Министерство угольной промышленности СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА (ВНИМИ)

УКАЗАНИЯ

ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ПРИ СЛОЕВОЙ ВЫЕМКЕ МОЩНЫХ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Ленинград
1975

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА (ВНИМИ)

УКАЗАНИЯ

ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ПРИ СЛОЕВОЙ ВЫЕМКЕ МОЩНЫХ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Ленинград
1975

УДК 622.831.24:622.274.523:622.33

Указания по совершенствованию управления горным давлением при слоевой выемке мощных пологих пластов с применением механизированных комплексов. Л., 1975. (Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела).

Настоящие «Указания. . .» составлены на основе обобщения и анализа результатов исследований проявлений горного давления и особенностей сдвижения пород при выемке мощных пологих угольных пластов наклонными слоями с применением механизированных комплексов, проведенных ВНИМИ, а также другими институтами МУП СССР, главным образом, в Кузнецком, Карагандинском и Челябинском бассейнах. Они содержат предложения по повышению устойчивости кровли в нижних слоях, по выбору типов и совершенствованию параметров механизированных крепей, по выбору способов подготовки и отработки выемочных полей, обеспечивающих благоприятные условия поддержания подготовительных выработок с учетом увязки горных работ в слоях.

Работа предназначена для специалистов, занимающихся вопросами разработки мощных пологих пластов.

«Указания. . .» рассмотрены и одобрены секцией горного давления Ученого совета ВНИМИ, согласованы в комбинатах «Южкузбассуголь», «Карагандауголь», «Кузбассуголь» и «Челябинскуголь», одобрены институтом КНИУИ и утверждены Техническим управлением Минуглепрома СССР.

Ил. 12, табл. 1, библиогр. 15.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ). 1975.

ВВЕДЕНИЕ

Добыча угля подземным способом из мощных пологих пластов в Советском Союзе превышает 32 млн. т в год, а с учетом пластов наклонного залегания она составляет свыше 40 млн. т в год. Наибольший удельный вес добычи из мощных пологих пластов приходится на месторождения в Кузнецком, Карагандинском и Челябинском бассейнах.

Применяемые в настоящее время схемы отработки мощных пологих пластов условно можно разделить на три группы; выемка на полную мощность, отработка наклонными слоями, комбинированные способы выемки.

Системы разработки наклонными слоями являются наиболее широко применяемыми среди известных схем отработки мощных пологих пластов. Однако технико-экономические показатели этих систем со стоечной крепью были сравнительно низкими. В шестидесятых годах для отработки наклонных слоев началось широкое внедрение механизированных комплексов, созданных для пластов средней мощности. Благодаря механизации работ показатели данных систем разработки были существенно улучшены. На ближайшие годы системы разработки наклонными слоями с применением механизированных комплексов следует считать основными для условий мощных пологих пластов.

Широкое промышленное применение механизированных комплексов и в связи с этим резкое возрастание скоростей подвигания очистных забоев потребовало пересмотра ряда вопросов, касающихся параметров управления горным давлением и, в частности, таких, как обеспечение устойчивости кровли при отработке слоев под обрушенными породами, определение характеристик механизированных крепей и разработка технических требований к ним для условий наклонных слоев, компоновка горных работ во времени и пространстве в пределах выемочного поля, которая обеспечивала бы рациональные условия поддержания подготовительных выработок и исключала бы взаимное влияние очистных работ. Перечисленные вопросы несомненно возникают и при стоечной крепи, но их значимость резко возрастает с внедрением механизированных комплексов, когда даже небольшая задержка или авария вызывает существенные убытки из-за простоев дорогостоящего оборудования и потери добычи. Несмотря на это, до

настоящего времени, по существу, не приступили к решению задачи по созданию механизированных крепей и комплексов, предназначенных для специфических условий выемки мощных пологих пластов наклонными слоями, а шахты используют и приспосабливают к этому комплексы, созданные для пластов средней мощности.

Чтобы содействовать принятию правильных решений по оптимальным параметрам управления горным давлением, по выбору и созданию крепей и машин с необходимыми характеристиками, составлены настоящие «Указания по совершенствованию управления горным давлением при слоевой выемке мощных пологих пластов с применением механизированных комплексов».

«Указания...» построены на результатах исследований лаборатории горного давления на пологих пластах ВНИМИ, в проведении которых принимали участие Ф. П. Бублик, Ю. В. Громов, Ю. Н. Бычков, В. К. Корепанов, А. Е. Волков, Ю. Н. Носов, В. А. Андранович, В. П. Стеценко, Е. Н. Данилов. Использованы также материалы исследований, проводившихся ИГД им. А. А. Скочинского, КНИУИ, Уральским и Казахским филиалами ВНИМИ и КузНИУИ.

«Указания...» составили докт. техн. наук Ф. П. Бублик, канд. техн. наук Ю. В. Громов и инж. А. Е. Волков с участием канд. техн. наук Л. Н. Гапановича от ИГД им. А. А. Скочинского и канд. техн. наук Ю. А. Семенова от КНИУИ. При окончательном редактировании учтены замечания Технического управления МУП СССР, комбинатов «Южкузбассуголь», «Карагандауголь», «Кузбассуголь» и «Челябинскуголь», а также института КНИУИ.

1. ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ МОЩНЫХ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ В ОСНОВНЫХ РАЙОНАХ

1.1. В Кузнецком бассейне мощные пологие пласты разрабатываются в Томусинском и Ленинском районах. Пласты Ольжерасского месторождения в Томусинском районе залегают под углом от 5 до 18°, увеличивающимся в восточном направлении до 25—30°. Мощность пластов составляет: III — 7,5—12,0 м; IV—V — 8,3—12,2 м; VI — 4,5—6,5 м. Пласты IV—V и VI имеют толстые породные прослойки мощностью до 1,0 м и 0,8 м, соответственно. Угли пластов средней крепости, трещиноватые, прочность по натурным испытаниям на сжатие колеблется от 40 до 70—80 кгс/см^2, нижняя пачка пласта III мощностью 0,7—2,0 м имеет прочность всего около 20 кгс/см^2. Угли всех пластов относятся к коксующимся, склонны к самовозгоранию, опасны по газу и пыли. Вмещающие породы — алевролиты, песчаники, конгломераты. По пласту III местами, а по пласту VI повсеместно в непосредственной кровле имеются легкообрушающиеся породы мощностью до 0,8 м и до 1,5 м, соответственно. Прочность вмещающих пород на сжатие в образце составляет 300—800 кгс/см^2

и более. Породы кровли пластов III и IV—V склонны к зависанию и обрушению крупными блоками, а после обрушения не слеживаются.

