, приходящаяся на целик, $м^2$;

γ – средний объемный вес пород покрывающей толщи, $т/м^3$;

H – глубина разработки, м.

Исходя из равномерного распределения напряжений по площади целика и подставляя в формулу (3.5) значения входящих в нее величин из выражений (3.6), (3.7), (3.9), (3.10), получим:

$$\frac{S_2}{S_1}\gamma H = \frac{\sigma_н (0{,}3x + 0{,}7h)(x - 0{,}6)}{1{,}5hx}. \qquad (3.11)$$

Выражение (3.11) представляет собой общую формулу для расчета междукамерных целиков. В этом выражении не учитывается собственный вес целика, что вполне допустимо при достаточно большом отношении глубины разработки к высоте целика.

Междукамерные целики на сланцевых шахтах, как правило, имеют ограниченные размеры в плане и прямоугольную форму (рис.3.1) Если обозначить ширину камеры через A, ширину просечки в целике – b, ширину целика – x и его длину – y, то площадь целика S_1, определится из выражения: $S_1 = xy$, а площадь налегающей толщи, поддерживаемая целиком, S_2 из уравнения

$$S_2 = (A + x)(b + y).$$

Подставляя значения S_1 и S_2 в формулу (3.11) и произведя соответствующие преобразования, получим следующее выражение для расчета междукамерных целиков прямоугольной формы в плане:

$$x^2 + \left\{2{,}3h\left[1 - 2{,}1(y+b)\frac{\gamma H}{y\sigma_н}\right] - 0{,}6\right\}x - 1{,}4h\left[1 + 3{,}6A(y+b)\frac{\gamma H}{y\sigma_н}\right] = 0. \qquad (3.12)$$

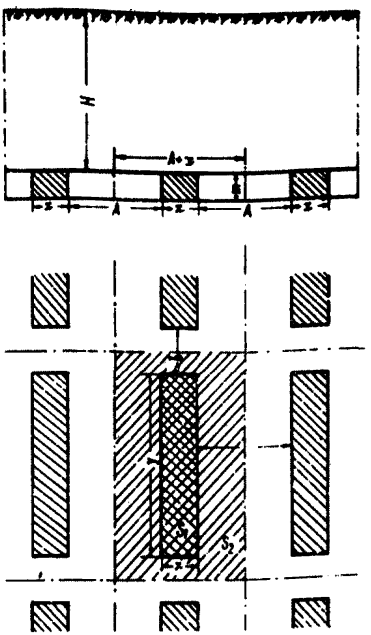


Рис.3.1.Схема к расчету междукамерных целиков

По формуле (3.12) можно рассчитывать междукамерные целики при разработке сланца как узкими камерами, так и широкими, т.е. системой камер-лав. При разработке сланца камерами-лавами многие величины, входящие в выражение (3.12), имеют постоянное значение: A =34 м; h =1,7 м; y =42 м; b = 8 м; γ = 2,5 т/м^3; $\sigma_{ц}$ =1500 т/м^2. Подставляя приведенные значения величин в формулу (3.12),получим, после соответствующих преобразований, выражение для расчета ширины междукамерных целиков при разработке Ленинградского месторождения системой камер-лав:

$$x = -\frac{3,3 - 0,016H}{2} + \sqrt{\left(\frac{3,3 - 0,016H}{2}\right)^2 + 2,4 + 0,56H}\ . \qquad (3.13)$$

В этом выражении ширина целика зависит только от одного параметра - глубины залегания пласта. На основании расчетов по формуле (3.13) построен график (рис.3.2), характеризующий изменение ширины целиков (x) в зависимости от глубины разработки (H).

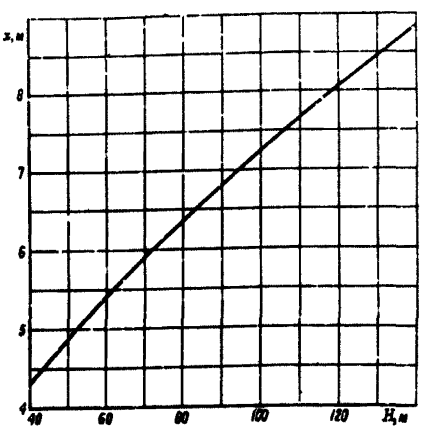


Рис.3.2. Изменение ширины целика в зависимости от глубины горных работ

3.3. Крепление кровли в камерах - лавах

Безопасное состояние непосредственной кровли при отработке камер-лав должно обеспечиваться применением соответствующей крепи. К непосредственной кровле на

Ленинградском месторождении горючих сланцев относится нижняя пачка пород кровли общей мощностью порядка 4 м. В камерах-лавах нижняя часть непосредственной кровли толщиной порядка 0,2 м отбивается при ведении очистной выемки, поэтому мощность непосредственной кровли, которая должна поддерживаться крепью, составляет в среднем 3,8 м.

Давление от веса Q пород непосредственной кровли составит:

$$Q = \gamma_н h_н , \qquad (3.14)$$

где $\gamma_н$ - средневзвешенный объемный вес пород непосредственной кровли ($\gamma_н = 2{,}3$ т/м^3); $h_н$ - мощность непосредственной кровли ($h_н = 3{,}8$ м).

Подставляя в формулу (3.14) значения входящих в нее величин, получим $Q = 2{,}3 \times 3{,}8 = 8{,}7$ т/м^2.

Допускаемая нагрузка на деревянную стойку крепи определяется по следующей формуле:

$$P = \frac{\sigma_{кр} F}{n_c} , \qquad (3.15)$$

где $\sigma_{кр}$ - критическое напряжение сжатия, кг/см^2; F - площадь поперечного сечения стойки, см^2; n_c - коэффициент запаса прочности стойки.

Величину критического напряжения для стойки определим по формуле /4/

$$\sigma_{кр} = 220 - \frac{6 l_c}{d} , \qquad (3.16)$$

где l_c - длина стойки, см; d - диаметр стойки, см.

Принимая средний диаметр стоек $d = 16$ см, а их длину $l_c = 170$ см, находим по формуле (3.16)

$$\sigma = 220 - \frac{6 \cdot 170}{16} \approx 160 \text{ кг/см}^2.$$

Площадь поперечного сечения F стойки $d = 16$ см будет равна 200 см^2. Коэффициент запаса принимаем равным 1,5. Подставляя в выражение (3.15) значения входящих в него величин, получим

$$P = \frac{160 \cdot 200}{1{,}5} \approx 21000 \text{кг} = 21 \text{ т}.$$

По найденным значениям величин Q и P определим необходимую плотность крепи $П$:

$$П = \frac{Q}{П} = \frac{8{,}7}{21} \approx 0{,}41 \text{ ст/м}^2.$$

При расстоянии между рядами крепи, равном ширине вруба ($l_в = 2$ м), расстояние между стойками в ряду составит:

$$a = \frac{1}{П l_в} = \frac{1}{0{,}41 \cdot 2} = 1{,}2 \text{ м}.$$

Полученные величины плотности крепи и расстояний между стойками можно применять при среднем диаметре леса 16 см.

Расстановку крепи в камере-лаве следует производить согласно приведенному расчету по сетке 2х1,2 м. Стойки диаметром меньше 14 см для крепления кровли камер-лав применять не следует. В случае использования стоек со средним диаметром большим или меньшим 16 см, плотность крепи и расстановка стоек должна приниматься в соответствии с табл.3.2.

Таблица 3.2

Плотность и расстановка крепи в зависимости от диаметра стоек

Диаметр стоек d, см	Допустимая нагрузка на стойку Р,т	Необходимая плотность крепи П, стоек на $м^2$	Расстановка крепи, м
14	15	0,55	2,0х0,9
15	18	0,46	2,0х1,1
16	21	0,40	2,0х1,2
17	24	0,35	2,0х1,4
18	28	0,30	2,0х1,7
19	31	0,27	2,0х1,9
20	36	0,23	2,0х2,2

Указанная в табл.3.2 расстановка стоек может быть применена в случае равномерного распределения нагрузок на крепь по всему пролету камеры-лавы. Однако, как показали специальные исследования и непосредственные замеры, фактическое распределение нагрузок на крепь камер-лав не является равномерным. Оно показано на рис.3.3. из которого видно, что наиболее нагружены ряды кре-

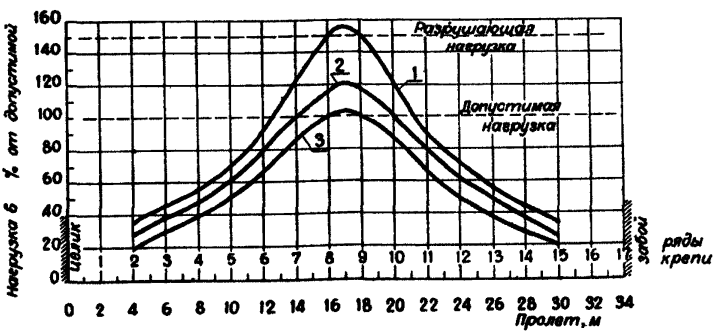


Рис.3.3. Распределение нагрузок на крепь по ширине камеры-лавы

ки, расположенные по середине пролета камеры-лавы. В то же время стойки, расположенные вблизи целиков, испытывают гораздо меньшие нагрузки. На рис.3.3 кривая 1 характеризует распределение нагрузок на стойки по пролету камеры-лавы при плотности крепи $П = 0,4$ ст/м^2, а кривая 2 – при $П = 0,45$ ст/м^2. Кривая 3 показывает распределение нагрузок на стойки при установке по середине пролета камеры-лавы трех дополнительных рядов крепи, как показано на рис.3.4 штриховыми линиями /1/.

