Федеральный горный и промышленный надзор России

(ГОСГОРТЕХНАДЗОР РОССИИ)

Северо-Западный округ

191028, Санкт-Петербург, ул.Моховая, 3

телефон 273-55-21

телетайп 821064 Надзор

факс 273-55-21

от 13.12.00 № 66-90

На № 03-71 от 14.09.2000г.

Техническому директору
АО «Ленинградсланец»

Г.П. Грудинову

«Методические указания по выбору рациональных параметров управления горным давлением при основных системах разработки для шахт Ленинградского месторождения горючих сланцев» (ВНИМИ, 2000г.) рассмотрены Сланцевским ГТО и одобрены.

Указания рекомендуются для применение в качестве нормативно-методического документа.

Начальник Сланцевского ГТО
УСЗО Госгортехнадзора РФ Б.Г. Саввин

gost.e-ecolog.ru

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КОМИТЕТ ПО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА – МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ВНИМИ

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ОАО «Ленинградсланец»
к.т.н. Г.Б. Фрайман

16.12.2000

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ПРИ ОСНОВНЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ШАХТ ЛЕНИНГРАДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

Санкт-Петербург

2000

РЕФЕРАТ

УДК 622.831.24

Методические указания по выбору рациональных параметров управления горным давлением при основных системах разработки для шахт Ленинградского месторождения горючих сланцев – СПб., 2000. – 48 с. (Минэнерго РФ, Гос.НИИ горн. Геомех. И маркшейд. Дела – Межотраслевой научный центр ВНИМИ). Ил. 11, табл. 6.

Методические указания разработаны на основе опыта применения ранее изданных нормативных документов с учетом обобщения материалов исследований ВНИМИ за проявлением горного давления, выполненных на шахтах Ленинградского месторождения горючих сланцев в течение последних двух десятилетий. В них дополнены и уточнены исходные данные и методики выбора параметров управления горным давлением при выемке пласта камерами-лавами, камерной системой разработки со столбчатыми междукамерными целиками и лавами с полным обрушением кровли. Основные их положения и методы расчета проверены на шахтах АО «Ленинградсланец».

В Указаниях учтены требования «Правил безопасности на сланцевых шахтах» (М., 1997) и «Указаний по применению металлической и железобетонной анкерной крепи на сланцевых шахтах Ленинградского месторождения (С.- Петербург, 1998). После их утверждения заказчиком и согласования с органами Госгортехнадзора РФ они приобретают силу нормативно-методического документа, регламентирующего ведение горных работ в очистных забоях.

Указания одобрены Сланцевским ГТО УСЗО Госгортехнадзора РФ и рекомендованы для применения в качестве нормативно-методического документа (письмо № 66-90 от 13.12.2000г.).

Методические указания предназначены для обязательного применения при отработке пласта горючего сланца основными системами разработки и рассчитаны на специалистов-производственников, а также работников проектных, научно-исследовательских и учебных организаций, занимающихся вопросами разработки месторождений горючих сланцев.

Методические указания составлены к. т. н. Стеценко В. П., проф., д. т. н. Громовым Ю. В. и инженерами Плаховым А. В., Хлусовым А. Е. (ВНИМИ) и Грудиновым Г. П.(АО «Ленинградсланец»).

СОДЕРЖАНИЕ

1. Характеристика горно-геологических условий..... 4
2. Способ подготовки, системы разработки и способы управления кровлей..... 8
3. Закономерности расслоения и обрушения подрабатываемых пород..... 12
4. Управление кровлей целиками..... 14
4.1. Выбор размеров камер..... 14
4.2. Расчет крепи камер..... 17
4.3. Выбор размеров целиков..... 21
5. Управление кровлей обрушением..... 37
6. Мероприятия по безопасному управлению кровлей и контролю за состоянием кровли и крепи..... 41

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

1.1. Промышленный пласт горючих сланцев мощностью 1,6-1,9 м залегает на глубине 40-140 м в толще известняков среднеордовикского карбона. Залегание пласта спокойное, практически горизонтальное. Основной массив карбонатных пород, покрывающих пласт горючих сланцев, отличается выдержанностью строения и сложен слоями известняков, мергелей, горючих и глинистых сланцев с прослойками глин. До высоты 25 м над кровлей промпласта отдельные слои, слагающие массив, имеют мощность до 0,6 м. Особенно тонкими слоями, мощность которых не превышает 0,4 м, сложена толща пород до 12 м над кровлей пласта. На высоте от 50 до 64 м залегают два слоя прочных доломитов мощностью 3 и 4 м.

1.2. Непосредственная кровля общей мощностью 3,6 м сложена более чем десятью слоями глинистого и горючего сланца с разделяющими их слоями известняков. Мощность слоев колеблется от 0,02 до 0,4 м, преобладают слои мощностью 0,2 м. Выше залегает основная кровля, нижний слой которой имеет мощность 2,5 м.

1.3. В непосредственной и основной кровле имеются плоскости расслоения (водопроводящие плоскости), отстоящие от промпласта на 0,8-0,9; 1,6-1,9; 3,6;. 6,1; 10,8 и 12,0 м. В нормальных горно-геологических условиях эти плоскости расслоения распространены преимущественно на площади выемочных участков, прилегающих к зонам влияния карстовых нарушений и при интенсивной трещиноватости пород.

1.4. Толща карбонатных пород сечется одиночными и сдвоенными тектоническими субвертикальными трещинами северо-западного, северо-восточного, субмеридионального и субширотного направлений, а также пологосекущими трещинами. К сдвоенным относят две рядом расположенные параллельные трещины, расстояние между которыми по нормали менее 1 м. Две-три одиночные или сдвоенные трещины, рассекающие породы кровли

параллельно очистному забою, считаются сближенными, если расстояние между ними по нормали не превышает 5 м.

Преимущественное распространение на месторождении имеют одиночные и сдвоенные трещины северо-западного направления. Среднее расстояние между этими трещинами изменяется от 1-5 до 20-40 м. Трещины северо-восточного направления располагаются группами по 2-4, находящимися на расстоянии от 10 до 200 м одна от другой. Значительно реже встречаются трещины субмеридионального и субширотного направлений.

Локальные участки с повышенной тектонической трещиноватостью кровли на выемочных полях распределены неравномерно. В них преимущественно наблюдается система сближенных трещин одного направления и реже две-три системы трещин. Расстояние между трещинами от 1-2 до 5 м. Протяженность участков от 5-20 до 30-80 м. При снижении мощности карбонатных пород в кровле с 40 до 25 м протяженность этих участков и частота их распространения возрастает. В зонах влияния карстов длина этих участков увеличивается до 150 м и более.

В большинстве тектонические трещины раскрытые. Раскрытие трещин обычно составляет 1-3 мм и реже 4-50 мм. Последние обычно заполнены глинистым материалом. На выемочных участках доля обводненных и заполненных глинистым или раздробленным материалом трещин составляет в среднем 20-35% от общего их количества.

В зонах влияния карста структура, состав и свойства пород кровли, как правило, значительно изменены. Сланцевые слои местами превращены в глину. Кровля оказывается разделенной на очень тонкие пачки и даже отдельные слои, и ее устойчивость весьма снижается. Она может обрушаться даже в узких выработках, закрепленных анкерной крепью на высоту до 1,7-1,9 м. При наличии в этой зоне полостей расслоения в кровле и мульдообразных участков образуются очаги напорных и безнапорных вод.

Пологосекущие трещины распространены на южном крыле шахты «Ленинградская» и на прилегающих к нему выемочных полях III-го района (поле шахты № 3). Они рассекают породы кровли, примерно, под углом 10-15° относительно горизонтальной плоскости пласта. Направление этих трещин северо-восточное и северо-западное, по азимуту, как правило, невыдержанное. В некоторых случаях наблюдается сложная форма пологосекущих расслоений в нижних слоях непосредственной кровли промпласта.

1.5. Напорные и безнапорные воды в кровле промышленного пласта встречаются в виде отдельных очагов. Напорные воды имеют напор, как правило, не превышающий 1 м вод ст. и лишь на отдельных мульдообразных участках достигающий 5 м вод. ст. Напорные воды создают значительную дополнительную пригрузку на нижние несущие слои кровли и на крепь, а безнапорные – вызывают размокание и разбухание глины в полостях отслоения кровли.

1.6. Коэффициент крепости *f* по шкале М. М. Протодьяконова для слоев сланца составляет 2-3, а для слоев известняка – 5-6.

1.7. Кровля промышленного пласта, исходя из геологической нарушенности пород, разделяется на три типа по устойчивости (табл. 1). В целом на месторождении кровля очистных забоев и подготовительных выработок представлена первыми двумя ее типами по устойчивости.

1.7.1. Прогноз устойчивости кровли по ее типам при подготовке выемочных участков осуществляется в следующем порядке:

- для выемочных участков, расположенных вне осложненных зон и отнесенных и I и II типам кровли по устойчивости, прогноз осуществляется исходя из среднего расстояния между трещинами по ближайшему выемочному участку (блоку камер-лав);

- к III типу кровли относятся выемочные участки, расположенные в зоне влияния карстовых нарушений и при повышенной тектонической и межслоевой нарушенности пород в нижних слоях (мощностью до 0,6 м) непо-

средственной кровли, граничащие с участками, где мощность карбонатных пород в налегающем массиве составляет 25 м.

Таблица 1.