В пределах поля шахты «Распадская» в Томусинском районе мощными являются пласт 6-6а мощностью 3,5—5,4 м и пласт 7 мощностью около 4 м. Угол падения пластов 5—15°. Прочность углей на сжатие по натурным испытаниям составляет 35—60 кгс/см^2. Угли относятся к коксующимся, опасны по газу и пыли. Вмещающие породы представлены алевролитами, песчаниками и аргиллитами прочностью на сжатие в образце от 400 до 1200 кгс/см^2.

В Ленинск-Кузнецком районе к мощным пластам относятся пласты Журинский, достигающий мощности 4,8 м, и Байкаимский — 3,8—4,5 м с углами залегания 2—12°. Угли средней крепости и крепкие, трещиноватые, с прочностью на сжатие по натурным испытаниям до 75—85 кгс/см^2, а по верхней зольной угольной пачке пласта Байкаимского до 160—200 кгс/см^2. Угли пластов склонны к самовозгоранию, опасны по пыли и газу. В непосредственной кровле и почве пластов залегают аргиллиты и алевролиты, в основной — песчаники. Прочность вмещающих пород на сжатие в образце 200—600 кгс/см^2. Породы почвы склонны к пучению. Породы кровли после обрушения склонны к слеживанию.

1.2. В Карагандинском бассейне мощные пологие пласты разрабатываются в Карагандинском, Чурубай-Нуринском и Тентекском районах. В первом из указанных районов разрабатываются пласты k_{12} - Верхняя Марианна и k_{10} - Феликс мощностью соответственно 7,4—8,2 и 4,0—5,2 м. Угол залегания пластов составляет 8—12° на Промышленном участке и 12—25° на Саранском. Пласты включают ряд породных прослойков, расположенных в большинстве своем в верхних частях, что обусловливает их более высокую зольность. Наиболее высококачественные угольные пачки расположены в средней и нижней частях пласта k_{12} и в нижней части пласта k_{10}. Угли пластов имеют среднюю крепость, вязкие, трещиноватые, прочность на сжатие в образце от 40—80 до 200—230 кгс/см^2. Угли пластов относятся к коксующимся, склонны к самовозгоранию, опасны по газу и пыли. Вмещающие породы представлены аргиллитами и алевролитами (непосредственная кровля и почва), а также песчаниками (основная кровля). Прочность пород на одноосное сжатие в образце находится в пределах 200—1000 кгс/см^2. Породы почвы склонны к пучению. Породы кровли после обрушения не склонны к слеживанию и весьма слабо уплотняются.

В Чурубай-Нуринском и Тентекском районах разрабатывается пласт Кассинский — d_6 мощностью 3,3—6,2 м с углом падения 10—25°. Угольные пачки неодинаковы по крепости, более крепкие расположены у кровли пласта. Уголь средней крепости, вязкий,

прочность на сжатие в образце 60—100 кгс/см^2. Пласт опасен по внезапным выбросам угля и газа. Боковые породы, представленные аргиллитами, алевролитами и песчаниками, сравнительно слабые, прочность на сжатие в образце 60—700 кгс/см^2, неустойчивы и склонны к пучению в случае обводнения на верхних горизонтах. С повышением глубины разработки обводненность уменьшается, и прочность вмещающих пород несколько возрастает. Обрушенные породы кровли склонны к слеживанию.

1.3. В Челябинском бассейне к числу мощных пологих пластов относятся Верхне-Батуринский, II—В, Чумлякский, Подчумлякский, 1—d, 1—ж. Все пласты не выдержаны по мощности и имеют сложное строение: угольные пачки чередуются с прослоями аргиллита, углистого и глинистого сланцев. Число и мощность породных прослойков колеблется в значительных пределах. Кроме того, наблюдается включение валунов размером 0,2—1,5 м в поперечнике. Из указанных выше пластов Верхне-Батуринский и Чумлякский имеют мощность от 2 до 18 м, остальные до 5—6 м, при углах падения 0—25°. Все пласты обводнены, опасны по газу и пыли и склонны к самовозгоранию. Угли пластов относятся к переходным от бурых к каменным. Вмещающие породы представлены в основном аргиллитами, алевролитами, а также песчаниками и конгломератами. В непосредственной кровле, как правило, залегают аргиллиты и алевролиты, в основной — песчаники. Пласты характеризуются значительными изменениями мощности, состава и строения пород кровли в пределах небольших участков. Прочность пород на сжатие в образце находится в пределах 100—400 кгс/см^2. По мере увеличения глубины работ влажность пород уменьшается, а их прочность несколько возрастает. Породы кровли (аргиллиты, глинистые и углистые сланцы) большинства пластов легко обрушаются и склонны к слеживанию и уплотнению.

1.4. По данным, изложенным в пп. 1.1—1.3, условия разработки мощных пологих пластов в трех основных районах страны характеризуются следующими общими особенностями.

Мощность угольных пластов составляет: от 3,5 до 6—7 м по пластам VI (4,5—6,5 м), 6—6а (3,5—5,4 м), 7 (4 м), Журинскому (4,8 м), Байкаимскому (3,8—4,5 м), k_{10} (4,0—5,2 м), d_6 (3,3—6,2 м), II—В, Подчумлякскому, 1—d, 1—ж (3,5—6 м); от 7 до 10—12 м по пластам III (7,5—12 м), IV—V (8,3—12,2 м), k_{12} (7,4—8,3 м); свыше 10—12 м по пластам Верхне-Батуринскому, Чумлякскому.