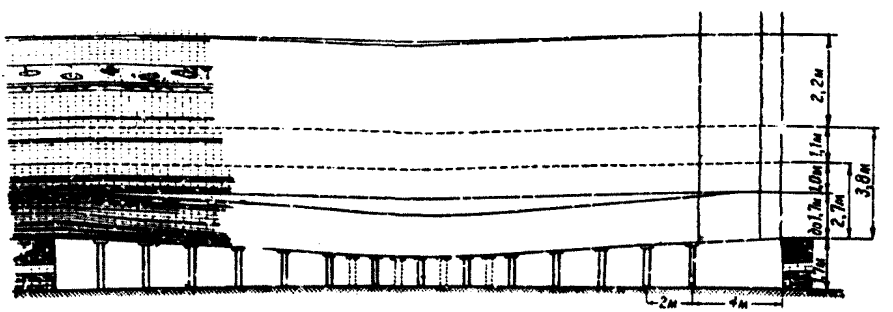


Рис.3.4. Схема установки дополнительных рядов крепи по середине пролета камеры-лавы

Анализ графиков распределения нагрузок на крепь камер-лав (см.рис.3.3) показывает, что ряды крепи, прилегающие к целику и забою, несут нагрузку в 2-3 раза меньшую, а ряды стоек, расположенные в середине пролета, – в 1,5 раза большую допустимой (кривая 1). Увеличение средней плотности крепи до 0,45ст/м^2 (кривая 2) при равномерном распределении ее по ширине камеры-лавы хотя и приводит к значительному уменьшению нагрузок на средние ряды крепи, однако они остаются выше допустимых. Достаточно эффективным способом снижения нагрузок на средние ряды крепи является постановка дополнительных рядов крепи на середине пролета камеры-лавы. Как показали исследования, при установке трех дополнительных рядов крепи по середине пролета камеры-лавы нагрузки оказываются сниженными до уровня допустимых. В то же время имеется возможность уменьшить плотность крепи вблизи заднего целика и в призабойном пространстве (при завершении работ в камере-лаве). Для этого в полосах шириной по 8 м (по четыре ряда крепи) следует устанавливать крепь с увеличенным до 1,8 м расстоянием между стойками в ряду.

Таким образом, расстановка крепи в камере-лаве должна быть следующей. Средняя плотность крепи 0,4 ст/м^2 с расстановкой рядов по ширине камеры-лавы через 2 м, т.е. расстояние между рядами крепи принимается равным ширине вруба. Расстояние между стойками в ряду следует выбирать в зависимости от диаметра

применяемого для крепления леса, руководствуясь данными табл.3.2. По середине пролета камеры-лавы дополнительно устанавливаются три ряда крепи. Дополнительные ряды крепи устанавливаются одновременно с основными при отработке центральной части камеры-лавы. Расстояние между стойками в них то же, что и в основных рядах, но по длине дополнительные ряды не доводятся до бортовых целиков на 15 м. В случае выемки горючего сланца без оставления междублоковых целиков дополнительные ряды крепи необходимо устанавливать на всей длине камеры-лавы.

Все стойки крепи устанавливаются под верхняк, назначение которого заключается, прежде всего, в придании крепи необходимой податливости. Необходимая величина податливости в камерах-лавах должна быть близкой максимальному прогибу основной кровли, накапливаемому к моменту отработки камеры-лавы, который достигает 40 мм. Без такой податливости крепь будет преждевременно повреждена, что имело место при опытной отработке. Допустимая податливость крепи в камерах-лавах определяется величиной прогиба кровли, при которой появляются трещины разлома в породах кровли. Величина допустимой податливости не превышает 80 мм. Очевидно, что в камерах-лавах комплекту крепи должна придаваться податливость не менее необходимой и не более допустимой. Верхняки могут быть изготовлены из дерева мягких пород (ель, сосна, осина и т.п.). В качестве верхняков могут применяться обрезки досок, горбыля, распила, раскалотой рудничной стойки. Допускается применение составных (не более чем из двух частей) верхняков. Верхняки должны быть толщиной от 4 до 6 см, длиною 25 см и шириною не менее диаметра стойки. Установка крепи должна производиться за каждым (взятым) врубом вслед за передвижкой конвейера. Подрубку лавы следует начинать только после установки всего комплекта крепи.

В нормальных горногеологических условиях (отсутствие карстовой зоны и обводненных геологических трещин северо-западного простирания) отставание крепи от забоя во время уборки горной массы допускается до 5 м, а перед взрывными работами - не более 3 м. Во время работы погрузочной машины, по мере ее продвижения, необходимо устанавливать временную крепь через 3 м. Отставание временной крепи от места погрузки горной массы не должно превышать 20 м.

При вскрытии обводненных геологических трещин северо-западного простирания и при ведении очистных работ в непосредственной близости (до 30 м) от карстов, где наблюдается постоянная трещиноватость кровли, допускается отставание крепи от забоя во время уборки горной массы не более 4 м, а к моменту взрывных работ - не более 2 м. В этом случае при работе погрузочной машины отставание временной крепи от места погрузки горной массы не должно превышать 15 м.

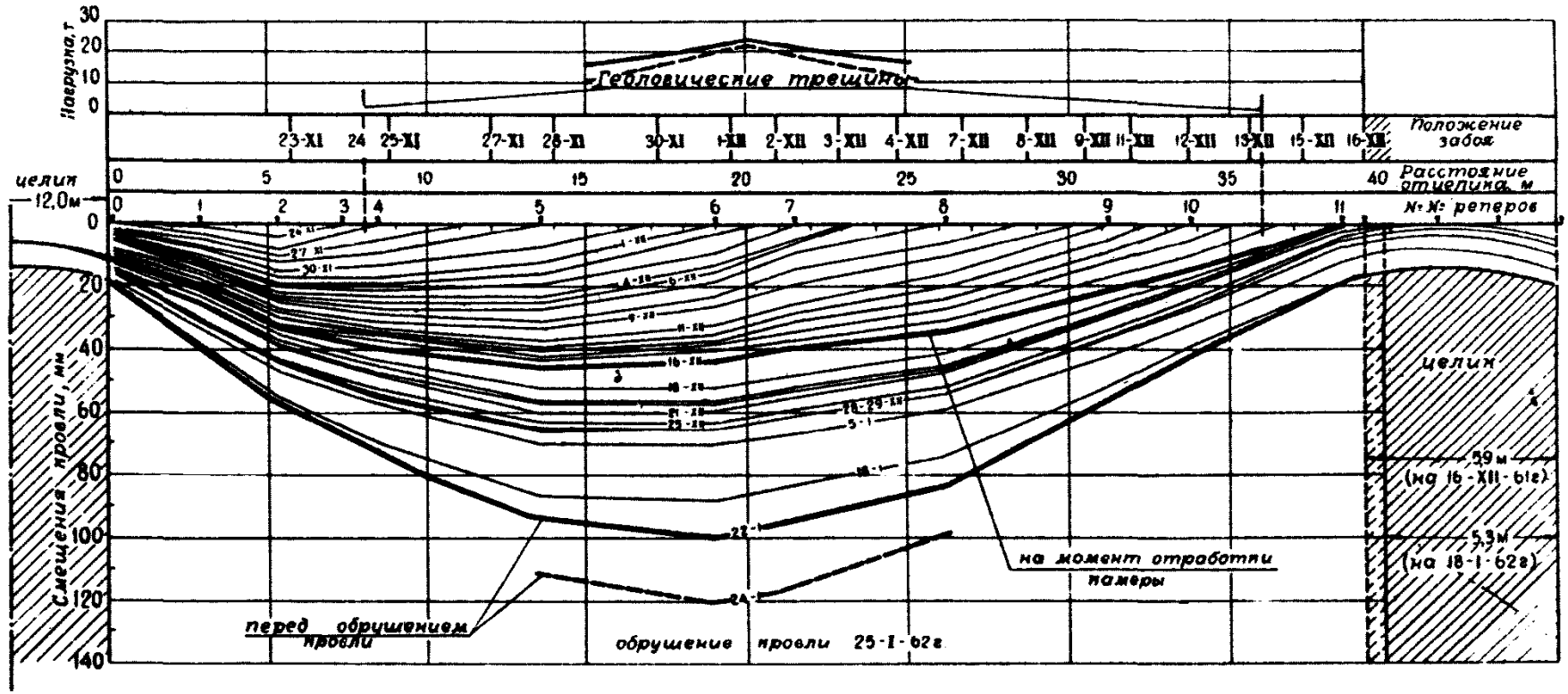


Рис.3.5. Характер смещения кровли и деформирования целиков в камерах-лавах

При соблюдении всех приведенных выше рекомендаций кровля в камерах-лавах как в период отработки, так и длительное время в последующем, остается сплошной, монолитной, без каких-либо признаков трещин разлома и других нарушений.