Типизация кровли по устойчивости

Тип	Устойчивость кровли	Характеристика нарушенности пород непосредственной кровли камер-лав	Коэффициент устойчивости кровли, $к_у$
I	Повышенная	Протяженные одиночные или сдвоенные (ограниченные по протяженности) тектонические трещины, которые пересекают камеры в направлении почти перпендикулярном или под углом от 5 до 20° относительно линии очистного забоя. Расстояние между трещинами 15-40 м и более. Ослабление межслоевых связей у трещин проявляется в виде «бунения» пород на расстоянии до 0,3 м по обе стороны от трещины и при перебуре кровли на участках площадью до 1 м^2.	1,0
II	Средняя	Протяженные одиночные или сдвоенные (ограниченные по протяженности) тектонические трещины, которые пересекают камеры в направлении почти перпендикулярном или под углом от 5 до 20° относительно линии очистного забоя. Расстояние между трещинами 5-15 м. Ослабление межслоевых связей аналогично кровле с повышенной устойчивостью. К этому типу кровли по устойчивости относятся камеры с мульдообразными участками, а также локальные участки с одной системой однотипных трещин, расположенных вне зоны влияния карста, а также участки с отслоением пород кровли мощностью до 0,3 м площадью от 1,0 до 20 м^2 , выявленные при отработке камер.	0,9
III	Пониженная (от слабоустойчивой до неустойчивой)	Одна или две-три системы однотипных сближенных трещин. Среднее расстояние между трещинами от 1-2 до 5 м. Они распространены локальными участками как в зоне влияния карстовых нарушений, так и вне ее. На участках с двумя-тремя системами трещин межслоевые связи, как правило, нарушены и нередко после взрывных работ происходит обрушение пород мощностью до 0,6 м. Участки, расположенные в зоне влияния карстовых нарушений и участки с пологосекущими («косыми») трещинами. Локальные участки с отслоением пород кровли мощностью до 0,3 м площадью 20 м^2 и более, выявленные при отработке камер.	0,8

1.7.2. Прогноз устойчивости кровли в подготовленных к отработке выемочных участках осуществляется на основании геологической съемки трещиноватости кровли оконтуривающих подготовительных выработок, состояния нижних слоев непосредственной кровли, уточненной зоны влияния карстовых нарушений и мощности карбонатных пород в кровле пласта.

1.8. Выемочные участки, в кровле которых мощность толщи карбонатных пород 25 м и более, рассматриваются как участки с нормальными горно-геологическими условиями.

2. СПОСОБ ПОДГОТОВКИ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ И СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ

2.1. На сланцевых шахтах Ленинградского месторождения применяется панельный способ подготовки шахтных полей. Главные штреки проводят от стволов в направлении к границам шахтного поля. От главных штреков перпендикулярно им проводят панельные штреки. Одновременно проводят два штрека, один из которых откаточный, а другой – вентиляционный. Смежные штреки при проходке соединяют сбойками. Применяют как односторонние панели, так и двусторонние, шириной 600-800 м и более.

2.2. Панель разделяют на столбы (блоки) различной ширины, длиной равной ширине панели. Обычно столб шириной 200-250 м подготавливается тремя выработками. По середине столба проходят сборный (конвейерный) штрек для транспортировки горной массы и подачи свежей струи воздуха. При отработке столба сдвоенными лавами с полным обрушением кровли в середине выемочного участка проходят спаренные штреки, используемые как сборные, соединенные между собой сбойками через каждые 40-50 м. На флангах выемочного участка проходят бортовые штреки, служащие запасными выходами и для вентиляции. Иногда эти штреки оформляют в процессе очистной выемки в выработанном пространстве, поддерживая органной деревянной крепью. В последнем случае ширина бортового штрека не должна

превышать 3,5 м. В некоторых случаях подготовку осуществляют только двумя штреками: конвейерным и вентиляционным (при отработке выемочного участка одинарной лавой). Возможна подготовка столба четырьмя или пятью штреками, делящими его, соответственно, на три или четыре части. Один из штреков является сборным. В каждом выемочном участке независимо от применяемой системы разработки, проводят разрезные (монтажные) штреки, располагаемые перпендикулярно сборному. Общая ширина выемочного участка при этом может достигать 350-400 м.

2.3. Все штреки, имеют прямоугольную форму поперечного сечения. Ширина выработок определяется на середине их высоты.

2.4. При выемке пласта горючего сланца рекомендуются два способа управления кровлей - целиками и полным обрушением. Преимущественное применение получила система разработки камерами-лавами с ленточными междукамерными целиками, которые прорезают через 30-50 м сбойками. Для поддержания непосредственной кровли в камерах применяют деревянную стоечную крепь (рис. 1).

2.5. Камерная система разработки со столбчатыми междукамерными целиками при поддержании непосредственной кровли анкерной крепью и при наличии соответствующего оборудования может применяться при выемке пласта в нормальных горно-геологических условиях и в нетехнологичных зонах (участки, расположенные около карстовых нарушений, шириной от 60 до 120 м, междукарстовые участки шириной от 30 до 180 м и приграничные участки неправильной конфигурации) (рис. 2).

2.6. При управлении кровлей полным обрушением отработка пласта сланца осуществляется длинными столбами (рис. 3). В качестве посадочной крепи используются гидравлические крепи «Спутник» и КП-350.

2.7. Выемку горючего сланца в камерах, камерах-лавах и в лавах с полным обрушением кровли осуществляют с применением буровзрывных работ

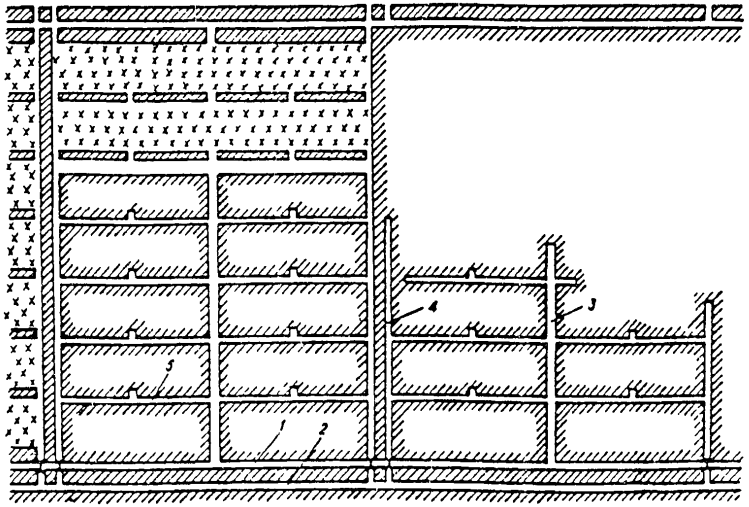

Рис. 1. Система разработки камерами-лавами:
1-5 – штреки, соответственно, откаточный, вентиляционный, сборный, бортовой и разрезной

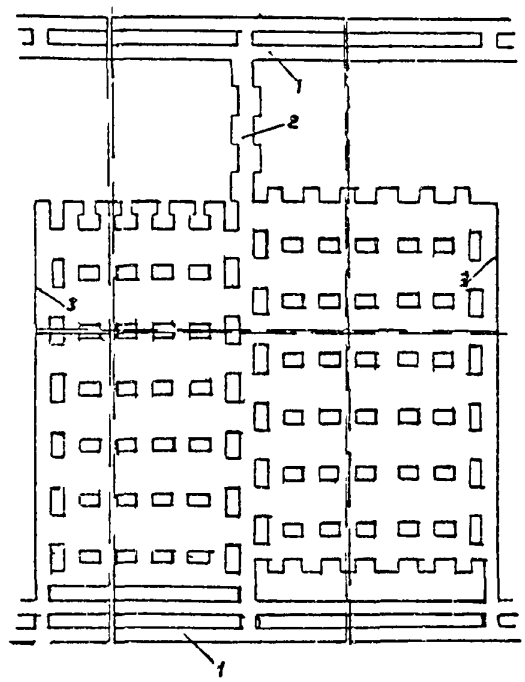

Рис. 2. Камерная система разработки со столбчатыми междукамерными целиками;

I, 2, 3 – штреки, соответственно, откаточный, сборный и бортовой

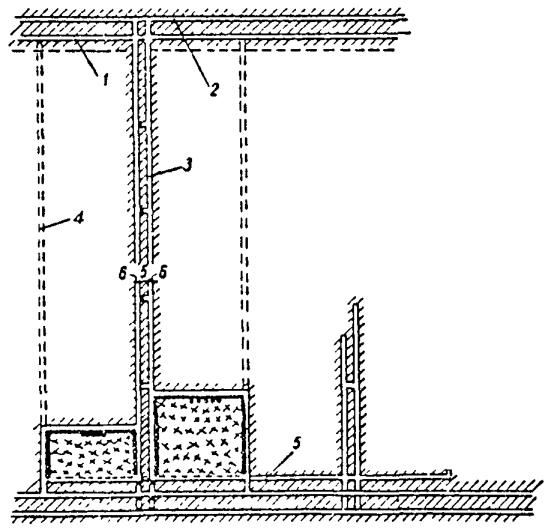

Рис. 3. Система разработки длинными столбами с управлением кровлей полным обрушением:

I–5 – штреки, соответственно, откаточный, вентиляционный, сборный, бортовой и разрезной

и погрузочных машин. В лавах с полным обрушением кровли возможно применение струговой установки, работающей в погрузочно-доставочном режиме.

3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАССЛОЕНИЯ И ОБРУШЕНИЯ ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ПОРОД

3.1. Породы, покрывающие пласт горючего сланца, при подработке расслаиваются и обрушаются отдельными пачками, толщиной от 0,3 до 2,5-3 м и более вследствие наличия в кровле относительно слабых по прочности слоев глинистых сланцев и глин. В нормальных горно-геологических условиях вне зоны влияния карстовых нарушений расслоение пород кровли имеет локальный характер и в большинстве случаев обусловлено степенью водонасыщенности пород на основных горизонтах расслоения, которые нередко совпадают с водопроводящими плоскостями.

3.2. Самые нижние слои непосредственной кровли промпласта, называемые ложной кровлей, мощностью 0,3-0,35 м имеют устойчивый пролет 1,9-2,0м, а временно устойчивые ее пролеты составляют 4-5 м. При совместной работе слоев нижней пачки кровли мощностью 0,9-1,2 м величина ее предельного пролета составляет 18-22 м. При средней устойчивости кровли и реже при повышенной, как правило, отслаивается и оседает нижняя пачка пород непосредственной кровли мощностью 1,7-1,9 м. Ее обрушение происходит при пролетах 22-26 м. Вышележащая пачка непосредственной кровли с отслоением на горизонте 3,6 м, считая от кровли промпласта, оседает при пролетах 30-35 м. Это соответствует мощности непосредственной кровли на Ленинградском месторождении.

3.3. В зоне влияния карстовых нарушений и на отдельных участках с повышенной тектонической трещиноватостью пород кровли, особенно в случаях обводненности трещин, устойчивость кровли значительно понижена и она может обрушаться даже в «узких» камерах и на сопряжении сборного и разрезного штреков, закрепленных анкерами. При этом мощность обрушающихся пород кровли достигает 1,7-1,9 м.