Породы кровли угольных пластов Челябинского бассейна, пласта d_6 Карагандинского бассейна, пластов Журинского и Байкаимского Кузнецкого бассейна на верхних горизонтах склонны к слеживанию после обрушения. Однако с увеличением глубины горных работ увеличивается прочность пород и уменьшается их обводненность, вследствие этого склонность пород к слеживанию понижается. Породы кровли основных мощных пологих угольных пластов III

и IV—V в Кузнецком бассейне и k_{12} в Карагандинском бассейне представлены крепкими труднообрушаемыми разновидностями, не слеживающимися после обрушения.

По качеству каменные угли в Кузнецком и Карагандинском бассейнах относятся к высококалорийным, коксующимся. Угли Челябинского бассейна представляют собой переходный тип от бурых к каменным, с малой (3600 ккал) теплотворной способностью и высокой (порядка 30%) зольностью.

Кроме указанных бассейнов, разработка мощных пологих пластов осуществляется на месторождениях Восточной Сибири (Гусиноозерское, Черновское, Букачачинское, Черногорское), Северо-Востока и Дальнего Востока (Аркагалинское, Анадырское, о. Сахалина и др.), Якутии, Средней Азии (Шурабское, Кызыл-Кийское, Сулюктинское, Ангренское), Грузии, а также в Печорском (Воркутском), Подмосковном и Днепровском бассейнах. Породы кровли по устойчивости изменяются от сыпучих (Днепровский бассейн) до весьма устойчивых (Воркутинский бассейн) и характеризуются различной склонностью к слеживанию после обрушения. Мощность пластов колеблется от 3,5 до 15—16 м.

1.5. При системе разработки наклонными слоями мощный пологий пласт делится по напластованию на слои толщиной до 3,5 м, каждый из которых отрабатывается длинными столбами по простиранию или по падению. Длина очистного забоя принимается в пределах от 60 до 200 м. Для подготовки шахтных полей применяют как этажный, так и панельный способы с проведением основных выработок по угольному пласту или в породах почвы. Подготовка слоев производится выработками по углю. В отдельных случаях смежные слои отрабатываются на подготовительные выработки, проводимые по нижележащему слою. Система разработки применяется в двух вариантах: с последовательной выемкой каждого слоя в пределах выемочного поля или крыла панели, т. е. по схеме слой-пласт, или с одновременной выемкой слоев в пределах этажа (столба) или яруса.

Вариант с последовательной выемкой слоев, т. е. схему слой-пласт (рис. 1), применяют в условиях, когда непосредственная кровля пласта представлена породами, которые после обрушения при отработке вышележащего слоя уплотняются и слеживаются через определенное время, образуя устойчивую кровлю для нижележащего слоя. При этом каждый слой в пределах выемочного поля подготавливается независимо от других, как пласт средней мощности. Подача глинистой пульпы (заиловки) в выработанное пространство в целях противопожарной профилактики способствует также процессу слеживания и уплотнения обрушенных пород. Достоинством отработки по схеме слой-пласт является уменьшение вредного влияния опорного давления на выработки нижележащих слоев, недостатком — деконцентрация горных работ.

Вариант системы разработки с одновременной выемкой слоев (рис. 2) может применяться как при слеживающихся, так и не склонных к слеживанию породах. Он более целесообразен, чем последовательная выемка в тех случаях, когда для уплотнения и образования устойчивой кровли в нижних слоях требуется меньше времени, чем для отработки одного слоя в пределах выемочного поля. Этот вариант позволяет добиться высокой концентрации горных работ. Однако при одновременной отработке слоев, когда на сравнительно небольшом участке выемочного поля сосредоточивается большое количество подготовительных и очистных выработок, возникают весьма сложные процессы сдвижения пород и горного давления. Опорное давление, развивающееся вокруг очистных забоев, воздействует на выработки, располагаемые вблизи контура выемки как в данном слое, так и в нижележащих слоях. Оставляемые для