Типовой характер оседаний непосредственной кровли и деформирования целиков показан на рис.3.5. Кровля прогибается плавно и равномерно по всему пролету камеры-лавы по мере его увеличения, что является объективным признаком сохранения сплошности кровли. Максимум кривой опусканий кровли камер-лав несколько смещен к заднему целику.

Величины максимальных смещений кровли в камерах-лавах на момент отработки колеблются в пределах от 30 до 60 мм, составляя в среднем 45 мм, включая осадку целика. Во всех отработанных камерах-лавах величина смещений (прогиба) кровли к моменту обрушения ее весьма выдержана и находится в пределах от 100 до 120 мм, включая осадку целика. Осадка целиков весьма неравномерна и находится в пределах от 10 до 45 мм, в зависимости от их размеров, глубины залегания и расположения в блоке.

В камерах-лавах разрядку крепи следует производить не позднее чем через пять суток после их отработки.

Осадка (прогиб) основной кровли практически начинается сразу же после подработки и, накапливаясь весьма равномерно, достигает к концу отработки камеры-лавы порядка 40 мм. При постановке крепи в камерах-лавах без верхняков (жестко) смещения непосредственной кровли уменьшаются при одном и том же смещении основной кровли. Поэтому основная кровля "догоняет" непосредственную, пригружает ее и может разрушать крепь.

По данным наблюдений можно считать, что величина прогиба основной кровли, накапливающаяся к моменту ее обрушения, выдержана и составляет, в зависимости от ширины камеры-лавы, от 80 до 100 мм. Это соответствует наклону кровли порядка 6 мм на метр полупролета камеры-лавы.

Возможность воздушных ударов при обрушении непосредственной кровли исключена, так как кровля обрушается отдельными участками, на ограниченных площадях. Кроме того, по середине пролета и у целиков образуются трещины разлома и значительная часть воздуха рассасывается по этим трещинам вверх, заполняя пустоты, возникающие в результате оседания пород.

РАЗДЕЛ 4

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ И КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ ПРИ ВЫЕМКЕ СЛАНЦА ЛАВАМИ

4.1. Основные положения по управлению кровлей в лавах частичной закладкой выработанного пространства

Безопасное состояние непосредственной кровли при выемке сланца лавами с частичной закладкой выработанного пространства обеспечивается применением соответствующей крепи и хорошим качеством возведения бутовых полос. На поведение кровли в рабочем пространстве лавы существенное влияние оказывает оседание нижней пачки пород основной кровли, которая пригружает непосредственную кровлю, в результате чего резко возрастают нагрузки на призабойную крепь, а при плохой выкладке бутовых полос происходят заколы кровли у забоя. Для устранения заколов необходимо выполнение следующих мероприятий:

1. Достаточно хорошее качество выкладки бутовых полос (особенно на пролете от 20 до 30 м при отходе забоя от целика), обеспечивающее наклон кровли в рабочем пространстве не более 0,025 (2,5 см на 1 м рабочего пространства).

2. Установку стоек призабойной крепи необходимо производить с распором не менее 5 т/ст.

3. Толщина деревянных верхняков не должна превышать 6 см.

4. Плотность крепи в рабочем пространстве лавы должна быть не менее 0,5 ст/м^2.

Наблюдениями в шахтных условиях было установлено, что предельные пролеты основной кровли и ее смещения остаются неизменными при увеличении суммарной длины спаренных лав от 130 до 220 м. Первый предельный пролет нижних слоев основной кровли, когда это сказывается на крепи призабойного пространства, во всех случаях оставался в пределах от 40 до 48 м. Данные исследований показывают, что колебание величины первого предельного пролета от 40 до 48 м не связано с изменением суммарной длины спаренных лав и зависит главным образом от горногеологических факторов. Имевшие место различия в величинах смещений кровли и нагрузок на крепь также не связаны с изменением длины лав, а объясняются различным качеством выкладки бутовых полос, установки крепи и некоторыми другими техническими факторами.

Вторичные осадки основной кровли также не зависят от суммарной длины спаренных лав и происходят при величине консоли, равной 0,25–0,30 пролета первого обрушения основной кровли.

Этот факт также подтверждается расчетами эквивалентных пролетов по формуле проф.В.Д.Слесарева: /3/:

$$l_э = \frac{lC}{\sqrt{l^2 + C^2}},$$

где C – суммарная длина лав, м; l – максимальная ширина рабочего пространства в лаве, м. По этой формуле при одинаковом значении l = 6,5 м значение $l_э$ оказывается равным 6,5 м как при C =130 м, так и при C =220 м.

Таким образом, экспериментальные данные и выполненные расчеты показывают, что в условиях сланцевых шахт увеличение длины лав, начиная с 60 м, не оказывает существенного влияния на поведение пород основной кровли. Некоторое ухудшение в поведении кровли при увеличении длины лав может быть связано только с замедлением скорости подвигания очистного забоя, вызванным технологическими трудностями отработки особо длинных лав. Поэтому необходимо сохранение скорости подвигания забоев лав не менее 50 м/мес, при условии оставления промежуточных (опорных) целиков с расстоянием между ними не более 85 м (для глубин работ свыше 75 м).

Ложная кровля мощностью порядка 0,4 м состоит из трех слоев, из которых нижний мощностью до 0,1 м не устойчив, может обрушаться при ведении взрывных работ и совершенно не управляем. В местах отслаивания ("бунения") этот слой подлежит обязательному принудительному обрушению. Другие два слоя ложной кровли могут быть удержаны верхняками стоечной крепи.

4.2. Расчет промежуточных целиков при управлении кровлей частичной закладкой

При определении нагрузок на промежуточные целики будем исходить из следующих предпосылок. По данным наблюдений ВНИМИ, на сланцевых шахтах при системах разработки длинными столбами со сплошной выемкой и управлением кровлей полным обрушением или частичной закладкой, а также в камерах-лавах, покрывающие породы обрушаются, образуя плоскость облома, параллельную линии забоя очистной выработки и наклоненную от вертикали в сторону выработанного пространства под углом φ. Поэтому при определении нагрузок на промежуточные целики необходимо учитывать прежде всего вес покрывающих пород в объеме единицы длины призмы с площадью поперечного сечения KEFN (рис.4.1). Вес этой призмы будет равен:

$$P_{\Phi_1} = (x + H \operatorname{tg} \varphi)\gamma H . \qquad (4.1)$$

Кроме того, целик может пригружаться с обеих сторон обломившимися блоками пород длиной EO и FO_1 (см.рис.4.1). Эти блоки опираются с одной стороны на обрушенные породы, а с

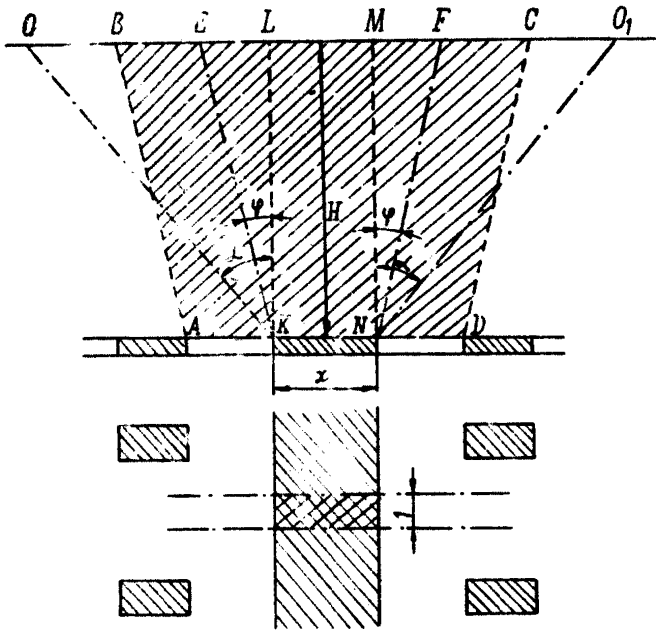


Рис.4.1. Схема нагружения целика

другой стороны на массив над целиком. Таким образом, целик с каждой стороны будет пригружаться весом половины блока обломившихся пород, т.е. полный вес пригружающих пород на единице длины целика определится из следующего выражения:

$$P_{\Phi_2} = 0E\gamma H .$$

Характер оседания дневной поверхности при полной подработке всей толщи пород показан на рис.4.2, из которого следует, что длину блоков пригружающих пачек пород можно найти из выражения:

$$0E = F0_1 = H\left(tg\alpha - tg\varphi\right).$$

По материалам наблюдений за сдвижением дневной поверхности при отработке сланца лавами с управлением кровлей частичной закладкой и полным обрушением определены углы α и φ для глубин от 20 до 80 м. Величины углов α и φ с достаточной степенью точности можно считать постоянными и равными: $\alpha = 32^{\circ}$ (коэффициент вариации $w = 10\%$) и $\varphi = 19^{\circ}$ ($w = 15\%$). В соответствии с этим пригрузка на целик со стороны обрушенных пород определится по следующему выражению:

$$P_{\Phi_2} = H\left(tg\alpha - tg\varphi\right)\gamma H . \qquad (4.2)$$

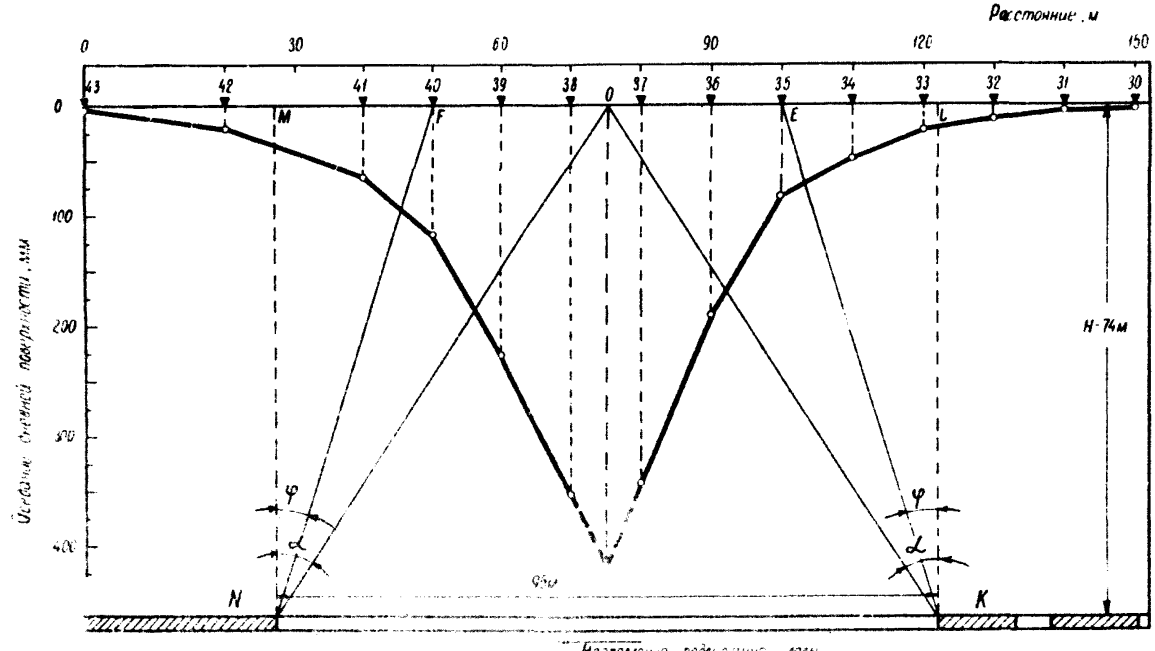


Рис.4.2. Характер оседания земной поверхности при подработке лавами с частичной закладкой

Из выражений (4.1) и (4.2) определим полную нагрузку на промежуточный целик:

$$P_{\Phi} = P_{\Phi_1} + P_{\Phi_2} = (x + H\,tg\varphi)\gamma H + H(tg\alpha - tg\varphi)\gamma H .$$

Откуда

$$P_{\Phi} = (x + H\,tg\alpha)\,\gamma H . \qquad (4.3)$$

Формула (4.3) выведена для условий разработки сланцевых месторождений на глубинах до 80 м. При больших глубинах она, по-видимому, будет давать несколько завышенные результаты, что может быть выяснено специальными исследованиями. До получения соответствующих данных формулу (4.3) можно рекомендовать для расчетов целиков до глубин порядка 120–140 м.

Промежуточные целики в плане имеют прямоугольную форму, поэтому фактическую нагрузку на них можно определить из следующего выражения (рис.4.3):

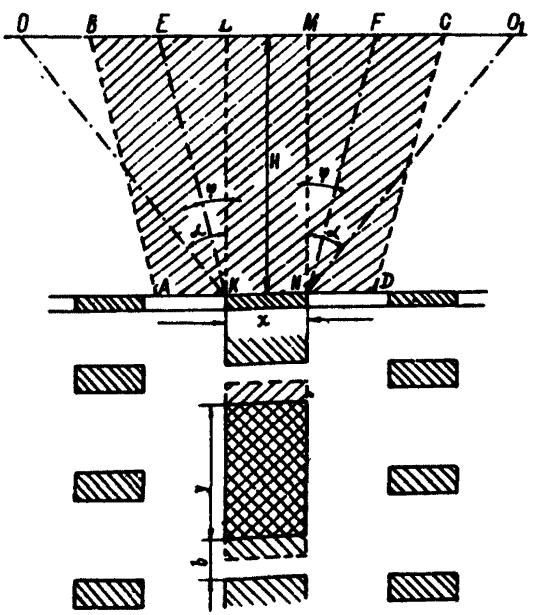


Рис.4.3. Схема к расчету промежуточного целика

$$P_{\Phi} = (x + H\,tg\alpha)(y + b)\gamma H , \qquad (4.4)$$

где b – ширина рассечки в целике, м; y – длина целика, м.

Несущая способность целика будет равна

$$P_н = x y \sigma_н \frac{0{,}3x + 0{,}7h}{h} \cdot \qquad (4.5)$$

Подставляя в выражение (3.5) значения входящих в него величин из (3.9), (4.4) и (4.5), получим после преобразований формулу для определения ширины промежуточного целика прямоугольной формы (с рассечками) в следующем виде:

$$x^2 + \left\{2{,}3h\left[1 - 2{,}1(y+b)\frac{\gamma H}{y\sigma_н}\right] - 0{,}6\right\}x - 1{,}4h\left[1 + 3{,}6(y+b)\frac{\gamma H^2}{y\sigma_н}\operatorname{tg}\alpha\right] = 0 . \quad (4.6)$$

Подставляя в последнюю формулу вместо входящих в нее величин следующие цифровые данные: $\gamma = 2{,}5$ т/м^3; $h = 1{,}8$ м; $\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg} 32^\circ = 0{,}62$; $b = 5$ м; $y = 40$ м; $\sigma_н = 1500$ т/м^2, получим после преобразований более простое выражение для определения размеров промежуточных целиков, в котором ширина промежуточного целика зависит лишь от глубины разработки:

$$x = -\frac{3{,}1 - 0{,}014H}{2} + \sqrt{\left(\frac{3{,}1 - 0{,}014H}{2}\right)^2 + 2{,}2 + 0{,}0094H^2} . \quad (4.7)$$

Результаты расчетов, выполненных по формуле (4.7) представлены в виде графика на рис.4.4.

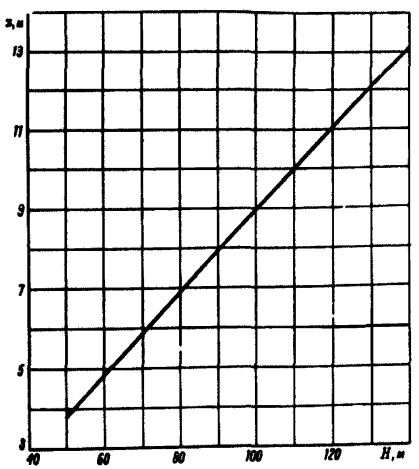


Рис.4.4. Зависимость ширины промежуточного целика от глубины разработки

4.3. Расчет крепи для поддержания рабочего пространства в лавах с частичной закладкой

Для крепления кровли в лавах на Ленинградском месторождении горючих сланцев широко применяются металлические стойки. Исследованиями ВНИМИ установлено, что величина сопротивления стоек для данных условий должна быть не менее 20 т. Указанное сопротивление, кроме гидравлических стоек типа ГС-4, имеют также стойки Т10ПК и Т11ПК, широко применяемые на шахтах Ленинградского месторождения горючих сланцев.

Шахтные испытания показали, что первоначальный распор (до величины не менее 5 т) этим стойкам можно задать несколькими ударами кувалды (6 ударов). Ход самозатяжки до выхода на рабочее сопротивление (25 т) после расклинки незначителен (около 10 мм), что является весьма важным для условий сланцевых шахт.