3.4. В нормальных горно-геологических условиях первое обрушение нижней пачки основной кровли мощностью 2,5 м с отслоением на горизонте 6,1 м, считая от кровли пласта, по данным наблюдений в лавах с частичной закладкой происходит преимущественно при пролетах 40-48 м. В лавах, с полным обрушением кровли, пролеты первого оседания основной кровли изменялись от 45-47 м до 53-58 м. При пролетах 50-59 м оседает толща пород порядка 12 м, считая от кровли пласта, и во многих случаях одновременно с нижней пачкой основной кровли. При пролетах 60-65 м оседает толща пород до высоты 25-30 м от кровли пласта. При пролетах 80-85 м появляются первые признаки расслоения всей остальной толщи до земной поверхности, оседание которой происходит при пролетах 90-100 м (для глубин залегания пласта 65-90 м).

3.5. Величина оседания дневной поверхности, подработанной лавами с частичной закладкой, в зависимости от глубины разработки, составляет 0,55-0,65 м, а лавами с полным обрушением пород кровли – около 1,0 м.

3.6. Увеличение пролетов полной подработки дневной поверхности с ростом глубины горных работ обусловлено наличием на высоте от 52 до 66 м от кровли пласта двух прочных слоев доломитов мощностью 3 и 4 м и образованием поверхности излома при обрушении пород, параллельной линии забоя очистной выработки и отклоненной в сторону выработанного пространства под некоторым углом w. Величина угла w при первых обрушениях непосредственной и основной кровли (до высоты 12 м от кровли пласта) составляет 35°. При последующих обрушениях консолей кровли величина угла w уменьшается до 25°. Для всей толщи пород до поверхности средняя величина угла w равна 19°. Вследствие этого, происходит сокращение пролетов оседания вышележащих слоев пород. Для нижней пачки пород непосредственной кровли фактический пролет оседания будет равным пролету выработки, а для вышележащих пачек массива он будет меньше пролета выработки. Его величину можно определить по формуле

$$L_o = A - 2h_n \cdot tgw, \quad (1)$$

где L_o – пролет первого обрушения пачки слоев кровли; A – пролет выработки; h_n – общая мощность обрушенных пород кровли; w – угол излома пород кровли (w=35° – при первом обрушении непосредственной и нижней пачки основной кровли, w=25° – при последующих обрушениях консолей основной и непосредственной кровли).

3.7. При выемке пласта с полным обрушением в лавах, длиной $2L_o$ и более, шаг обрушения консолей нижней пачки основной кровли изменяется от 10 до 14 м (в среднем 12 м). Шаг оседания поверхности, связанный с обрушением верхних несущих слоев массива также находится в пределах 10-14 м. Поэтому, в данных условиях величину шага обрушения консолей пород массива можно принимать одинаковой как при определении нагрузок на крепь, так и при расчете барьерных целиков.

4. УПРАВЛЕНИЕ КРОВЛЕЙ ЦЕЛИКАМИ

4.1. Выбор размеров камер

4.1.1. Основными конструктивными элементами систем разработки с управлением кровлей целиками являются камеры и междукамерные целики. От правильного выбора этих элементов зависят безопасность горных работ и величина потерь полезного ископаемого. Ширину камер выбирают исходя из устойчивости пород кровли.

4.1.2. При разработке пласта горючего сланца камерами-лавами непосредственная кровля поддерживается деревянной стоечной крепью, устанавливаемой в камере-лаве, а основная кровля, как и вся налегающая толща пород, - междукамерными целиками. В связи с этим ширина камеры-лавы определяется величиной устойчивости пролета основной кровли. Допустимая ширина A камеры-лавы в зависимости от геологической нарушенности пород кровли определяется по формуле

$$A = k_y \frac{k_1}{n_k} \cdot L_o + 2h_n \cdot tgw, \quad (2)$$

где L_o – предельный пролет основной кровли (в нормальных горно-геологических условиях L_o = 40 м); k_y – коэффициент устойчивости кровли, учитывающий тектоническую трещиноватость и межслоевую нарушенность пород кровли; $n_к$ - коэффициент запаса несущей способности кровли; $h_н$ – мощность пород непосредственной кровли, ($h_н$ = 3,6 м); w – угол излома пород непосредственной кровли ($w = 35^o$); k_t – коэффициент, учитывающий изменение прочности карбонатных пород во времени.

4.1.3. При выборе величины коэффициента запаса $n_к$, значений коэффициентов k_y и k_t, учитывающих влияние геологической нарушенности пород кровли и изменения их прочности во времени, необходимо также учитывать следующие факторы: разброс используемых показателей прочности горных пород, неточность применяемой расчетной схемы, изменение тектонической трещиноватости пород кровли (в том числе в зоне влияния карстовых нарушений), время отработки камеры и другие неуточненные факторы.

При расчете ширины камер-лав следует принимать $n_к$ = 1,5; при повышенной устойчивости кровли $к_y$ = 1,0, при средней – 0,9 и при пониженной (неустойчивой) – 0,8; k_t = 0,763 при отработке камеры в течение 1,5 месяцев (при большем сроке отработки k_t определяется по формуле (17)).

4.1.4. Допустимую ширину камер-лав выемочных участков, расположенных в различных горно-геологических условиях и рассчитанных по формуле (2) с учетом отклонения фактических размеров от проектных по технологическим причинам, рекомендуется принимать следующей: при повышенной устойчивости кровли – 33-34 м, средней - 30–31 м и пониженной – 28-29 м.

4.1.5. При камерной системе разработки со столбчатыми междукамерными целиками ширина камер определяется по устойчивому пролету непосредственной кровли с учетом ее крепления анкерами. Допустимые размеры выработок (расстояние по диагонали камеры) приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Допустимые пролеты выработок

Тип кровли	Степень устойчивости кровли	Расстояние между тектоническими трещинами в кровле, м	Допустимый пролет выработки, $l_{дн}$, м
I	Повышенная	Более 15	от 11 до 12
II	Средняя	5-15	от 10 до 11
III	Пониженная	Менее 5	от 9 до 10

Размеры очистных продольных и поперечных камер в зависимости от геологических условий рассчитываются по следующим формулам:

при расположении целиков по прямоугольной сетке (крестообразное сопряжение выработок)

$$(A+q)^2 + (b+q)^2 = l^2_{дн} \qquad (3)$$

при расположении целиков в шахматном порядке (Т-образное сопряжение выработок)

$$\frac{4(A+q)^2 + (b+q)^2}{4(A+q)} = l_{дн} \qquad (4)$$

В этих выражениях A – ширина поперечной камеры; b – ширина продольной камеры; q – суммарная ширина зон разрушения обеих стенок выработки взрывными работами (q= 0,6 м); $l_{дн}$ – допустимый пролет непосредственной кровли выработки. При выборе размеров камер шириной одной из них, например продольной камеры, задаются исходя из технологических соображений, а ширину второй находят в результате решения уравнений (3) или (4).

4.1.6. При повышенной трещиноватости (расстояние между тектоническими трещинами менее 5 м), в зоне дробления и в прикарстовых целиках (нетехнологические зоны) отработка камер должна осуществляться с подрывкой нижних слоев кровли мощностью до 0,6 м. Ширина целиков, оставляемых у карстовых нарушений, должна быть не менее 10 м. Частичная их отработка возможна отдельными заходками шириной до 5 м.

4.1.7. Допустимая площадь кровли, подлежащая скреплению одним анкером длиной 1,35 м, при повышенной и средней ее устойчивости не должна превышать 2 м^2, а при пониженной – 1,5 м^2. Учитывая сложность соблюдения параметров камер при буровзрывной технологии выемки сланца, допускается увеличение линейных размеров продольных и поперечных камер, расстояний между смежными анкерами и уменьшение площади поперечного сечения междукамерных целиков не более чем на 5% от их проектных размеров.

4.2. Расчет крепи камер

4.2.1. В нормальных горно-геологических условиях при выемке пласта камерами-лавами удельная нагрузка на крепь от веса пород непосредственной кровли составляет

$$P = \gamma_н h_н , \qquad (5)$$

где $\gamma_н$ – средний объемный вес пород непосредственной кровли, МН/м^3; P – вес столба пород непосредственной кровли с площадью основания 1 м^2, МН/м^2.

4.2.2. В камерах-лавах в качестве крепи применяют деревянные стойки из хвойных пород. Допустимую нагрузку на такую стойку необходимо рассчитывать по формуле

$$P_д = \left(22 - 0{,}6\frac{l_c}{d}\right)\frac{F}{n_c} , \qquad (6)$$

где 22 и 0,6 – эмпирические коэффициенты, МПа; l_c – длина стойки, м; d – диаметр стойки, м; F – площадь поперечного сечения стойки, м^2; n_c – коэффициент запаса прочности стойки.

При расчете плотности деревянной крепи камер-лав, время отработки которых не превышает 1,5 мес., величину коэффициента запаса прочности стоек следует принимать равной $n_c = 1{,}5$, а при отработке камер за время от 1,5 до 2 мес. - $n_c = 1{,}6$

4.2.3. Среднюю плотность крепи в камере-лаве при величине ее пролета, равной допустимой (см. п. 4.1.4) следует определять по формуле

$$П = \frac{P}{P_д} = \frac{n_c \gamma_н h_н}{(22 - 0{,}6 l_c / d)F} \qquad (7)$$

Средняя плотность крепи, вычисленная по формуле (7) при следующих величинах входящих в нее показателей: $h_н$=3,6 м; $\gamma_н$=2,3 10^{-2} МН/м^3; l_c=1,7 м; d=0,14-0,2 м и n_c=1,5 и 1,6, приведена в табл. 3

Таблица 3.

Диаметр стойки, d, м		0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
Средняя плотность крепи, $П$, ст/м^2	n_c=1,5	0,55	0,46	0,39	0,34	0,30	0,26	0,23
	n_c=1,6	0,59	0,49	0,42	0,36	0,32	0,28	0,25
Допустимая нагрузка на стойку, $P_д$, МН	n_c=1,5	0,15	0,18	0,21	0,24	0,28	0,32	0,36
	n_c=1,6	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26	0,30	0,33

4.2.4. При пролетах камер-лав меньше допустимых их значений крепь нагружается весом пород нижней пачки непосредственной кровли $\gamma_н$ и $h_{н.п.}$ и частью веса пород ее верхней пачки, равной $\gamma_н$ $h_{в.п.}$ $\kappa_п$. Средняя плотность крепи при вышеуказанных пролетах камер-лав определяется по формуле

$$П = \frac{(h_{н.п.} + \kappa_п \cdot h_{в.п.}) \cdot \gamma_н \cdot n_c}{(22 - 0{,}61_c / d)F}, \qquad (8)$$

где $h_{н.п.}$ и $h_{в.п.}$ – соответственно, мощность нижней и верхней пачек непосредственной кровли, м; $\kappa_п$ – коэффициент, учитывающий величину пригрузки, передаваемой верхней пачкой непосредственной кровли на нижнюю пачку и на крепь.