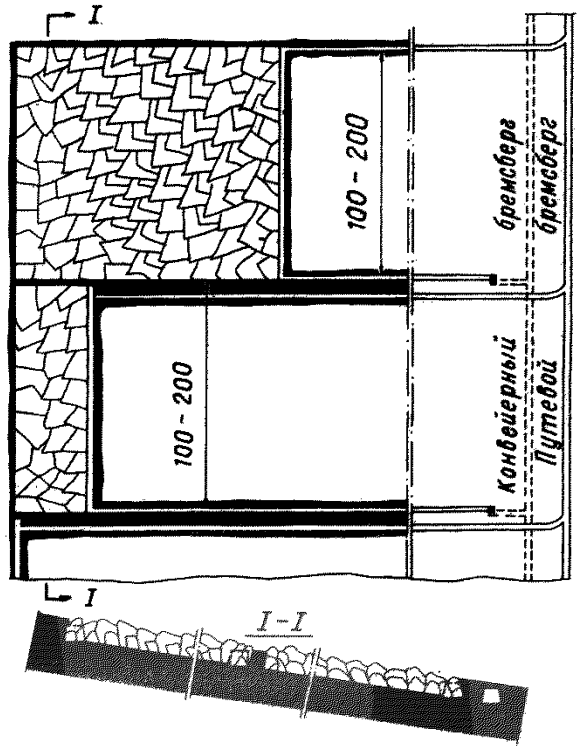

Рис. 1. Схема разработки наклонными слоями с последовательной выемкой слоев

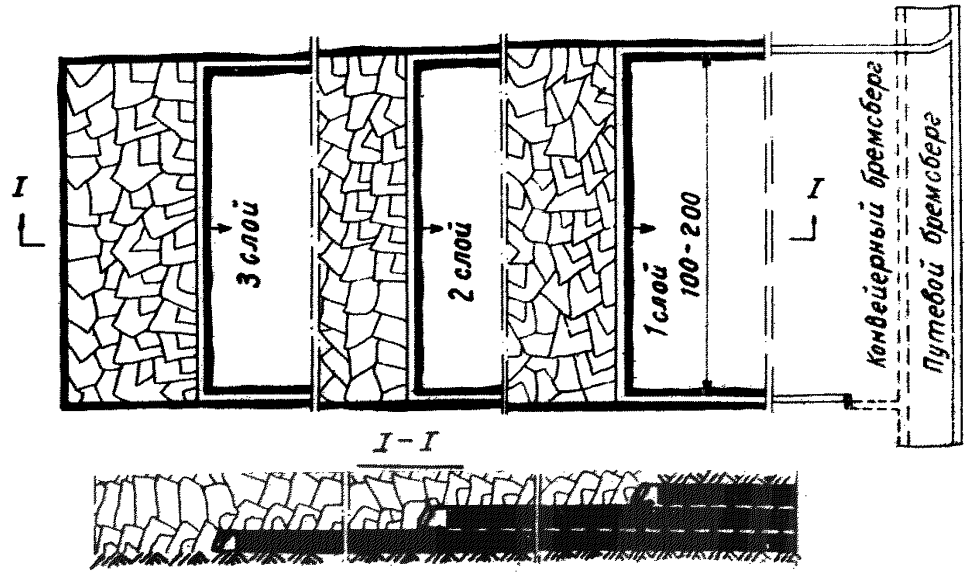

Рис. 2. Схема разработки наклонными слоями с одновременной выемкой слоев

защиты слоевых выработок целики оказывают вредное воздействие на забои в нижележащих слоях. Недостаточное опережение

между очистными забоями в смежных слоях приводит к повышенному давлению в этих забоях, а слишком большое опережение отрицательно сказывается на состоянии искусственных межслоевых перекрытий из металла и дерева.

1.6. При отработке наклонных слоев с механизированными комплексами управление кровлей осуществляется способом полного обрушения. При этом для крепления очистных забоев в слоях применяются механизированные крепи (типа ОМКТМ, М-87, М-81, МК, ОКП), созданные для пластов средней мощности.

С точки зрения управления кровлей отработка верхнего слоя практически не отличается от выемки пласта средней мощности, и если не возникает особых требований к крепи в случае возведения на почве слоя искусственного перекрытия, то вопросы, связанные с выбором основных параметров механизированных крепей (*начальный распор, рабочее сопротивление, остаточный подпор*, порядок передвижки и т. д.), должны решаться так же, как и на пластах средней мощности. Несущая способность угольных или породных пачек, расположенных в почве верхнего слоя, обычно является достаточной, и внедрение в них оснований применяемых механизированных крепей не происходит.

Механизированных крепей, специально предназначенных для отработки наклонных слоев под обрушенными породами, не имеется. Применение существующих механизированных крепей, созданных для пластов средней мощности, для отработки слоев под обрушенными породами осложняется неустойчивостью кровли, представленной обрушенными породами, и в настоящее время технически невозможно без оставления межслоевых угольных или породных предохранительных пачек или возведения искусственных перекрытий. Поскольку высокопроизводительных механизмов для настилки перекрытий нет и стоимость последних значительна, повсеместно прибегают к оставлению межслоевых пачек.

2. ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

2.1. Горные работы в пределах выемочного поля в каждом слое вызывают образование зон повышенных и пониженных давлений по сравнению с первоначальными. Если зоны повышенного давления формируются впереди очистного забоя и у контура нетронутого угольного массива или целика, то призабойное пространство находится в зоне пониженного давления. В случае недостаточного опережения при отработке смежных слоев неизбежно их взаимное влияние. Выбор параметров управления кровлей и крепления очистных забоев, а также способов охраны подготовительных выработок и конструктивных элементов системы разработки должен осуществляться с учетом особенностей проявлений горного давления. Эффективность работы очистных забоев с механизированными комплексами во многом определяется соответствием конструктивной схемы и силовых параметров крепей

горногеологическим условиям их эксплуатации. Значительное влияние на производительность очистной выемки оказывает также состояние подготовительных выработок, условия поддержания которых, в свою очередь, определяются их расположением относительно контуров очистной выемки и способами охраны с учетом развития горных работ в смежных слоях.

2.2. Механизм взаимодействия крепи очистного забоя с боковыми породами, определяющий ее работу по поддержанию кровли, является весьма сложным и находится под влиянием большого числа факторов геологического, горнотехнического и конструктивного характера. Применительно к разработке мощных пластов важнейшими являются следующие факторы: свойства пород кровли, вынимаемая мощность пласта или слоя и устойчивость угольного забоя.

Породы кровли в верхних слоях так же, как при выемке пластов средней мощности, в большинстве случаев характеризуются, в известной мере, сплошностью, монолитностью и имеют сцепление, т. е. обладают собственной несущей способностью. В нижележащих слоях, в случае плохой слеживаемости подработанных пород, кровля представлена несвязными или слабосвязными породами, находящимися в кусковатом и блочном состояниях, т. е. практически не обладающими несущей способностью, что приводит к повышению их подвижности в пространстве, окружающем очистной забой.

Условная схема взаимодействия кровли и крепи в очистных забоях представлена графически на рис. 3. Давление пород,

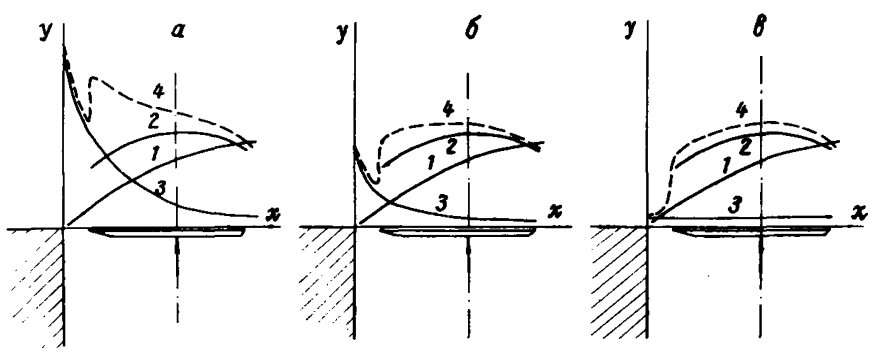

Рис. 3. Схема работы крепи и кровли в очистном забое:

а — породы кровли монолитные; *б* — в кровле межслоевая пачка, выше которой находятся обрушенные несвязные породы; *в* — под защитой гибкого перекрытия

обусловленное их весом *1*, должно уравновешиваться суммарным сопротивлением *4*, которое складывается из реакции крепи *2* и несущей способности (сопротивляемости) кровли *3*. В верхнем слое несущая способность кровли вблизи забоя достаточно высокая (см. рис. 3, а), и задача сводится к выбору такой крепи, которая обеспечит допустимое опускание кровли, отдаляющее от