Предельное усилие, воспринимаемое одной стойкой, можно определить по следующей формуле:

$$R = k_1 P_{раб} ,$$

где k_1 – коэффициент условий работы, принимаемый равным 0,75; $P_{раб}$ – рабочее сопротивление стойки, равное 25 т.

Следовательно:

$$R = 0{,}75 \cdot 25 \approx 19 \text{ т.}$$

Плотность крепи, т.е. число стоек на 1 $м^2$ площади призабойного пространства лавы определяется по следующему выражению:

$$П = \frac{k_2 q_{заб}}{R} ,$$

где k_2 – коэффициент перегрузки, для условий сланцевых шахт – $k_2 = 1{,}5$; П – плотность крепи, ст/$м^2$; $q_{заб}$ – величина нормальной нагрузки, т/$м^2$.

Зная мощность непосредственной кровли, поддерживаемую крепью и равную $h_н = 4$ м, а также объемный вес пород кровли (в среднем $\gamma_н = 2{,}3$ т/$м^3$), определим давление на 1 $м^2$ площади призабойного пространства по формуле:

$$q_{заб} = \gamma_н h_н = 2{,}3 \cdot 4 = 9{,}2 \text{ т/м}^2.$$

Тогда

$$П = \frac{k_2 q_{заб}}{R} = \frac{1{,}5 \cdot 9{,}2}{19} = 0{,}48 \text{ ст/м}^2.$$

Среднее расстояние между рядами стоек при трехрядном креплении и максимальной ширине рабочего пространства в лаве – $l = 4{,}6$ м (глубина вруба 1,3 м) составит:

$$r = \frac{l}{a} = \frac{4{,}6}{3} \approx 1{,}5,$$

где r – расстояние между рядами крепи, м; l – максимальная ширина рабочего пространства в лаве, м; a – количество рядов крепи в рабочем пространстве лавы.

Среднее расстояние между рядами стоек при четырехрядном креплении и максимальной ширине рабочего пространства в лаве 6,5 м (глубина вруба 2 м) составит $r = \frac{6,5}{4} \approx 1,6$м.

Расстояние между стойками в ряду t определится из выражения $t = \frac{1}{\Pi r}$ и составит: при $l = 4,8$ м, $t_1 = \frac{1}{0,48.1,5} = 1,4$ м; при $l = 6,5$ м, $t_2 = \frac{1}{0,48.1,6} = 1,3$ м.

Указанные плотности крепи и расстояния между стойками в ряду достаточны только при сопротивлении стоек, равном 25 т. В случае применения стоек с другим сопротивлением, необходимо пересчитать плотность крепи и расстояния между стойками для конкретных условий. Расстояние между стойками в ряду и расстояние между рядами не должно превышать 1,5 м, так как пролет обрушения ложной кровли составляет порядка 1,8 м. При наличии отслоения нижнего слоя ложной кровли он подлежит обязательному принудительному обрушению.

Приведенные выше расчеты могут служить основой при составлении паспортов крепления лав.

4.4. Основные положения по управлению кровлей лав полным обрушением

Исследования ВНИМИ, проведенные на сланцевых шахтах Прибалтийского бассейна с 1956 по 1968 г., выявили принципиальную возможность применения способа управления кровлей полным обрушением. При этом было установлено, что непосредственная кровля относительно легко обрушается. Характер же поведения основной кровли, как можно заключить из анализа ее строения, данных наблюдений за расслоением и сдвижением при подработке, исключает зависание ее длинными консолями и, следовательно, образование больших нагрузок на обрезную крепь при вторичных осадках. Однако первая осадка основной кровли неизбежно должна вызвать повышенные давления на посадочную крепь, но в допустимых для современных видов таких крепей пределах. Сравнительно высокая степень устойчивости пород кровли обуславливает необходимость применения посадочных крепей с большим рабочим сопротивлением.

Впервые опытные работы по разработке пласта горючего сланца с управлением кровлей полным обрушением были проведены на шахте № 2 треста "Эстонсланец" в 1957 г. с посадочной крепью МОК-1. Выемка пласта сланца осуществлялась одним и двумя слоями. При выемке пласта одним слоем мощностью 1,55м

наибольшие величины смещений кровли имели место при осадках основной кровли и составляли в 4,5 м от забоя в среднем 110 мм, или 2,4 см на 1 м рабочего пространства, что меньше допустимого, максимальные – 190 мм, т.е. 4,2 см на 1 м рабочего пространства, что значительно больше допустимых (допустимые 2,5см на 1 м рабочего простанства). Нагрузки на крепь составляли в среднем 125 т/ст, максимальные – 280 т/ст. Кровля в призабойном пространстве была в хорошем состоянии.

В 1969 г. на шахте № 3 шахтоуправления "Ленинградсланец" проводились опытные работы по выемке пласта сланца мощностью 1,70 м с управлением кровлей полным обрушением на посадочную крепь ОКУ-0,6 м. Стойки посадочной крепи устанавливались в два ряда в шахматном порядке с расстоянием между рядами и стойками в ряду – 1,3 м. Призабойное пространство крепили двумя рядами гидравлических стоек.

Смещения кровли в призабойном пространстве лавы при отходе от заднего целика были незначительными и не вызывали нарушений ее. Максимальные величины смещений имели место при оседаниях основной кровли. При этом нарастание величин смещений кровли носило скачкообразный характер. Смещения кровли на границе рабочего пространства лавы достигали 250–300 мм, что в 2 и более раза превышало допустимую величину (2,5 см на 1 м рабочего пространства), в результате наблюдалось разрушение пород кровли в рабочем пространстве лавы.

Разлом основной кровли происходил над забоем с образованием видимой трещины, раскрытие которой наблюдалось между рядами посадочной крепи. Вдоль трещины происходили вывалы породы на высоту до 0,5 м шириной до 0,7 м. В этот период, как правило, смежные блоки проскальзывали друг относительно друга на величину 150–250 мм. В периоды между осадками основной кровли смещения ее на границе рабочего пространства лавы составляли 50–100 мм (1–2 см на 1 м рабочего пространства), а нагрузки на стойки второго ряда посадочной крепи были 90–110 т. В то же время при осадках основной кровли нагрузки на стойки второго ряда посадочной крепи достигали 130–160 т. Характеристики посадочной крепи ОКУ-06 не отвечали характеру поведения кровли.

Кровля в рабочем пространстве лавы была устойчива. Непосредственная кровля обрушалась за вторым рядом посадочной крепи крупными блоками толщиной 1,7 м (до горизонта 1,9 м от кровли промпласта) без разрыхления пород. Длина блоков вдоль забоя составляла 5–20 м, а по ширине – кратная врубу (1,3–5,2м).

Проведенные экспериментальные работы показали техническую возможность разработки горючего сланца с обрушением кровли. При этом как пролеты первого обрушения пород кровли, так и последующие шаги обрушения были такими же, как и в лавах с управлением кровлей частичной закладкой.

Анализ материалов наблюдений позволил сделать заключение о том, что смещение кровли в призабойном пространстве лавы зависит, в основном, от наклона основной кровли, которая обламывается консолями длиной 10-13 м. При таком характере обрушения покрывающих пород основными требованиями к посадочным крепям должны быть: возможность создания высокого первоначального распора (не менее 30-40 т/ст.) и большое рабочее сопротивление крепи, порядка 150-200 т/м.

При создании первоначального распора посадочным крепям до 40 т/ст не происходит расслоений в непосредственной кровле мощностью до 4 м. В результате непосредственная кровля за рядом обрезной крепи обрушается мелкими блоками с коэффициентом разрыхления порядка - 1,3, благодаря чему уменьшается свободное пространство между необрушенной кровлей и обрушенными породами. Обрушение вышележащих слоев кровли происходит более спокойно с опорой конца консоли на обрушенные породы. Смещение кровли в рабочем пространстве лавы и нагрузки на крепь снижаются, отсутствуют нарушения сплошности кровли.

Исходя из полученных результатов исследований и опыта работы угольных шахт, ВНИМИ еще в 1956 г. рекомендовал к опытному применению гидравлическую посадочную крепь. Для условий Ленинградского месторождения наиболее подходящей из серийно выпускаемых в настоящее время посадочных крепей оказалась крепь "Спутник". Эта крепь была испытана в экспериментальной лаве на шахте им.С.М.Кирова в 1972-1973 гг.

Испытания показали хорошую работоспособность крепи как при комбайновой выемке (ширина призабойного пространства до 5,2м), так и при выемке сланца с применением буро-взрывных работ и погрузочной машины для отгрузки горной массы (ширина призабойного пространства до 6,1 м). В последнем случае в период осадок основной кровли (через каждые 10-11 м) состояние забоя ухудшалось, так как кровля нарушалась взрывными работами, а ширина призабойного пространства была на 1 м больше обычной. При этом наибольшие смещения кровли на границе рабочего пространства, замеренные во время вторичных осадок основной кровли, достигали 145 мм, что в два с лишним раза больше смещений при комбайновой выемке, но ниже допустимого предела (2,5 см на 1 м рабочего пространства).