Значения величин коэффициента пригрузки $\kappa_п$ в зависимости от геологической нарушенности кровли и пролета камеры-лавы приведены в табл. 4.

Средняя плотность крепи, вычисленная по формуле (8) при следующих исходных данных: $h_{н.п.}$ = 1,9 м; $h_{в.п.}$ = 1,7 м; $\gamma_н$ = 2,3·10^{-2} МН/м^3; n_c = 1,5; l_c=1,7 м и d = 0,15 и 0,16 м, представлена в табл. 5.

Таблица 4.

Значение коэффициента пригрузки

п/п	Тип кровли по устойчивости	Допустимая ширина камеры, м	Коэффициент пригрузки, k_n												
			Пролет камеры-лавы, м												
			20,3	21,7	23,5	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
I	Повышенная	33-34	-	-	0,0	0,13	0,22	0,32	0,42	0,52	0,63	0,74	0,85	0,97	1,0
II	Средняя	30-31	-	0,0	0,17	0,33	0,44	0,55	0,66	0,79	0,91	1,0	-	-	-
III	Пониженная	28-29	0,0	0,14	0,36	0,52	0,64	0,77	0,90	1,0	-	-	-	-	-

Таблица 5.

Средняя плотность крепи

п/п	Тип кровли по устойчивости	Средняя плотность крепи, ст/м^2												
		Пролет камеры-лавы, м												
		20,3	21,7	23,5	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Диаметр стоки 0,15 м														
I	Повышенная	0,24	0,24	0,24	0,27	0,29	0,31	0,33	0,36	0,38	0,40	0,43	0,45	0,46
II	Средняя	0,24	0,24	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39	0,41	0,44	0,46	-	-	-
III	Пониженная	0,24	0,27	0,32	0,36	0,38	0,41	0,44	0,46	-	-	-	-	-
Диаметр стойки 0,16 м														
I	Повышенная	0,21	0,21	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,39
II	Средняя	0,21	0,21	0,24	0,27	0,29	0,31	0,33	0,355	0,375	0,39	-	-	-
III	Пониженная	0,21	0,23	0,27	0,30	0,33	0,35	0,375	0,39	-	-	-	-	-

4.2.5. Распределение нагрузок на крепь камер-лав не является равномерным. Увеличение нагрузок происходит постепенно от краев целиков к центру камеры. В средних частях камеры нагрузка на крепь значительно выше, чем вблизи целиков. Для обеспечения равномерного нагружения крепи на всей площади камеры в средней ее части, примерно равной, 1/3 ее пролета, устанавливают дополнительные ряды крепи, а на прилегающих к ней участках плотность крепи снижают, путем увеличения расстояния между стойками крепи в ряду. При пролете камер-лав от 31 до 34 м устанавливаются 4-5 дополнительных ряда крепи, при пролетах от 28 до 31 – 3-4 ряда, при пролетах от 25 до 28 м – 2-3 ряда и при пролетах от 20 до 25 м – 1-2 ряда. При этом средневзвешенная плотность крепи на площади всей камеры-лавы вместе с дополнительными рядами должна соответствовать ее средней расчетной плотности. Дополнительные ряды крепи устанавливаются по середине между ее основными рядами. Если в кровле имеются две сближенные параллельные очистному забою тектонические трещины пересекающие камеру, то следует принимать большее количество дополнительных рядов крепи из рекомендованных выше.

В камерах-лавах допустимое отклонение расстояний между деревянными стойками крепи в ряду от их проектных размеров не должно превышать ±0,1 м. При этом общее количество стоек в ряду должно соответствовать принятому паспортом выемочного участка.

4.2.6. В очистных забоях камер-лав на участках, расположенных в зоне влияния карстовых нарушений, ширина призабойного пространства допускается не более 4,5 м при условии поддержания в нем кровли анкерной крепью, используемой в качестве дополнительной.

Дополнительная крепь должна состоять из трех рядов анкерной крепи. Первый ее ряд устанавливается на расстоянии 0,3-0,5 м от стенки забоя. Расстояние между смежными рядами принимается равным глубине вруба, но не более 2 м. Расстояние между анкерами в ряду при повышенной и средней ус-

тойчивости кровли – 2-3 м и при пониженной устойчивости – 1,5 м. Последний ряд крепи после выемки очередного цикла переносится к забою до начала подрубки пласта в следующем цикле.

4.2.7. Пологосекущие трещины в очистных забоях камер-лав по всей длине должны крепиться анкерной крепью с деревянными подхватами. Ширина зоны крепления (по нормали от следа нарушения) в направлении увеличения мощности рассекаемых пород должна составлять не менее 3 м. Длина подхватов должна быть не менее 1,5 м, а расстояние между подхватами не более 1 м при длине анкеров 1,35 м. Отставание анкерной крепи от забоя не должно превышать 1,2 м до подрубки пласта.

4.2.8. При сложных формах пологосекущих трещин в камерах-лавах размеры камер, параметры крепи и возможность ведения в них горных работ рассматривается ВНИМИ отдельно с учетом конкретных их особенностей и в случае необходимости выдачи заключений.

4.3. Выбор размеров целиков

Общие положения

4.3.1. Разработка пласта горючего сланца Ленинградского месторождения сопровождается оставлением большого количества целиков различного назначения: междукамерные, междулавные (междублоковые), охранные и др. По форме в плане оставляемые целики в большинстве случаев ленточные, прорезанные поперечными выработками (сбойками). Иногда при камерной системе разработки применяют столбчатые целики, длина которых превышает ширину не более чем в четыре раза.

4.3.2. В основу предлагаемой методики расчета целиков положен принцип, заключающийся в том, что нагрузка $P_ф$, взятая с некоторым запасом $n_ц$, уравновешивается его несущей способностью $P_н$, т.е.

$$n_ц P_ф = P_н\,, \qquad (9)$$

При расчете междукамерных целиков коэффициент запаса $n_ц$ следует принимать равным $n_ц$=1,1, для междублоковых и промежуточных целиков – 1,2 а для целиков, служащих для охраны главных и панельных штреков и других целиков, сохранность которых необходима в течение длительного времени - 1,4.

Определение нагрузок на целики.

4.3.3. Величины нагрузок на целики различного назначения зависят от многих геологических и горнотехнических факторов, в том числе и от характера сдвижения подработанных пород налегающей толщи. При расчете междукамерных целиков, если размеры выемочных участков достаточно велики (превышают глубину разработки), нагрузку $P_ф$ на целик принимают равной полному весу столба пород, поддерживаемому им (рис. 4 и рис. 5), т.е.

$$P_ф = \gamma H S_к , \qquad (10)$$

где γ - средний объемный вес пород подрабатываемой толщи (γ = $2{,}5 \cdot 10^{-2}$ МН/м^3); H – глубина разработки, м; $S_к$ – площадь поперечного сечения столба пород подработанного массива, приходящегося на целик или на единицу его длины, м.

4.3.4. Нагрузку на единицу длины ленточного междукамерного целика определяют из следующего выражения (см. рис. 4):

$$P_ф = (A + X)\gamma H , \qquad (11)$$

где A – ширина камеры-лавы (камеры), м;

X – ширина междукамерного целика, м.

4.3.5. Нагрузку на столбчатый междукамерный целик определяют из следующей формулы (см. рис. 5):

$$P_ф = (A + Y)(b + X)\gamma H , \qquad (12)$$

где A и b – соответственно ширина поперечной и продольной камер, м;

X и Y – соответственно ширина и длина столбчатого междукамерного целика, м.

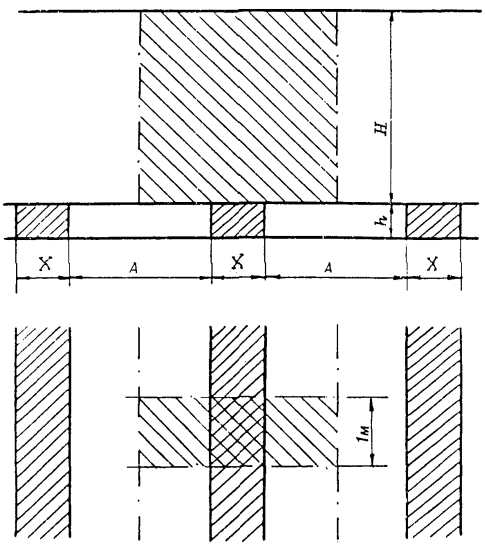

Рис.4.Схема нагружения ленточного междукамерного целика.

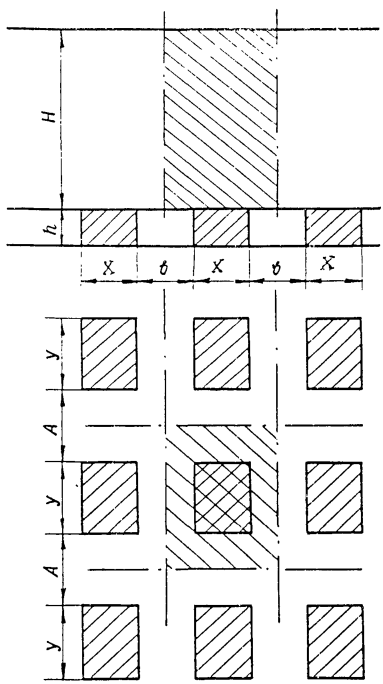

Рис.5. Схема нагружения столбчатого междукамерного целика.

4.3.6. Фактическая полная нагрузка на единицу длины одиночного целика, оставленного в выработанном пространстве (рис. 6), складывается из веса P_1 породного столба над целиком, веса 2 P_2 призм, зависших над целиком необрушенных пород, и части веса 2 P_3 обломившихся породных консолей, опирающихся с одной стороны на массив над целиком, а с другой – на обрушенные породы, т.е.

$$P_ф = P_1 + 2\,(P_2 + k_н\,P_3)\,, \qquad (13)$$

где $k_н$ – коэффициент, показывающий, какая доля веса P_3 принимает участие в нагружении целика.