забоя на достаточное расстояние точку, соответствующую началу потери сопротивляемости кровли обрушению. При выемке нижележащих слоев в условиях хорошей слеживаемости обрушенных пород картина будет аналогичной. Если породы не слеживаются, то для обеспечения устойчивости кровли в очистном забое требуется применение специальных мер: оставление межслоевых пачек или возведение в вышележащем слое предварительной крепи. Рассмотрение этих схем (см. рис. 3, *б* и *в*) наглядно показывает, что наиболее слабым (опасным) участком является полоса кровли между забоем и концами верхняков (козырьков) крепи. В случае недостаточной прочности межслоевой пачки возможен прорыв обрушенных пород в призабойное пространство, а применение недостаточно жесткого межслоевого перекрытия может приводить к его провисанию впереди крепи в виде гамака. Поэтому во всех случаях предпочтительнее отрабатывать нижележащие слои с минимально возможным захватом выемочной машины и соответствующим шагом передвижки крепи.

2.3. Одним из характерных показателей взаимодействия крепи с боковыми породами является опускание (наклон) кровли в очистных забоях. В забоях верхних слоев опускания кровли в призабойной полосе, их интенсивность и размеры зон влияния производственных процессов характеризуются такими же параметрами, как и на пластах средней мощности. При крепях с тем же сопротивлением наклон кровли во втором слое в среднем в два раза больше, чем в первом, а в третьем слое на 40—60% больше, чем во втором (рис. 4).

Снижение сопротивления крепи приводит к росту опускания кровли как в верхнем слое, так и в нижележащих слоях, где величины опусканий колеблются в широких пределах в зависимости от степени слеживаемости обрушенных пород, наличия межслоевой пачки и ее характеристики.

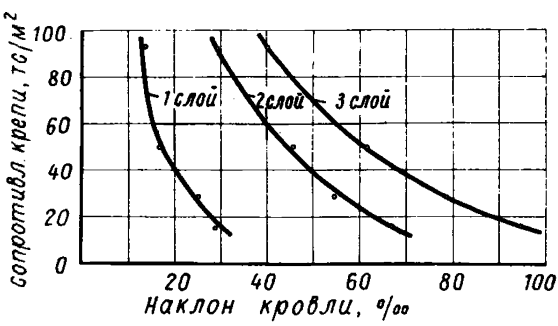

Рис. 4. Характер опускания кровли в разных слоях

Размеры зоны влияния производственных процессов в очистных забоях нижних слоев (25—30 м) несколько меньше, чем в верхнем (30—40 м). Смещения пород кровли в пределах указанной зоны в нижних слоях протекают более интенсивно, а с течением времени изменяются мало. Благодаря податливости

кровли, представленной обрушенными породами, просадки гидростоек (в среднем 5—15 мм) составляют всего 10-20% от величины опусканий кровли за цикл, поскольку происходит разрушение межслоевой пачки и внедрение верхняков в породы кровли.

2.4. Результаты испытаний механизированных крепей разных типов и с различной несущей способностью свидетельствуют, что силовое взаимодействие крепей с вмещающими породами в очистных забоях верхних слоев имеет такой же характер, как на пластах средней мощности, т. е. определяется свойствами пород кровли, обусловливающими ее устойчивость и обрушаемость, и характеристикой крепи. Несущая способность угольных или породных пачек в почве верхних слоев, как правило, является достаточной с точки зрения удельного давления со стороны основания секций крепи.

В забоях нижележащих слоев гидростойки крепей, в основном, работают в режиме упругой податливости и в среднем не более чем в 10—12% циклов выходят на постоянное сопротивление Причем номинальное значение сопротивления достигается обычно только в конце цикла — перед разгрузкой данной секции. Средние значения максимальных сопротивлений стоек примерно в два раза превосходят величину начального распора и для крепей оградительно-поддерживающего типа, как правило, не превышают 50—60%, а для крепей поддерживающего и поддерживающе-оградительного типов в основном составляют 60—80% от номинального. Основная часть (90%) увеличения сопротивления крепи с момента распора до разгрузки секции происходит за счет влияния производственных процессов. Длительность цикла (в пределах от 2 до 10 ч) не оказывает заметного влияния на величину сопротивления крепи. Более того, в результате высоких контактных усилий, вызывающих разрушение защитных пачек и уплотнение обрушенных пород, с течением времени сопротивление крепи может даже несколько снижаться. Однако с увеличением длительности цикла развивается отжим угля в забое и ухудшается состояние кровли, в частности, снижается устойчивость межслоевой пачки. Работа крепей без оставления межслоевой пачки, непосредственно под обрушенными породами, характеризуется некоторым снижением нагрузок, при этом опускания кровли увеличиваются, т. е. возрастает подвижность пород под влиянием процессов выемки угля и передвижки крепи.

Результаты наблюдений в нижних слоях наглядно показывают, что тот или иной забой нельзя характеризовать только опусканиями кровли или только сопротивлением крепи. Оценка условий работы крепи должна осуществляться при совместном учете опусканий кровли и сопротивлений крепи.

2.5. Отработку мощных пластов при прочих равных условиях целесообразно осуществлять сразу на полную мощность или с разделением на минимальное число слоев, поскольку это обеспе-

чивает бесспорные преимущества за счет уменьшения затрат на проведение и поддержание подготовительных выработок в слоях, за счет снижения потерь угля и повышения концентрации горных работ. До последнего времени выемка с механизированными крепями применялась при мощности пласта (слоя) не более 3 м. В настоящее время проходят испытания крепи (ЗОКП, ЗМК) для пластов мощностью до 3,5 м, а также крепь М-120 — до 5 м. Предусматриваемое развитие подземной добычи из мощных пластов требует поисков и создания конструкций и типов механизированных крепей, позволяющих использовать повышенную мощность пластов. В связи с этим необходимо знание особенностей проявлений горного давления при увеличении вынимаемой мощности пласта или слоя.