Максимальные нагрузки на посадочную крепь в обоих случаях не превышали рабочего сопротивления крепи, т.е. 100-120 т/ст и имели место в периоды вторичных осадок основной кровли.

Состояние кровли, в общем хорошее, несколько ухудшилось из-за отслаивания и обрушения слоя ложной кровли толщиной порядка 10 см при отработке с применением погрузочной машины и буровзрывных работ. Опыт показал, что при таком способе управления кровлей , крепления и отгрузки горной массы погрузочными машинами необходимо производить выемку пласта вместе

с ложной кровлей, имеющей мощность 25–35 см, так как последняя весьма неустойчива и при незначительных наклонах кровли внезапно обрушается.

Наблюдениями за поведением кровли в лавах с частичной закладкой и полным обрушением, а также в камерах-лавах установлено, что смещения кровли вдоль забоя, начиная от целика, равномерно возрастают на участке до 30 м и далее остаются почти постоянными. Аналогичный характер имеет и распределение нагрузок на посадочную крепь. Такой характер развития смещений и нагрузок позволяет производить расстановку крепи на участках до 20 м от бортовых целиков с некоторой разрядкой.

Для условий Ленинградского месторождения горючих сланцев расстановка гидравлических стоек посадочной крепи с несущей способностью 100–120 т/ст должна быть с расстоянием между осями стоек не большим 0,75 м, так как общее сопротивление крепи на 1 пог.м лавы должно составлять не менее 160–170 т.

Наблюдениями ВНИМИ в лавах с управлением кровлей полным обрушением на шахтах Эстонского и Ленинградского месторождений горючего сланца установлено, что максимальные нагрузки на посадочную крепь при обрушении подработанного пролета основной кровли достигают 250–260 т/ст. Поэтому вести отработку лав с посадочной крепью "Спутник" сразу от заднего целика не рекомендуется. Крепь может быть разрушена, потому что скорость опускания кровли при обрушении значительно выше, чем скорость срабатывания клапанов в гидросистеме крепи. Гидравлическую посадочную крепь рекомендуется вводить в работу или после первой осадки основной кровли или при выполнении следующих мероприятий.

В 36 м от целика проходится разрезная печь шириною 5 м для монтажа скребкового конвейера и гидравлической посадочной крепи. Отработка столба на протяжении 34 м от заднего целика производится системой разработки камерами-лавами с деревянным креплением очистного пространства. Между отработанной камерой-лавой и монтажной разрезной печью оставляется защитный целик шириной 2,0–2,5 м. После отработки камеры-лавы крепь в ней частично извлекается с расчетом посадить непосредственную кровлю. После этого начинается отработка лавы уже с посадочной крепью и применением комбайна или погрузочной машины для выемки сланца.

Оставленный предохранительный целик шириной 2,0–2,5 м выполняет роль амортизатора, принимая на себя значительную часть нагрузки, при обрушении пород основной кровли, чем разгрузит комплект гидрофицированной крепи.

Отработка спаренных лав с гидрофицированной посадочной крепью сразу от разрезной печи возможна при условии выполнения следующих мероприятий.

В 20 м от начала работ необходима выкладка деревянных кос-

тров с заполнением их породой не менее чем на 60% по высоте. Расстояние между кострами не более 4–5 м. Через 4 м от первого ряда костров выкладывается второй такой же ряд костров.

Основной задачей целика и костров является создание "подушки" для обрушения пород основной кровли, чтобы уменьшить нагрузку на посадочную крепь.

При управлении кровлей полным обрушением подвигание забоя не должно быть менее 50–60 м/мес. Наряду с достаточной скоростью подвигания забоя, для поддержания кровли важное значение имеет соблюдение следующих условий:

1. Первоначальный распор крепи должен быть достаточно высоким: для посадочной крепи 30–40 т/ст, для призабойной – 5–6 т/ст. Применение деревянных верхняков недопустимо.

2. Систематическое обрушение пород кровли с коэффициентом разрыхления не менее 1,25–1,30.

3. Ширина поддерживаемого призабойного пространства не должна превышать 4–5 м, только в особых случаях ее можно увеличить до 6 м.

4. Не допускать длительного поддержания кровли временной крепью. Необходимо заменять ее до момента нагружения, в противном случае нарушается целостность кровли.

5. Непосредственно за передвижкой конвейера необходимо производить постоянное крепление кровли.

6. Не оставлять на выходные и праздничные дни забой подрубленным или отпаленным. Забой должен быть оставлен подготовленным к производству вруба.

7. Перемещение стоек посадочного ряда должно осуществляться быстро.

РАЗДЕЛ 5

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К УПРАВЛЕНИЮ КРОВЛЕЙ В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

При разработке сланца в обычных горногеологических условиях непосредственная кровля обладает хорошей устойчивостью, так что безопасность работ может быть обеспечена путем крепления очистных выработок в соответствии с указаниями, изложенными в предыдущих разделах. Однако в осложненных условиях, которые встречаются довольно часто, помимо соответствующего крепления необходимо применять дополнительные меры, повышающие безопасность ведения горных работ.

Осложненные условия характеризуются наличием нарушений типа обводненных карстовых зон (зоны трещиноватости) и обвод-

ненных геологических трещин северо-западного и северо-восточного простираний, а также наличием напорных вод в кровле.

При карстообразовании в породах кровли происходили процессы доломитизации, выветривания и выщелачивания, затронувшие главным образом слои горючих сланцев, по которым они распространились в стороны от зоны замещения на расстояние до 30 м. В результате действия этих процессов структура пород кровли значительно изменилась. Сланцевые слои разрушились, превратившись местами в пластичную глинистую массу. Кровля оказалась расслоенной на весьма тонкие пачки пород, что очень существенно снизило ее несущую способность. Влияние нарушений обнаруживается уже при проходке подготовительных и нарезных выработок, в кровле которых под влиянием взрывных работ появляются заколы и вывалы пород мощностью до 0,4 м (иногда до 0,8 м).

Наличие и степень осложнений должны отображаться в горно-геологическом паспорте подготовляемого к эксплуатации участка месторождения. При отработке камер-лав в осложненных горно-геологических условиях в случае, когда в кровле имеются одна-три не сближенные тектонические трещины северо-западного простирания (тектонические трещины считаются не сближенными, если расстояние между ними по нормали превышает пять метров), их ширину следует принимать, как обычно, равной 34 м, но по середине пролета устанавливать четыре дополнительных ряда крепи. При наличии же в кровле двух сближенных северо-западных трещин (т.е. таких, расстояние между которыми меньше 5 м) необходимо устанавливать по середине пролета камеры-лавы пять дополнительных рядов крепи. Если при проходке бортового штрека, расположенного вдоль карстового нарушения и параллельного последнему, в кровле появляются заколы и вывалы, то бортовой штрек следует отнести в сторону от карстового нарушения на расстояние до 8 м, как показано на рис.5.1, с целью увеличения ширины целика, оставляемого у карста, с тем, чтобы зона дробления, ширина которой в среднем составляет около 10м, достигая иногда 20 м, оставалась в целике.

При наличии осложнений в кровле может иметь место повышенное давление на крепь, приводящее к ее поломке, заколы и вывалы пород мощностью от 0,4 до 0,8 м, а также приток воды в выработку до 3 $м^3/ч$.

Образующиеся в нарезных выработках заколы в дальнейшем затрудняют отход очистного забоя от нарушенных участков, особенно при механизированной выемке, требующей незакрепленного призабойного пространства шириной до 5 м. При образовании таких заколов в бортовых штреках, как показала практика, достаточно оставлять в борту камеры-лавы под нарушенным участком целик шириною порядка 3 м или больше, в зависимости от размеров зоны нарушений. На таких участках, как показал опыт, отход очистным забоем от разрезной печи при наличии зависшего