4.3.7. Величина P_1 зависит от ширины X целика, глубины H горных работ и объемного веса γ пород налегающей толщи

$$P_1 = \gamma H X$$

4.3.8. Значение величины P_2 вычисляют исходя из угла w отклонения поверхности излома пород от плоскости, нормальной напластованию пород массива и глубины разработки H

$$P_2 = 0{,}5\gamma H^2 tgw$$

4.3.9. Нагрузку P_3 определяют исходя из длины l_o обломившихся породных блоков и угла их поворота при оседании. Длина этих блоков равна величине шага периодических осадок пород налегающей толщи. На Ленинградском месторождении горючих сланцев величина l_o изменяется в пределах 10-14 м, составляя в среднем – 12 м.

Что касается угла поворота породных блоков, то он для условий разработки пласта горючего сланца с управлением кровлей обрушением составляет примерно 6° (максимальная величина – в камерах-лавах и в лавах с закладкой эта величина будет меньше). Поскольку влияние поворота обломившихся блоков на нагружение целика учитывается множителем $\cos^2 6°$ к их длине, то в данном случае при указанной величине поворота блоков его влияние на нагружение целика незначительно, поэтому это влияние можно не учитывать.

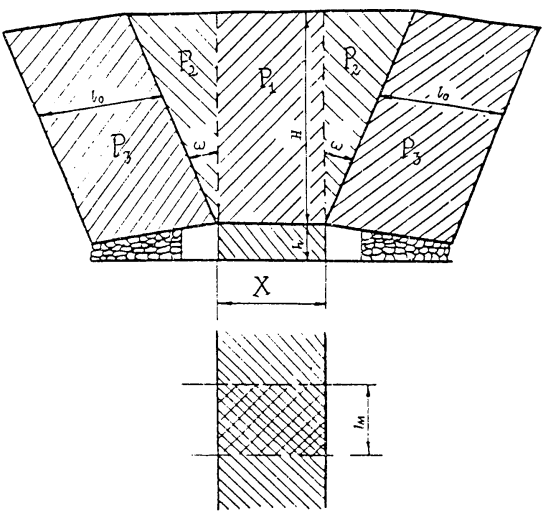

Рис.6. Схема нагружения ленточного одиночного целика, оставленного в выработанном пространстве (барьерный, междулавный, междублоковый и др.).

В связи со сказанным можно считать, что на целик воздействует половина веса обломившихся консолей, т.е. величину $k_н$ в формуле (13) нужно принимать равной 0,5. Тогда вес P_3 обломившихся консолей определяем из следующего выражения

$$P_3 = \gamma H l_o$$

4.3.10. Подставляя значения величин P_1, P_2, P_3 и $k_н$ в формулу (13), после необходимых преобразований получим выражение для вычисления нагрузки на единицу длины ленточного одиночного целика, оставленного в выработанном пространстве

$$P_ф = (X + l_o + Htgw)\ \gamma H \qquad (14)$$

4.3.11. В соответствии со схемой нагружения целика, служащего для охраны горной выработки, расположенной на границе с выработанным пространством, нагрузку на единицу его длины определяют по следующей формуле (рис. 7)

$$P_ф = 0{,}5\ (2X + B + l_o + Htgw)\ \gamma H \qquad (15)$$

где B – ширина выработки, охраняемой целиком, м.

4.3.12. Расчет целиков, служащих для охраны главных и панельных штреков, производят исходя из ряда факторов. Исследованиями ВНИМИ установлено, что зона опорного давления на сланцевых шахтах распространяется в глубь массива на расстояние, не превышающее $2l_o$, однако заметное влияние опорного давления на нагружение краевой части массива не превышает величины l_o. В связи с этим при многоштрековой подготовке выемочных участков (панелей) следует рассчитывать лишь крайние целики, непосредственно примыкающие к выработанному пространству, а ширину целиков между штреками принимать равной 4-6 м. Расчетную нагрузку на единицу длины такого целика необходимо определять также по формуле (15).

Определение несущей способности целиков.

4.3.13. Несущая способность целика зависит, прежде всего, от прочности слагающих пород, его структуры, размеров и формы. Вследствие реоло-

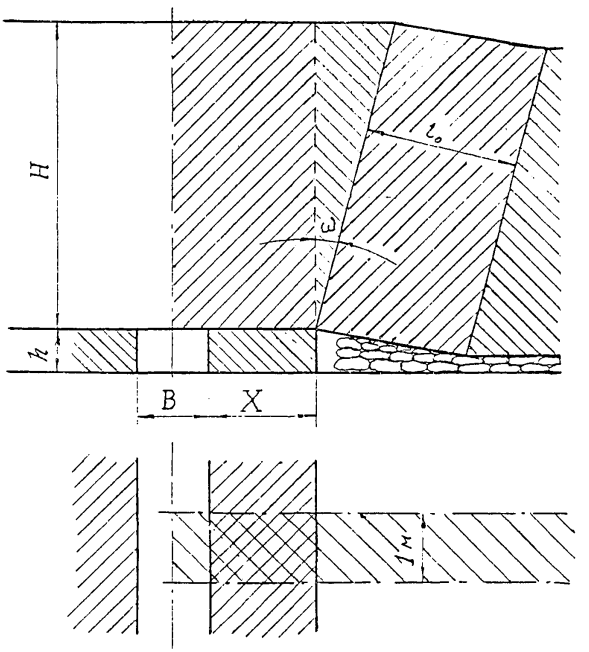

Рис.7. Схема нагружения охранного целика.

гических процессов, происходящих в горных породах под воздействием длительных нагрузок, несущая способность целика снижается во времени. В связи с этим расчеты необходимо производить с учетом длительной прочности материала, слагающего целик.

4.3.14. Несущая способность целика, как показали исследования на образцах, а также натурные испытания горных пород, зависит от его формы в плане и разрезе и от соотношения размеров. Степень изменения прочности целика в зависимости от соотношения размеров определяется коэффициентом $k_ф$ формы, представляющим собой отношение прочности данного целика к прочности целика кубической формы. Для условий Ленинградского месторождения горючих сланцев величину коэффициента формы следует определять из выражения

$$K_ф = u + \nu \frac{X - q}{h}, \qquad (16)$$

где u и ν - параметры, зависящие от свойств горных пород, слагающих целик; для пород промышленного пласта горючих сланцев u =0,70; ν= 0,30;

q – суммарная ширина зон разрушения стенок целика взрывами шпуровых зарядов (по 0,3 м с каждой стороны целика), равная 0,6 м;

h – высота целика, м.

Прочность целика возрастает также с увеличением отношения его длинной стороны Y к ширине. Однако это увеличение существенно лишь для высоких целиков с $(X-q)/h<1$. В рассматриваемых условиях применение таких целиков не рекомендуется, поэтому в расчетах влияние длины целика на его прочность не учитывается.

4.3.15. Характер изменения прочности карбонатных пород пласта горючего сланца и кровли во времени с достаточной точностью описывается эмпирической формулой

$$k_t = \alpha + \beta \left(\frac{1}{1+t} \right)^m, \qquad (17)$$

где k_t – коэффициент длительной прочности, представляющий собой отношение нагрузки $P_ф$, действующей на целик, к его условно-мгновенной прочности $P_н$. Отношение $P_ф/P_н$ является относительной нагрузкой целика, или степенью его нагружения; α, β и m – эмпирические параметры, отражающие свойства пород (α=0,44; β=0,56 и m=0,60);t – время существования целика или кровли камеры, мес.;1 – измеряется в единицах времени, мес.

Предельные значения коэффициента k_t при $t = 0$; $k_t = 1$; при $t \to \infty$ $k_t = 0{,}44$.

4.3.16. Длительную прочность пород ордовика при сжатии следует определять из выражения

$$R_t = k_t R_o \ , \qquad (18)$$

где R_o – условно-мгновенная «кубиковая» прочность пласта горючего сланца Ленинградского месторождения в массиве, равная 18 МПа.

Предел длительной прочности пласта составляет $R_\infty = 7{,}9$ МПа.

4.3.17. Ленточные целики прорезают, как правило, поперечными выработками (сбойками), что уменьшает их расчетную площадь и соответственно несущую способность, поэтому необходимо в расчетную формулу вводить коэффициент k_s ослабления целика поперечными выработками. Величину этого коэффициента для выработок шириной 4-5 м определяют из графика рис 8.

4.3.18. На основании вышеизложенного несущую способность целика следует определять из следующего выражения

$$P_н = k_s k_t k_ф R_o S \, , \qquad (19)$$

где S – расчетная площадь поперечного сечения столбчатого или единицы длины ленточного целика, м^2.

4.3.19. С учетом сказанного длительную несущую способность единицы длины ленточного целика следует определять из следующего выражения

$$P_н = \frac{k_s k_t \nu R_o}{h}\left[X^2 + \left(\frac{uh}{\nu} - 2q\right)X - q\left(\frac{uh}{\nu} - q\right)\right], \qquad (20)$$

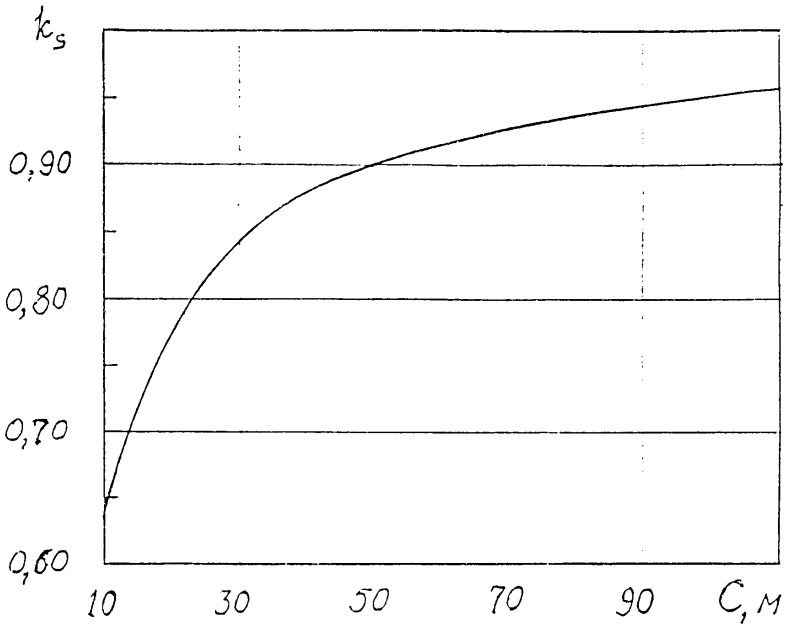

Рис.8. Зависимость коэффициента k_s ослабления целика поперечными выработками от расстояния C между ними.

где использованы те же обозначения величин, что и в ранее приведенных формулах.