С увеличением вынимаемой мощности пласта (слоя) в характере поведения пород кровли наступают качественно новые особенности: увеличивается наклон кровли в призабойном пространстве, растут частота, интенсивность и высота зоны беспорядочного обрушения пород, изменяется коэффициент разрыхления пород подрабатываемой толщи. Так, при увеличении вынимаемой мощности пласта с 2—4 до 4—8 м, т. е. в два раза, абсолютные величины опусканий возрастают на 40—80% (рис. 5), при этом относительные смещения могут даже несколько (на 20—40%) уменьшаться.

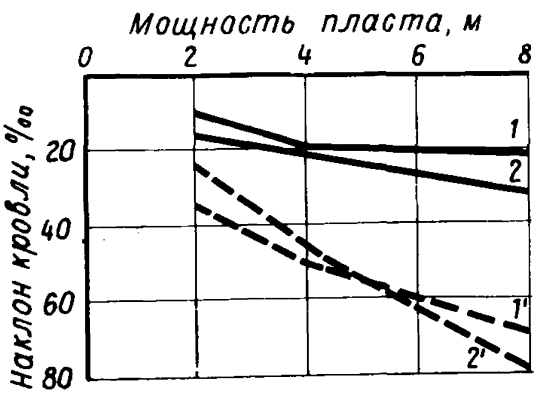

Рис. 5. Изменение наклонов кровли в очистном забое в зависимости от вынимаемой мощности по данным испытаний моделей, отличающихся прочностными свойствами угля и пород кровли ($\sigma_1 = 1{,}5\,\sigma_2$):

1, 2 — средние значения; *1', 2'* — максимальные значения

Отсюда следует, что с увеличением вынимаемой мощности необходимо предусматривать увеличение конструктивной податливости (раздвижности) крепи. Нагрузки на крепь, работающую в режиме нарастающего сопротивления, при увеличении мощности в два раза возрастают на 25—30%. Сопротивление крепи, вполне удовлетворяющее условиям ее взаимодействия с кровлей при данной мощности пласта или слоя, может оказаться недостаточным при увеличении вынимаемой мощности. В то же время при достаточно высоком сопротивлении возможна отработка пластов (слоев) разной мощности при одной и той же несущей способности крепи без существенного изменения характера ее взаимодействия с кровлей. Однако данное положение справедливо без учета увеличения вероятности нарушения устойчивости боковых пород контактными напряжениями.

С увеличением вынимаемой мощности растет высота обрушения пород, в результате чего возрастает коэффициент их разрыхления при обрушении в выработанном пространстве (рис. 6).

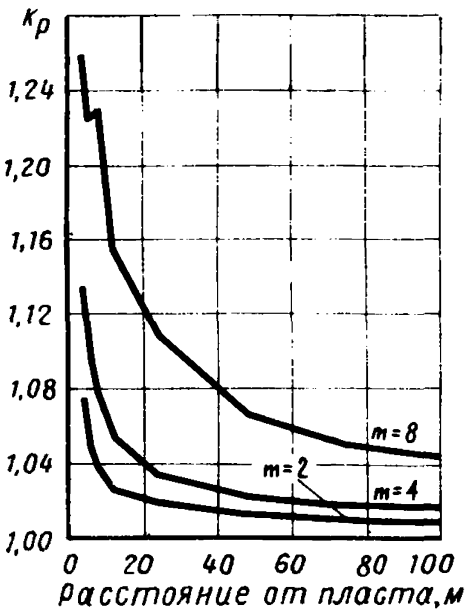

Рис. 6. Изменение коэффициента разрыхления пород при выемке пластов разной мощности

Наибольшее увеличение объема обрушенных пород происходит за счет толщи, залегающей над пластом и равной 3—5-кратной мощности последнего. При этом соотношение между высотой зоны беспорядочного обрушения и мощностью пласта остается достаточно постоянным, не превышающим 1,5—2. По мере увеличения расстояния от пласта разница в величинах коэффициента разрыхления пород при выемке пластов разной мощности уменьшается (см. рис. 6), однако на одном и том же расстоянии большей мощности соответствует и большее значение данного коэффициента. Кроме того с увеличением вынимаемой мощности возрастают размеры зоны опорного давления и зоны разрушения угля вблизи забоя. Вместе с тем следует ожидать некоторого снижения напряженности краевой части пласта за счет увеличения ее податливости.

2.6. Вопрос обеспечения устойчивости угольного забоя приобретает особое значение при выемке пластов (слоев) повышенной мощности, поскольку увеличение высоты обнажения пласта влечет за собой повышение опасности для работающих в забое в случае отжима и падения кусков угля. Развитие отжима угля снижает эффективность применения комплексов за счет непроизводительных затрат на разбивку крупных отжатых блоков и вызывает дополнительные обнажения кровли. Особенно интенсивно отжим развивается в забоях верхних слоев, где его величина достигает 0,8—1,0 м. Повышение устойчивости угольного забоя может быть достигнуто путем придания ему наклона до 10° от вертикали в сторону подвигания. Однако это вызывает увеличение площадей обнажений кровли в призабойной полосе и поэтому рекомендуется только в условиях достаточно устойчивых пород кровли. В случае неустойчивых пород целесообразно отрабатывать пласт столбами по падению. Вновь создаваемые крепи должны оборудоваться специальными устройствами, предусматривающими крепление угольного забоя вслед за передвижкой секций. Отработка

нижних слоев обычно сопровождается уменьшением отжима угля из забоя. Для снижения отжима угля во всех случаях следует ориентировать забой с учетом основной системы сильно развитых в пласте кливажных трещин.

2.7. Отработка очистного забоя в каждом слое приводит к образованию у границ нетронутого массива или у целиков зон опорного давления, обусловленных зависанием пород подрабатываемой толщи. Подготовительные выработки, располагаемые в пределах указанных зон, подвергаются также действию опорного давления, вызванного отработкой данного столба, т. е. они испытывают наложение зон опорного давления. Поскольку напряжения в окружающем такие выработки массиве, как правило, превышают предельные значения, они подвержены большим деформациям.