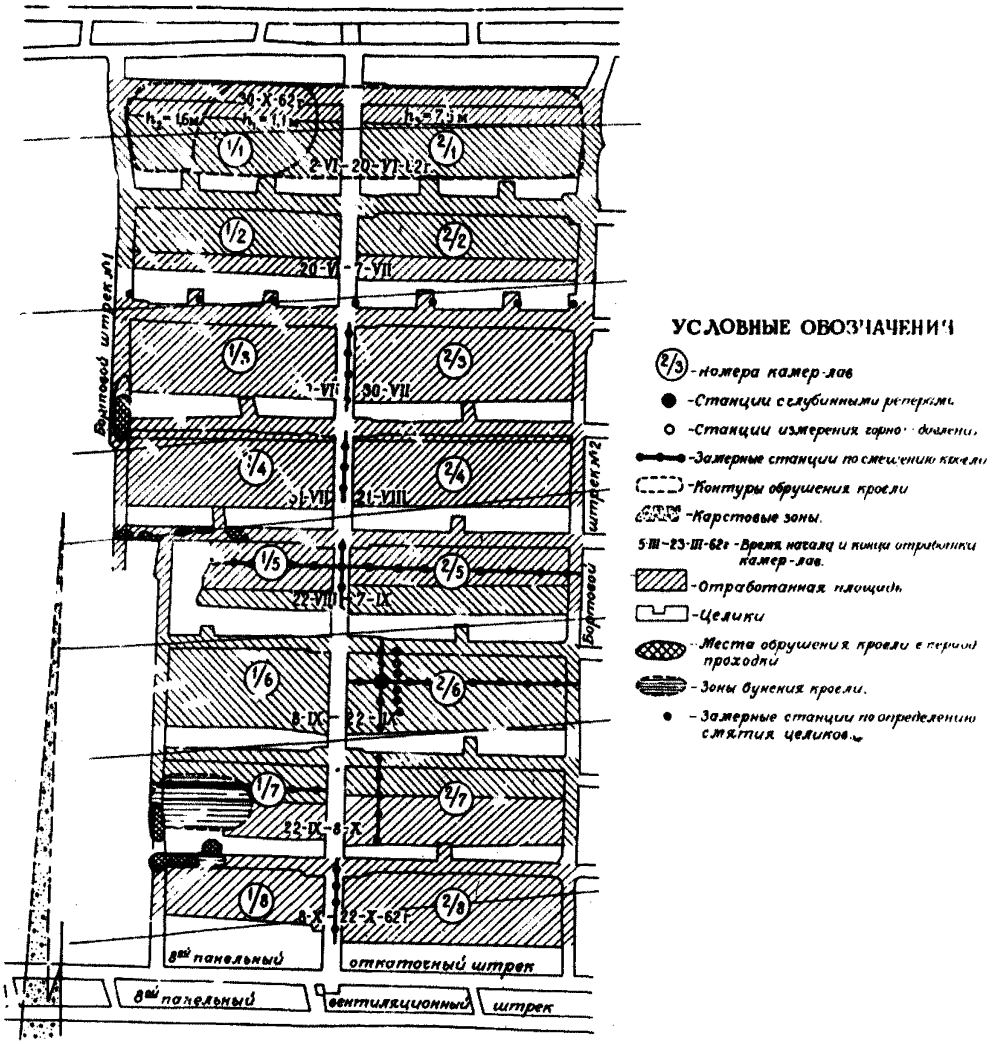


Рис.5.1. Разработка горючего сланца системой камер-лав вблизи карстовых нарушений

нарушенного слоя вполне возможен и безопасен. В случае образования заколов в разрезной печи подход забоем под консоль нарушенного слоя производится с применением для подхвата нарушенной кровли штанговой крепи. Штанги устанавливаются под забоем через 1,5 м по длине забоя. Длина штанг 1,0-1,3м. При взятии очередного вруба, если консоль со штангами не обрушилась, установка штанг должна быть произведена перед очередным циклом в 1,0 м от забоя. Уборка сланца в таких

местах должна производиться короткими участками, не более 6 м, с креплением кровли штангами на каждом таком участке и только после этого следует начинать уборку сланца на следующем участке. Указанные меры должны соблюдаться, пока забой пройдет нарушенную зону и удалится от нее на два-три вруба.

При наличии в кровле пород, разбитых косой и горизонтальной трещиноватостью на мелкие блоки, их необходимо удалить или закрепить штангами длиной не менее одного метра, установленными по сгущенной сетке. Если нарушенный слой постоянно обрушается при взрывных работах и подхватить его штанговой крепью не представляется возможным, то, в зависимости от мощности нарушенного слоя и от общей длины камеры с нарушенной кровлей, можно отрабатывать такие участки с отгрузкой горной массы вручную с применением усиленной крепи призабойного пространства.

Существенно осложняется отработка камер-лав при наличии очагов напорной межслоевой воды в породах непосредственной кровли. Величина гидронапора в таких водяных "мешках" наблюдается порядка 0,7 атм, а при подработке старых (забитых в основании породой) разведочных буровых скважин напор достигает 2,5 атм, что создает дополнительную нагрузку на крепь от 7 до 25 т/м^2, т.е. нагрузки возрастают почти в 3 раза от нормальных. Именно действием гидронапора объясняются известные из практики шахт неоднократные случаи обрушения кровли при проходке штреков, при отработке узких камер и камер-лав. Проявление гидронапора всегда приурочено к обводненным трещинам и происходит следующим образом. При подработке очагов напорной воды процесс оседания кровли и разрушения крепи в камере-лаве развивается очень интенсивно. Сразу же, в течение одних суток, резко возрастают скорости смещения кровли до 30 мм/сутки (нормальные скорости составляют 3 мм/сутки), заметно возрастает смятие верхняков, происходит интенсивное разрушение стоек, а через сутки или двое могут появиться и трещины разлома в кровле. Такие явления могут происходить при любом подработанном пролете камеры-лавы.

Во всех случаях внезапного возрастания нагрузок на крепь и смещений кровли, особенно при пролетах меньше 30 м, необходимо немедленно, в целях дренажа кровли, пробурить скважины глубиной порядка 2 м, с таким расчетом, чтобы они пересекли вторую (считая от кровли промпласта) водоносную плоскость. Зоны подобных нарушений невелики и составляют порядка 30х60см. После дренажа кровли и замены поврежденной крепи работы могут продолжаться по обычной технологии. Профилактический дренаж необходимо производить в процессе отработки камер-лав. Для чего достаточно, по мере отхода забоя камеры-лавы от целика, пробурить в кровлю каждой камеры по два шпура глубиной не менее 2 м. Шпуры следует располагать в 15-20 м от оси

сборного штрека на 12 и 18 м от целика.

При разработке горючего сланца вблизи карстовых нарушений системой длинных столбов с частичной закладкой также наблюдается коржение кровли и вывалы, осложняющие ведение очистных работ. В таких случаях, как и в камерах-лавах, зону дробления необходимо оставлять в прикарстовых целиках, а призабойное пространство крепить усиленной крепью.

Что касается ориентировки очистных забоев относительно тектонических трещин северо-западного простирания, то следует, как правило, избегать расположения забоя параллельно этим трещинам, а стремиться к его расположению перпендикулярно им, допуская в отдельных случаях расположение забоя под углом порядка 30° к простиранию северо-западных трещин.

РАЗДЕЛ 6

КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ КРОВЛИ

Указания по контролю за состоянием кровли даются применительно к системе разработки камерами-лавами, поскольку при ее применении поддерживаются значительные площади обнажений кровли в течение сравнительно продолжительного времени.

Состояние крепи является весьма надежным и своевременным признаком, по которому можно судить о состоянии пород кровли и о наличии опасности ее обрушения. Во всех случаях неблагоприятного поведения кровли нарушения крепи прежде всего появляются в рядах, расположенных в средней части камеры-лавы; там же происходит и первый разлом пород кровли. В ближайших к забою 4-5 рядах крепи давление на стойки незначительно, и нарушений крепи не наблюдается почти до обрушения кровли, поэтому хорошее состояние крепи в этих рядах не может служить надежным показателем устойчивости кровли в камере. Оценка состояния кровли должна производиться по состоянию крепи в центральной части выработанного пространства. При нормальном состоянии кровли в камере вообще не должно быть поломанных стоек, за исключением отдельных стоек с дефектами, рассеянных по всему выработанному пространству, а не сконцентрированных на каком-либо одном участке. Такое расположение поврежденных стоек свидетельствует лишь о случайности повреждения крепи, не связанной с изменением состояния кровли.

Появление и непрерывное увеличение числа поломанных стоек в средней части камеры, при полном смятии верняков на соседних с ними стойках, является признаком назревания критического состояния кровли. Чаще всего разрушения крепи вначале появляются в центре камеры, у сборного штрека, на участках размером до 40 м по длине камеры и шириною порядка до 10 м. Очист-

ные работы следует прекращать, если в камере-лаве пролетом более 26 м в одном месте поломано свыше 30 стоек.

Сосредоточенное на одном участке разрушение крепи может быть вызвано, в частности, гидронапором. В таких случаях необходимо пробурить ряд скважин для спуска воды из кровли. Признаками действия гидронапора в отличие от влияния веса пород являются:

1) при гидронапоре участки повреждения крепи могут быть расположены в любой части камеры-лавы, в том числе и под самым забоем, у целика и у бортов, т.е. там, где расположен подработанный водяной очаг, тогда как под действием веса пород повреждения крепи будут только в центре камеры, в средних 4 рядах крепи;

2) при гидронапоре разрушение крепи происходит быстро и в течение одних-двух суток может быть поломано до 30% стоек, но при явной ограниченности развития нарушений по площади, тогда как под влиянием веса пород процесс происходит намного медленнее, но развивается на большей площади, что может быть обнаружено сразу же по состоянию верхняков;

3) при пролетах выработки менее 30 м сосредоточенные повреждения крепи могут быть только под влиянием действия гидронапора.