4.3.20 Длительную несущую способность столбчатого целика определяют из выражения

$$P_н = \frac{k_t \nu R_o (Y-q)}{h}\left[X^2 + \left(\frac{uh}{\nu} - 2q\right)X - q\left(\frac{uh}{\nu} - q\right)\right], \qquad (21)$$

Расчетные формулы для определения ширины целиков

4.3.21. Расчет целиков различного назначения осуществляют исходя из положений, изложенных в предыдущих подразделах. Для этого в основное уравнение (9) подставляем значения величин $P_ф$ и $P_н$ из выражений (11), (12), (14), (15), (20) и (21). Решая полученные уравнения относительно ширины целика X (или x), получим выражения для расчета ширины целиков различного назначения.

4.3.22. Ленточный междукамерный целик

$$X^2 - \left[\frac{n_ц h\gamma H}{k_s k_t \nu R_o} - \left(\frac{uh}{\nu} - 2q\right)\right]X - \left[\frac{n_ц hA\gamma H}{k_s k_t \nu R_o} + q\left(\frac{uh}{\nu} - q\right)\right] = 0 \qquad (22)$$

4.3.23. Столбчатый междукамерный целик

$$X^2 - \left[\frac{n_ц h\gamma H(A+Y)}{k_t \nu R_o (Y-q)} - \left(\frac{uh}{\nu} - 2q\right)\right]X - \left[\frac{n_ц hb\gamma H(A+Y)}{k_t \nu R_o (Y-q)} + q\left(\frac{uh}{\nu} - q\right)\right] = 0 \qquad (23)$$

4.3.24. Одиночный целик, оставленный в выработанном пространстве (а также междублоковый, междулавный и пр.).

$$X^2 - \left[\frac{n_ц h\gamma H}{k_s k_t \nu R_o} - \left(\frac{uh}{\nu} - 2q\right)\right]X - \left[\frac{n_ц h\gamma H}{k_s k_t \nu R_o}(l_o + Htgw) + q\left(\frac{uh}{\nu} - q\right)\right] = 0 \qquad (24)$$

4.3.25. Целик, служащий для охраны выработок, расположенных на границе с выработанным пространством.

$$X^2 - \left[\frac{n_ц h\gamma H}{k_s k_t \nu R_o} - \left(\frac{uh}{\nu} - 2q\right)\right]X - \left[\frac{0{,}5 n_ц h\gamma H}{k_s k_t \nu R_o}(B + l_o + Htgw) + q\left(\frac{uh}{\nu} - q\right)\right] = 0 \qquad (25)$$

Результаты расчетов целиков

4.3.26. Для удобства практического пользования размеры целиков различного назначения, рассчитанные по приведенным выше формулам, даны в

виде графиков (рис. 9, 10 и 11) в зависимости от глубины разработки (ширины горных выработок).

При расчете целиков приняты следующие исходные данные. Средний объемный вес пород налегающей $\gamma=2{,}5\cdot10^{-2}$ МН/м^3. Угол излома пород налегающей толщи $w=19^{\circ}$. Суммарная ширина зон нарушения стенок целика взрывами шпуровых зарядов $q=0{,}6$ (по 0,3 м с каждой стороны целика). Величина шага периодических обрушений (оседаний) пород подрабатываемого массива $l_o=12$ м. Высота междукамерных, междулавных и барьерных целиков при очистной выемке горючего сланца $h=1{,}7$ м; высота целиков, служащих для охраны главных и панельных откаточных и вентиляционных штреков $h=2{,}6$ м. Ширину A камер-лав при расчете междукамерных целиков приняли равной 22, 26, 30 и 34 м. Ширину B главных и панельных штреков, расположенных на границе с выработанным пространством, приняли равной 6 м.

Коэффициент k_s ослабления ленточного целика пройденными в нем поперечными выработками приняли равным 0,9. Коэффициент запаса при расчете междукамерных целиков принят $n_ц=1{,}1$; при расчете междулавных, барьерных, промежуточных целиков $n_ц=1{,}2$; при расчете охранных целиков $n_ц=1{,}4$.

Условно-мгновенная «кубиковая» прочность R_o пласта горючего сланца в массиве принята равной 18 МПа. Коэффициент k_t длительной устойчивости целика рассчитан по формуле (17). Срок службы междукамерных целиков приняли равным два года, соответственно $k_t=0{,}52$; срок службы междублоковых, междулавных и промежуточных целиков принят равным 3 года, соответственно $k_t=0{,}50$.

Срок службы целиков, служащих для охраны главных и панельных штреков составляет десятки лет, поэтому при их расчете принимали предельную величину коэффициента длительной прочности при $t\to\infty$ $k_t=0{,}44$.

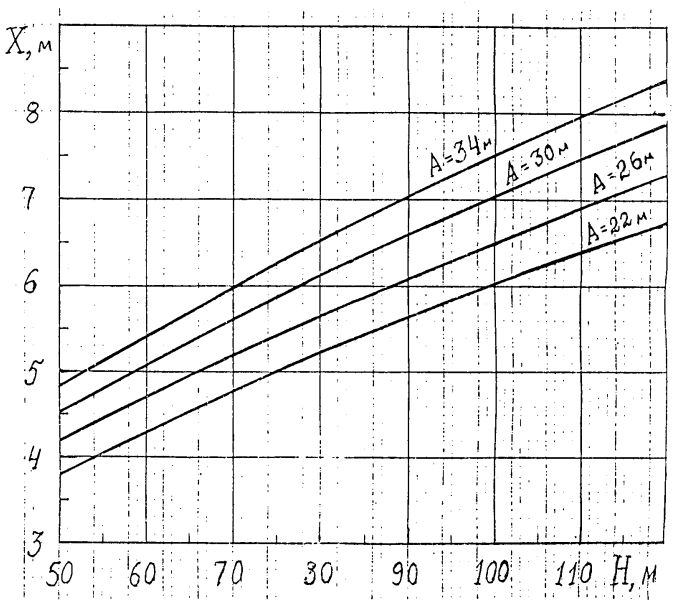

Рис.9. Зависимость ширины междукамерных целиков от глубины разработки и ширины А камеры-лавы.

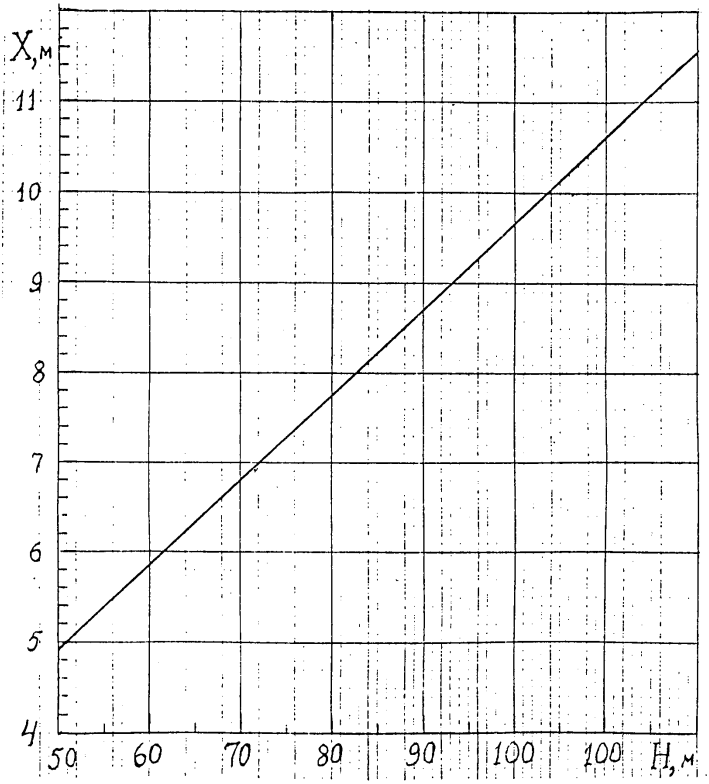

Рис.IO. Зависимость ширины одиночного целика от глубины разработки.

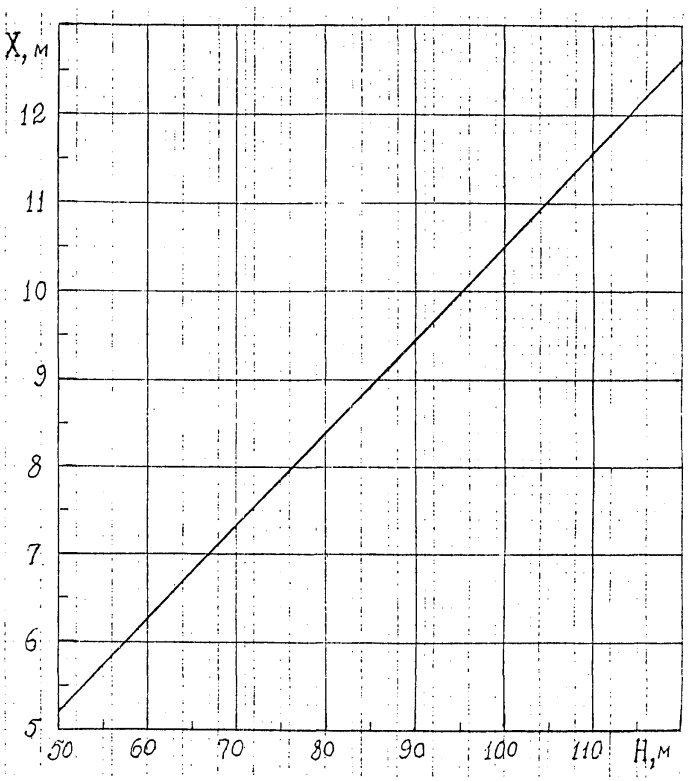

Рис.II. Зависимость ширины охранного целика от глубины разработки.

5. УПРАВЛЕНИЕ КРОВЛЕЙ ОБРУШЕНИЕМ

5.1. Способ управления кровлей полным обрушением рекомендуется при вынимаемой мощности пласта 1,6-1,9 м. При буровзрывной технологии отбойки пласта поддержание пород кровли и налегающей толщи пород следует осуществлять гидрофицированными посадочными крепями. Ширина призабойного пространства при погрузке горной массы струговой установкой, работающей в погрузочно-доставочном режиме – составляет 4,5 м, при использовании погрузочной машины типа 1ПНБ-2 – 6,0 м.

5.2. В нормальных горно-геологических условиях кровля по совокупному состоянию ее типов по устойчивости и по нагрузочным свойствам относится к трудноуправляемым.