Зависания пород, образовавшиеся после выемки всех слоев в данном столбе, со стороны смежного столба ликвидируются уже при отработке в нем верхнего слоя. В результате этого подготовительные выработки в нижележащих слоях смежного столба будут испытывать опорное давление, вызванное только его отработкой. Деформации таких выработок уменьшаются в два—три раза. Помимо опорного давления, развивающегося под влиянием очистных забоев по вышележащему слою, выработки нижележащих слоев испытывают динамические нагрузки, возникающие при резких осадках кровли в зоне активных сдвижений, и нагрузки, постепенно нарастающие по мере сдвижения и уплотнения обрушенных пород в выработанном пространстве.

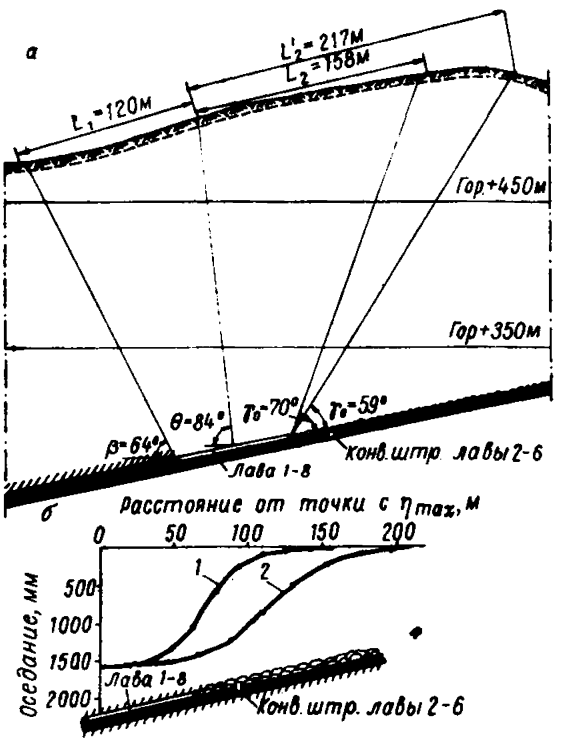

Рис. 7. К вопросу об активизации процесса сдвижения пород:

а — граничные углы и длина полумульды при отработке одиночной лавы (γ_0, L_2) и лавы на границе с выработанным пространством (γ_0', L_2'); *б* — графики оседаний при отработке одиночной лавы (1) и лавы на границе с выработанным пространством (2)

Размер зоны интенсивного влияния очистных работ в данном столбе на подготовительные выработки в смежном столбе, охраняемые целиками шириной 5—10 м, а также и на выработки в ни-

жележащих слоях, расположенные под выработанным пространством, при прочих равных условиях зависит от глубины разработки (H, м) и, как правило, не превышает $(6—8)\sqrt{H}$ (в м), считая от очистного забоя в сторону выработанного пространства. В тех же горногеологических условиях при бесцеликовом способе охраны выработок зона влияния очистных работ в 1,5—2 раза меньше, но интенсивность смещений пород, окружающих выработку, значительно увеличивается. Для месторождений с изученными параметрами сдвижения пород зоны их активных сдвижений определяются расчетом на основании методов, изложенных в Правилах охраны сооружений.

При выемке столба на границе с выработанным пространством происходит активизация процесса сдвижения пород над ранее отработанным столбом (рис. 7). Явление активизации происходит при отработке не только верхнего, но и последующих слоев и захватывает зону шириной порядка $3\sqrt{H}$ (в м), считая от границы действующего забоя.

Выработки, располагаемые в этой зоне, испытывают влияние интенсивно протекающих процессов сдвижения и как бы надрабатываются, хотя очистные работы непосредственно над ними не производятся. Активизация процесса сдвижения подработанных пород является одной из причин разрушения подготовительных выработок.

Экспериментами установлено, что наибольшей устойчивостью в нижележащих слоях характеризуются подготовительные выработки, расположенные одна под другой у кромки нетронутого массива.

3. СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КРОВЛИ В НИЖНИХ СЛОЯХ

3.1. Устойчивость кровли в очистных забоях нижних слоев является основной проблемой управления кровлей и крепления при слоевой отработке мощных пластов. Она определяется склонностью пород к слеживанию после обрушения, т. е. уплотняться и приобретать связность.

Степень слеживаемости пород после обрушения зависит от ряда факторов, главными из которых следует считать петрографический состав, прочность и влажность пород, а также время. Наиболее склонны к слеживанию породы с преобладанием глинистых разновидностей, к худшим по слеживанию относятся песчаники. Влага способствует размягчению пород, которые затем быстрее уплотняются под действием давления. На практике встречаются различные комбинации указанных факторов, поэтому степень слеживаемости пород после обрушения будет изменяться существен-

но. С точки зрения решения практических задач принимается следующее разделение пород по слеживаемости. Под слеживающимися породами следует понимать такие породы, которые при данном разрыве во времени между разработкой смежных слоев позволяют вести работы под ними без предварительной крепи или оставления межслоевых пачек. Под неслеживающимися породами необходимо понимать такие, при которых отработка нижележащих слоев требует возведения предварительной крепи или оставления межслоевых пачек для ведения очистных работ.

3.2. Необходимая устойчивость кровли из обрушенных пород в очистных забоях нижележащих слоев может быть достигнута с помощью следующих мер: а) обеспечение или повышение уплотнения и слеживаемости обрушенных пород; б) оставление предохранительных межслоевых пачек из угля или породных прослойков; в) возведение искусственных перекрытий; г) комбинированные способы.

Для ускорения процесса уплотнения и слеживания обрушенных пород целесообразна подача в выработанное пространство глинистой пульпы при профилактической заиловке или увлажнение обрушенных пород водой из действующего забоя. Необходимый расход пульпы или воды при равномерной обработке обрушенных пород должен составлять для условий, например, Челябинского бассейна и ему подобных не менее 0,17—0,20 $м^3$ на 1 $м^2$ выработанного пространства. Оптимальное значение влажности пород по условиям слеживаемости составляет 10—12%.