Как указывалось выше (3.3), кровля камер-лав прогибается плавно и равномерно по всему пролету. Максимум кривой опусканий несколько смещен к заднему целику (см.рис.3.5). Нарастание смещений кровли, как правило, происходит весьма равномерно, причем скорость опускания кровли зависит как от гидрогеологических условий, так и от характеристики крепи в камере. Величины критических смещений кровли оказываются достаточно стабильными, что позволяет использовать их в качестве основного критерия оценки состояния пород кровли. Таким критерием может быть наклон кровля. Под наклоном понимается отношение разности величин оседаний двух точек кровли к горизонтальному расстоянию между ними, выраженное в миллиметрах на метр.

Для характеристики состояния кровли в камерах-лавах условно будем определять наклон в данной точке как отношение ее оседания к расстоянию до ближайшей опоры (целика или забоя). На рис.6.1 приведен график предельно допустимого, или критического, наклона кровли. Как видно из графика, кривая, характеризующая изменение наклона кровли по ширине пролета, не симметрична относительно середины пролета камеры-лавы. Минимальная вершина ее несколько смещена в сторону забоя, поэтому наклон кровли по ширине пролета камер-лав не одинаков и контрольное значение наклона по графику рис.6.1 необходимо выбирать соответственно месту расположения в пролете точки наблюдений.

Для точек близких к центру камер, величина критического наклона равна 4 мм/м, чему при ширине камер 34 м соответству-

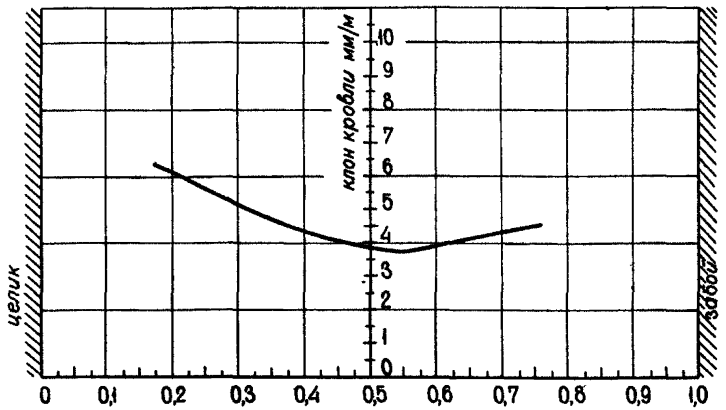


Рис.6.1. Изменение наклона кровли по ширине камеры-лавы

ет опускание кровли в середине пролета: 34х0,5х4=68 мм. При расположении точки наблюдений на расстоянии одной трети пролета от целика при той же ширине камеры критический наклон составляет 5 мм/м, а соответствующее ему смещение равно 34х 0,3х5=51 мм. При опусканиях кровли, соответствующих указанным, работы в камере-лаве следует немедленно прекратить.Однако при пролете менее 30 м такое нарастание смещений кровли может быть связано с действием гидронапора. В этом случае работы в камере-лаве могут продолжаться, после выпуска воды из кровли, до полной отработки.

Контрольные наблюдения за опусканием кровли должны осуществляться контрольно-измерительными стойками и начинаться при отходе забоя от целика на 18-20 м. Контрольно-измерительные стойки должны устанавливаться в камерах-лавах в 14-15 м от целика. При наличии только одной стойки ее следует устанавливать вблизи сборного штрека, примерно в 8-10 м. Желательно иметь по длине камер-лав три точки контрольных наблюдений: одну у сборного штрека и по одной на середине расстояний между сборным штреком и каждым из бортовых штреков. Место установки контрольно-измерительных стоек в 14-15 м от заднего целика принято потому, что в этой точке к моменту отработки камеры-лавы накапливаются максимальные смещения кровли. На момент установки контрольно-измерительной стойки пролет составляет 18-20 м, и, следовательно, максимальные смещения кровли на середине пролета достигают в среднем 30 мм, а в точке установки стойки (14-15 м) смещения кровли следует считать в среднем 15 мм(рис.6.2). Следовательно, на момент установки

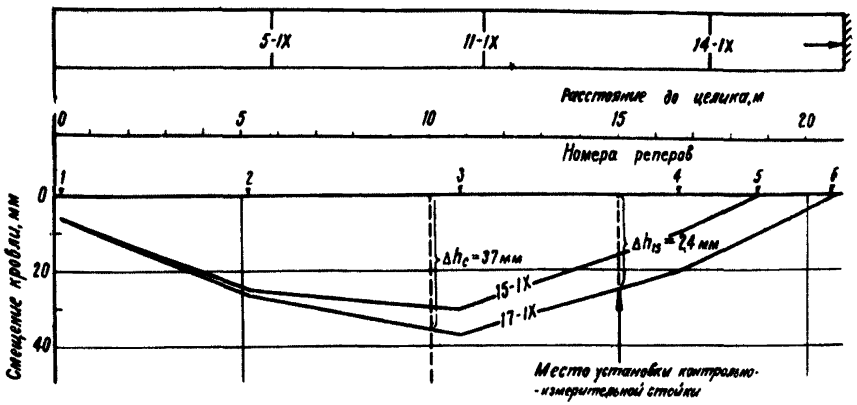


Рис.6.2. К выбору места установки контрольно-измерительной стойки

контрольно-измерительной стойки первоначальный отсчет необходимо считать не с нуля, а с 15 мм. Контроль за смещением кровли осуществляется ежесменно горными мастерами с занесением данных в специальный журнал.

При контроле за состоянием пород кровли следует иметь в виду, что, как правило, в камерах-лавах непосредственная кровля сохраняется сплошной без всяких видимых следов нарушения до самого обрушения. Поэтому видимое состояние кровли в камерах-лавах ни в коей мере не может быть признаком общей устойчивости кровли и тем более не может служить поводом к каким-либо изменениям требований к крепи. Оценивать общее состояние кровли следует только по указанным двум факторам: состоянию крепи и наклону кровли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Селезнев Н.И., Жарков С.Н., Кузьмин Г.С., Плахов А.В. Временное наставление по управлению кровлей при системе разработки камерами-лавами на шахтах комбината "Сланцы". Л.,ВНИМИ, 1964.

2. Газизов М.С., Янкович М.С. Трещиноватость горных пород ордовика и ее роль при разработке сланцевых месторождений Прибалтики. Специальные вопросы строительства шахт и карьеров. Научные сообщения ИГД им.А.А.Скочинского, вып.XXУП. "Недра", 1965.

3. Слесарев В.Д. Механика горных пород. Углетехиздат, 1948.

4. Цимбаревич П.М. Рудничное крепление. Углетехиздат, 1951.

5. Кузнецов Г.Н. Определение полной несущей способности кровли подземных выработок. Труды ВНИМИ, сб.№22, 1950.

6. Кузнецов Г.Н., Нестеренко Г.Т., Твердовский Р.К. и Соцков Н.А. Определение предела прочности на изгиб слоистых нетрещиноватых пород в шахтных условиях. Труды ВНИМИ, сб.№ 60, 1966.

7. Временные указания по определению конструктивных элементов систем разработки с управлением кровлей целиками на сланцевых шахтах Прибалтийского бассейна. Л., ВНИМИ, 1972.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
В в е д е н и е	3
РАЗДЕЛ 1. Характеристика геологических условий и горных работ	5
1.1. Геологическая характеристика	5
1.2. Характеристика горных работ	7
РАЗДЕЛ 2. Особенности поведения пород подрабатываемого массива	12
РАЗДЕЛ 3. Выбор параметров управления кровлей и конструктивных элементов системы разработки камерами-лавами.	15
3.1. Выбор размеров камер-лав	15
3.2. Расчет междукамерных целиков	18
3.3. Крепление кровли в камерах-лавах . . .	21
РАЗДЕЛ 4. Выбор параметров управления кровлей и конструктивных элементов системы разработки при выемке сланца лавами.	28
4.1. Основные положения по управлению кровлей в лавах частичной закладкой выработанного пространства	28
4.2. Расчет промежуточных целиков при управлении кровлей частичной закладкой	29
4.3. Расчет крепи для поддержания рабочего пространства в лавах с частичной закладкой;	34
4.4. Основные положения по управлению кровлей в лавах полным обрушением	35
РАЗДЕЛ 5. Дополнительные требования к управлению кровлей в осложненных условиях	39
РАЗДЕЛ 6. Контроль за состоянием кровли камер-лав. .	43
Л и т е р а т у р а.	46

Печатный цех ВНИМИ Заказ № 66 Тираж 200 16/X-73 г.
М-07663 Объем 3 п.л. Цена 36 коп.

gost.e-ecolog.ru