5.3. Кровля в призабойном пространстве в зависимости от сопротивления крепи может находиться в различных состояниях, которые при подвигании лавы или развиваются последовательно, переходя из одного в другое, или изменяются незначительно. Эти состояния кровли в зависимости от величины ее опускания (наклона) на линии посадочного ряда крепи разделены на классы (табл. 6), в которых отражены характерные признаки каждого из классов кровли. Величины наклонов кровли, приведенные в табл. 6, рекомендованы в качестве основного показателя оценки состояния кровли и условий ведения горных работ в очистных забоях при выемке пласта на Ленинградском месторождении горючих сланцев.

5.4. Наличие в лаве отдельных участков с развитой трещиноватостью в нижнем слое непосредственной кровли, обуславливающее обрушение пород в призабойном пространстве, но без существенного изменения наклона кровли на линии посадочного ряда, не является причиной изменения типа кровли. Для таких участков в паспорте крепления и управления кровлей должны быть предусмотрены мероприятия по усилению крепления кровли (установка дополнительных стоек под верхняки, применение анкерной крепи). Если указанные меры в условиях кровли с развитой трещиноватостью не обеспечива-

ют безопасность работ в лаве, то ее нижние слои подлежат обязательному принудительному обрушению.

5.5. Посадочные или механизированные крепи по силовым параметрам должны соответствовать типу основной кровли по нагрузочным свойствам, а также удовлетворять условию применимости типоразмера крепи при учете колебаний мощности пласта и сближения боковых пород. Необходимое сопротивление крепи на границе призабойного пространства следует принимать при его ширине 4,0-4,5 м – 2,0-2,3 МН/м, при 6,0 м -3,0-3,3 МН/м. Приведенные силовые параметры крепей рекомендуются для лав длиной $2L_o$ и более (при глубине горных работ H=50 м длина лавы – 65 м и более, при H=60 м – 75 м. При H=70 м – 90, при H=80 м – 100 и при H=90 м – 110 м.

При буровзрывном способе выемки сланца и применяемом оборудовании оптимальная длина лавы составляет 100-110 м.

5.6. Расстановку посадочной крепи необходимо производить с учетом ее неравномерного нагружения по длине лавы. В лаве длиной 100 м при ширине призабойного пространства 6,0 м сопротивление крепи по отдельным ее участкам рекомендуется следующим:

- на участках длиной по 10 м, примыкающих к целикам – 0,18 МН/м^2 (1,08 МН/м);
- на участках, расположенных на расстоянии 10-25 м от целиков 0,28 МН/м^2 (1,68 МН/м);
- на участках, расположенных на расстоянии 25-35 м от целиков – 0,45 МН/м^2 (2,7 МН/м);
- в средней части лавы – 0,55 МН/м^2 (3,3 МН/м).

При данных параметрах сопротивления крепи ширина призабойного пространства не должна превышать проектную более, чем на 0,3 м.

Таблица 6

Состояние пород в длинном очистном забое в зависимости от величины наклона кровли

Класс кровли	Наклон кровли на линии посадочно-го ряда, мм/м	Состояние кровли в призабойном пространстве лавы	Характерные признаки состояния кровли	Условия ведения горных работ
1	Менее 15	Устойчивое	Эпизодическое обрушение отдельных кусков пород нижнего слоя непосредственной кровли при ее перебуривании или при прохождении забоем зоны влияния карстовых нарушений	Благоприятные
2	16-25	Средней устойчивости	Шелушение и коржение пород нижнего слоя непосредственной кровли. Периодическое образование продольных трещин различной протяженности, усиливающееся при прохождении забоем зоны влияния карстовых нарушений	Удовлетворительные
3	26-30	Неустойчивое	Постоянное образование в нижнем слое непосредственной кровли поперечных и продольных трещин различной протяженности; обыгрывание призабойной, анкерной и посадочной крепи породами кровли и обрушение последней в призабойном пространстве; проявление заколов вдоль забоя в непосредственной кровле, обусловленное обрушением пород основной кровли, в отдельных случаях посадка крепи нажестко	Неблагоприятные
4	Более 30	Весьма неустойчивое	Постоянное образование заколов вдоль забоя в непосредственной и основной кровле; опускание последних может привести к посадке крепи нажестко на значительных участках лавы	Тяжелые

5.7. Для снижения динамических нагрузок на крепь, локализации ударной воздушной волны при первом обрушении основной кровли следует прово-

дить ее разупрочнение путем образования в ней разгрузочной щели взрывным способом. Для этого при отходе забоя от целика на расстояние 20-30 м в средней части лавы, протяженностью 30-40 м, на границе с посадочной крепью в кровлю бурятся шпуры длиной порядка 5 м и с интервалом через 3,0-3,5 м. Наклон шпуров в сторону выработанного пространства должен быть 20-25°, а величина заряда в шпуре 1,5-1,8 кг.

5.8. Для поддержания кровли в призабойном пространстве лавы следует использовать гидравлические стойки с рабочим сопротивлением 0,2 МН. При расчете плотности призабойной крепи нужно учитывать, что половину веса непосредственной кровли воспринимает посадочная крепь. Плотность крепи *П* определяют по формуле:

$$П = \frac{\gamma_н h_н}{2 k_р R_к} , \qquad (26)$$

где γ - объемный вес пород непосредственной кровли МН/м^2; $h_н$ – мощность непосредственной кровли , м; $k_р$ – коэффициент условий работы крепи, учитывающий неравномерность ее нагружения (принимаемый равным 0,75); $R_к$ – рабочее сопротивление стойки, МН.

5.9. Призабойную крепь следует устанавливать, как правило, в два ряда. Она должна иметь такую же рабочую характеристику, что и основная крепь.

5.10. При остановке работ в лавах отрабатываемых буровзрывным способом на сутки и более, ширина призабойного пространства должна быть сокращена до минимальной, особенно, если величина подвигания забоя лавы близка к предельному пролету основной кровли (при отходе от разрезной печи) или если длина консоли основной кровли близка к шагу ее очередной осадки.

5.11. Из существующих крепей, серийно выпускаемых промышленностью, в очистных забоях должны применяться механизированные гидрофицированные крепи КП-350 и «Спутник», специально отрегулированная на сопротивление 1,2 МН на стойку

6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО БЕЗОПАСНОМУ УПРАВЛЕНИЮ КРОВЛЕЙ И КОНТРОЛЮ ЗА СОСТОЯНИЕМ КРОВЛИ И КРЕПИ

6.1. Расстояние между рядами крепи в камерах-лавах принимается равным глубине вруба, которое для принятой технологии выемки пласта составляет 1,9 м. Расстояние между стойками в ряду нужно выбирать в зависимости от диаметра крепежного леса, руководствуясь табл. 5 и п. 4.2.3. Первый ряд основной крепи устанавливается на расстоянии не более 1,5 м от заднего целика. При выемке последнего цикла временные стойки крепи устанавливают через каждые 2 м и на расстоянии 2 м от забоя.

Дополнительные ряды крепи устанавливают в средней части камеры одновременно с основными в период отработки этих участков. Расстояние между стойками в дополнительных рядах такое же, как и в основных, но по длине дополнительные ряды не доводятся до бортовых целиков на 15 м. В случае выемки пласта без оставления междублоковых целиков дополнительные ряды крепи пробиваются на всю длину камеры-лавы. Стойки диаметром 0,12-0,13 м могут применяться для крепления кровли по всей ширине камер-лав на участках длиной не более 15 м, прилегающих к целикам бортовых штреков и в первых двух рядах стоечной крепи у заднего междукамерного целика. Стойки устанавливаются рядом, по две вместе под один верхняк или каждая под отдельный верхняк в случае неровности кровли и разной толщины последнего.

6.2. Деревянные стойки крепи камер должны устанавливаться с верхняками, назначение которых заключается, прежде всего, в придании крепи необходимой податливости. Минимально необходимая величина податливости крепи в камерах должна быть близкой к максимальному прогибу основной кровли на момент отработки камеры, достигающему 40 мм. При отсутствии такой податливости крепь может быть преждевременно поломана. Верхняки необходимо изготавливать из дерева мягких пород (ель, сосна, осина и

т.п.). В качестве верхняков могут применяться обрезки досок, горбылей, распилов, расколотых рудничных стоек. Допускается использовать составные (не более чем из двух частей) верхняки. Толщина верхняков должна быть 4-6 см, длина – 25 см и ширина – не менее диаметра стойки. При подрывке кровли до высоты более 2,3 м стойки крепи устанавливаются на деревянные подкладки, имеющие те же размеры, что и верхняки.

6.3. Установку постоянной крепи в камере следует производить после отгрузки горной массы вслед за передвижкой конвейера. По мере продвижения погрузочной машины необходимо через 3 м устанавливать стойки временной крепи.

При повышенной и средней устойчивости кровли отставание временной крепи от места погрузки горной массы не должно превышать 20 м. Отставание постоянной крепи от забоя лавы допускается до 5 м, а перед производством подрубки лавы оно не должно превышать 3 м.

При ведении очистных работ на участках с пониженной устойчивостью кровли, дополнительно поддерживаемой анкерной крепью, отставание постоянной крепи от забоя лавы допускается до 4,5 м, а перед подрубкой лавы и взрывными работами – 2,5 м. В этом случае отставание временной крепи от места погрузки горной массы не должно превышать 15 м. Такие же требования по установке и отставанию временной крепи следует соблюдать и в лавах с полным обрушением кровли при погрузке горной массы погрузочной машиной.

Подрубку пласта врубовой машиной в камере-лаве можно производить лишь после установки постоянной крепи с отставанием от места ее возведения не менее 10 м, а в лавах с полным обрушением кровли после передвижки посадочной крепи на глубину вруба.

6.4. Отработку камерами-лавами смежных блоков без оставления междублоковых целиков для предотвращения возможных обрушений кровли в бортовых штреках, поддерживаемых на границе с ранее отработанными бло-

ками, следует осуществлять по одному из двух вариантов. Первый вариант предполагает располагать камеры в смежных блоках не соосно, а со смещением осей с таким расчетом, чтобы расстояние по нормали между ближайшими стенками целиков соседних камер в смежных блоках не превышало 0,6 ширины камеры. Во втором варианте – при соосном расположении камер в смежных блоках – у бортового штрека отрабатываемой камеры, примыкающей к ранее отработанной, нужно оставлять параллельный бортовому штреку целик шириной не менее 3 м. Он может примыкать к переднему междукамерному целику. Однако во всех случаях расстояние между его торцом и стенкой заднего целика не должно превышать 0,6 ширины камеры.

При последовательной отработке блоков камер-лав в панели междублоковые целики должны оставляться через каждые два смежных блока.

6.5. При выемке пласта камерами-лавами охрана бортового штрека для повторного его использования осуществляется деревянной стоечной крепью: в средней части камеры, равной 1/3 ее пролета, устанавливаются три стойки на 1 м длины штрека, а на смежных участках – две стойки. При этом два ряда крепи в отработанной камере-лаве, прилегающие к охраняемому штреку, не извлекаются для повторного использования. Ширина этого бортового штрека не более 3,5 м, а диаметр стоек крепи не менее 0,16 м. В лавах с полным обрушением кровли охрана сборного штрека в выработанном пространстве на участке, равном длине перекачного конвейера, осуществляется органной деревянной крепью. Ширина штрека должна быть не более 3 м.

6.6. После отработки пары камер крепь из них можно частично извлекать. Эту операцию необходимо выполнять в течение двух недель с момента окончания в них очистных работ.

6.7. Контроль за смещениями кровли в отрабатываемых камерах следует осуществлять с помощью контрольно-измерительных стоек, устанавливаемых при отходе лав от целика на расстояние (0,5А+2) м, в 3-4 м от их забоев (А – проектная ширина камеры, м). Первоначальный отсчет на стойке

задается величиной 15 мм, соответствующей среднему смещению кровли в этой точке на момент установки стойки. В одинарных камерах-лавах с оставлением междублоковых целиков стойку следует устанавливать вблизи ее середины, при поддержании бортового штрека на границе с выработанным пространством органной крепью в лавах длиной до 70 м – в 10 м от органной крепи. При длине лавы более 70 м стойка дополнительно устанавливается в середине ее длины. В спаренных камерах-лавах стойка устанавливается в каждой камере в 10 м от оси сборного штрека, а при охране бортовых штреков органной крепью одна стойка устанавливается в любой из лав в 10 м от оси сборного штрека и по одной стойке в каждой лаве в 10 м от органной крепи бортового штрека.

При отработке пласта тройными камерами-лавами контрольные стойки устанавливается в 10 м от оси сборного штрека в каждой камере и по оси промежуточного бортового штрека. Кроме того, в случае повторного использования бортовых штреков устанавливается еще по одной стойке в 10 м от органной крепи.

6.8. Общее состояние кровли камер следует оценивать по наклону кровли, состоянию крепи и среднесуточной скорости смещения кровли. Внешне хорошее состояние непосредственной кровли не является показателем ее хорошей устойчивости, так как до самого обрушения на ней могут не проявляться видимые следы обрушения.

6.9. Критерием оценки состояния кровли камеры является ее наклон ($^{o}/_{oo}$ или мм/м), под которым понимают отношение величины смещения кровли в данной точке к горизонтальному расстоянию ее до ближайшей опоры (целика, забоя). Вблизи середины пролета камеры допустимый наклон кровли составляет 4 мм/м; критический наклон кровли – 6 мм/м. Допустимые и критические смещения кровли на середине пролета камеры находят умножением указанных значений наклона на величину ее полупролета.

При управлении кровлей полным обрушением допустимый наклон кровли на линии посадочного ряда должен составлять 15 мм/м, а критиче-

ский 25 мм/м. При достижении критического наклона кровли следует принять меры по его снижению путем увеличения сопротивления крепи.

6.10 Визуально состояние кровли в камере весьма надежно и своевременно можно определить по поведению крепи в центральных частях камеры. Нормальное состояние кровли характеризуется отсутствием поломанных стоек, за исключением отдельных стоек, рассредоточенных по всему выработанному пространству камеры, а не сконцентрированных на каком-либо участке. Появление поломанных стоек и их непрерывное увеличение в средней части камеры при полном смятии верхняков на соседних с ними стойках, является признаком критического состояния кровли. Чаще всего разрушение крепи происходит сначала на участках ограниченных размеров (по длине камеры до 40 м и по ширине до 10 м) в центральных частях камер в районе сборного штрека. Если в одном месте в средней части пролета камеры на участке площадью 80 $м^2$ и менее поломано свыше 30% стоек, очистные работы в ней должны быть прекращены. Это указание не касается поломок стоек вследствие действия гидронапора, что будет рассмотрено ниже.

6.11. Состояние кровли и крепи в камере-лаве по условиям безопасности работ следует считать нормальным, если скорость смещения кровли в середине ее пролета при очистной выемке пласта составляет 2,5-3,5 мм/сут. (максимальная – 4,5 мм/сут.), а после отработки камеры – 1,0-1,5 мм/сут. При скорости смещения кровли в отработанной камере 5-6 мм/сут. – начинает интенсивно смещаться и пригружать крепь основная кровля, поэтому следует немедленно демонтировать оборудование из камеры. При смещениях кровли 8-10 мм/сут. и более кровля обрушается через 0,5-2 суток.

6.12. При отработке пласта камерами со столбчатыми междукамерными целиками шириной 6 м и более необходимо устанавливать контрольные деревянные стойки примерно на середине их сопряжений. Расстояние (опережение) между очистным забоем и участком, где производится извлечение крепи из отработанных камер, не должно превышать 40 м.

6.13. При выемке пласта камерами следует вести постоянный контроль за соблюдением проектных размеров камер и целиков. Если размеры междукамерных целиков в каком-либо ряду окажутся меньше проектных, то при оформлении следующего ряда это уменьшение должно быть компенсировано соответствующим увеличением размеров его целиков.

6.14. Отработку пласта горючего сланца с полным обрушением кровли следует вести одинарными и сдвоенными лавами с транспортировкой на один сборный штрек. Опережение между сдвоенными лавами должно быть не более 10 м.

6.15. В лавах с полным обрушением кровли общее количество временно неработающих гидростоек посадочной и призабойной крепи не должно превышать более 5% от объема, принятого в паспорте выемочного участка. При этом сосредоточение неработоспособных гидростоек крепи по длине лавы не должно превышать размеров, занимаемых двумя секциями крепи. Настройка предохранительных клапанов типа ГВТН10-01 должна проверяться не реже одного раза в три месяца. Поверке подвергается не менее 20% от общего количества предохранительных клапанов, установленных на крепи в очистном забое.

6.16. В лавах с полным обрушением кровли допускается увеличение ширины призабойного пространства не более чем на 0,3 м. При этом принятое сопротивление крепи для данной лавы не изменяется.

6.17. Образующиеся при проходке нарезных выработок вблизи карстовых нарушений заколы в дальнейшем затрудняют отход очистного забоя от нарушенных участков. При наличии зависшей нарушенной пачки слоев пород кровли отход очистного забоя от разрезного штрека возможен и безопасен при соблюдении следующих условий.

На первом цикле отхода лавы от разрезного штрека отслоившуюся консоль нужно подрывать вместе с пластом сланца. Отслаивающиеся породы необходимо крепить анкерами, устанавливаемыми вдоль забоя с интервалом

не более 1,5 м. Перед производством следующего вруба необходимо устанавливать ряд анкеров с тем же интервалом непосредственно у забоя. Уборка горной массы в таких местах должна осуществляться короткими участками длиной не более 6 м. Уборку горной массы на следующем участке разрешается производить только после завершения работ по креплению кровли анкерами на предыдущем. Указанные меры необходимо соблюдать до тех пор, пока забой пройдет нарушенную зону и удалится от нее не менее чем на 6 м.

6.18. Слои пород в кровле очистных выработок, разбитые трещинами на мелкие блоки, которые невозможно удержать анкерной крепью, следует отрабатывать совместно с пластом.

6.19. В случае появления заколов и вывалов при проходке бортовых штреков вдоль карстовых нарушений указанные штреки должны быть отнесены от карста с таким расчетом, чтобы зона дробления осталась в целике. Если в кровле бортовых штреков имеются заколы и вывалы, то при ведении очистных работ у таких нарушений в лаве может быть оставлен околоштрековый целик, ширина которого определяется величиной зоны нарушения. Минимальная ширина целика составляет 3 м.

6.20. Отработка камер существенно осложняется при наличии в полостях между слоями непосредственной кровли скоплений напорной воды. Напор в таких водяных «мешках» достигает $7 \cdot 10^{-2}$ МПа, а при ведении горных работ в районе разведочных и специальных скважин, забитых в основании породой - $25 \cdot 10^{-2}$ МПа. Наличие в кровле напорной воды приводит к значительному (в 2-4 раза) увеличению нагрузок на крепь. При подработке очагов напорной воды процесс оседания кровли, деформирования и разрушения крепи в камерах развивается весьма интенсивно. В течение суток скорости смещения кровли на середине пролета камеры возрастают до 30 мм/сут. и более, (при средней нормативной скорости 3 мм/сут.), заметно увеличивается смятие верхняков, происходит интенсивное разрушение стоек, а через 1-2

сут. кровля может обрушиться. Такие явления наблюдают при любом пролете камеры. Зоны подобных нарушений имеют размеры до 30х60 м.

6.21. Во всех случаях внезапного возрастания нагрузок на крепь и смещений кровли камер необходимо немедленное бурение дренажных шпуров глубиной не менее 2 м с таким расчетом, чтобы они пересекали вторую водопроводящую плоскость. Дренажные шпуры в этом случае следует бурить в местах поломки стоек и сильного сжатия верхняков. После дренирования кровли и замены поврежденной крепи работы в камере могут продолжаться по обычной технологии

6.22. В процессе отработки камер следует проводить профилактический дренаж. Для этого, по мере отхода лавы от целика, следует бурить в кровлю каждой камеры по два шпура глубиной не менее 2 м. Шпуры следует располагать в 10-12 м от оси сборного штрека. Первый шпур бурится при подходе очистного забоя на расстояние 3 м от середины проектного размера камеры, второй шпур – при удалении забоя на 3 м от ее середины. На участках камер-лав, расположенных в зоне влияния карста, в разрезных штреках до начала очистных работ дренажные шпуры следует бурить через каждые 5 м по оси штрека, а на участках с мульдообразными прогибами кровли и почвы – в зоне максимальных ее прогибов через каждые 2 м по мере подвигания забоя. Глубина шпуров не менее 2 м. При расположении в междукамерном целике незатампонированной скважины дренажные шпуры следует бурить глубиной не менее 2 м в кровлю и не менее 1 м в почву пласта в зоне влияния действия гидронапора.

gost.e-ecolog.ru