3.3. Предохранительные межслоевые пачки оставляются, как правило, из угля (рис. 8). При наличии в толще пласта породных прослойков, где это возможно, необходимо приурочивать к ним межслоевые пачки. Межслоевая угольная пачка должна обеспечивать необходимую устойчивость кровли в очистном забое и безаварийную работу комплексов. Исходя из этого, ее толщина должна приниматься в пределах 0,5—0,7 м. При слабых углях толщину пачки по условиям устойчивости кровли может потребоваться увеличить до 1,0 м, а в местах геологических нарушений и до больших значений.

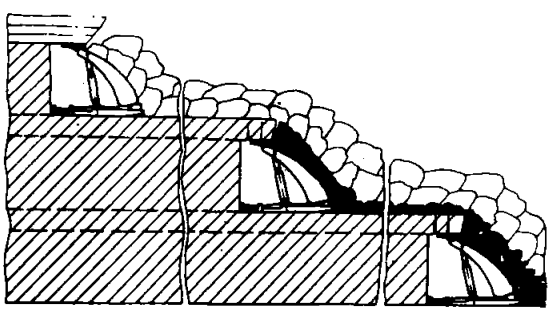

Рис. 8. Схема выемки с межслоевыми пачками

Хотя оставление угольных пачек между наклонными слоями приводит к существенным потерям угля (до 15—20%), однако в некоторых случаях их следует рассматривать как необходимые конструктивные элементы систем разработки, толщину которых необходимо контролировать. Если в пласте имеются прослойки или маркирующие горизонты, то контроль за толщиной межслоевых пачек должен осуществляться по этим горизонтам.

Когда пласт делится на три или большее число слоев, а прослойки отсутствуют, для предотвращения резкого изменения толщины межслоевых пачек, что приводит к блужданию комплексов в средних слоях по мощности пласта, необходимо осуществлять контроль за их толщиной. Такой контроль может осуществляться бурением шпуров в пачку из забоя нижележащего слоя, и, если необходимо, в последующих циклах с помощью комбайна изменяют толщину пачки в нужную сторону. Кроме этого известного способа, рекомендуется бурить шпуры в почву при отработке вышележащего слоя и устанавливать в них на проектную толщину пачки деревянные штыри (штанги) или заполнять шпуры сыпучим контрастным материалом. Применение деревянных штанг, разбухающих под влиянием влаги, целесообразно также и с точки зрения повышения несущей способности межслоевой пачки, для чего их необходимо ориентировать поперек преобладающих в пласте трещин.

В дальнейшем необходима разработка автоматизированного способа контроля положения комплекса относительно поверхности порода-уголь.

3.4. В качестве искусственных перекрытий для механизированной слоевой выемки рекомендуются металлические или буто-бетонные перекрытия.

Исходя из условий необходимой жесткости перекрытия, а также из необходимости механизации работ по его возведению, целесообразно применять настил из переплетенных стальных полос или настил из проволочной сетки со стальными полосами или катанкой (рис. 9).

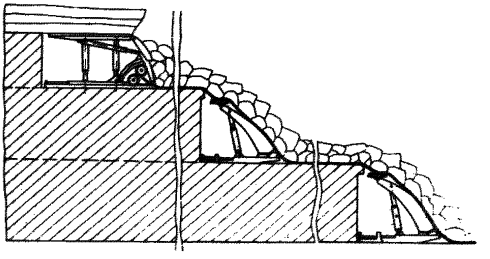

Рис. 9. Схема выемки с гибким перекрытием

Для механизированного возведения перекрытия могут применяться стальные полосы толщиной от 1,4 до 2,0 мм и шириной от 40 до 60 мм (ГОСТ 6009-74). Число полос по условиям прочности и другим факторам должно составлять в направлении перпендикулярном забою от 5 до 7 на 1 пог. м, а в направлении вдоль забоя принимается, исходя из крупности обрушенных пород, контактирующих с перекрытием, но не менее 4—5.

Для механизации плетения перекрытия из стальных полос механизированный комплекс для отработки первого слоя должен быть снабжен специальной машиной по типу, например, агрегата АМС.

Более простым является перекрытие из проволочной сетки № 20 или 25 (ГОСТ 5336-67). Для придания некоторой жест-

кости и предотвращения сильного провисания настила из сетки он усиливается двумя-тремя стальными полосами на 1 пог. м, расположенными перпендикулярно забою. Могут применяться полосы толщиной 2—3 мм и шириной 30—60 мм. Чтобы предотвратить просыпание породы между полосами сетки, они должны настилаться с коэффициентом перекрытия не менее 1,5. Для возведения перекрытия из проволочной сетки может быть использован комплекс приспособлений, разработанный институтом КНИУИ.

Возведение металлических перекрытий требует существенных затрат и увеличивает расход металла. Следует признать необходимыми дальнейшие конструкторские работы, в частности института Сибгипрогормаша, по совершенствованию машины для возведения перекрытия применительно к условиям выемки мощных пологих пластов наклонными слоями, а также работ по замене стальных полос полосами из синтетических материалов.

3.5. Буто-бетонное перекрытие (рис. 10) рекомендуется создавать путем искусственного скрепления (упрочнения) вяжущими растворами слоя толщиною 0,3—0,4 м породной и угольной мелочи, образующейся на почве при выемке вышележащего слоя. Для приготовления и подачи раствора на вентиляционном горизонте или штреке устанавливается растворомешалка (смеситель) и прокладывается под крепью специальный трубопровод (подобно трубопроводу для орошения), от которого через одну-две секции крепи делаются ответвления для подачи раствора в выработанное пространство.

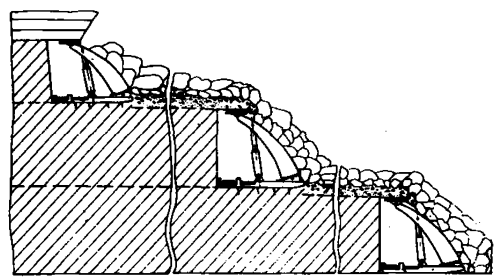

Рис. 10. Схема выемки с искусственным упрочнением обрушенных пород

Наиболее подходящими материалами для вяжущих растворов следует считать доменные и котельные шлаки с тонкостью помола менее 0,1 мм, с добавкой в качестве активизатора цемента марки 400 в размере 8—10% от веса основного вяжущего. Расход шлаков должен составлять 25—30% от веса заполнителя, в качестве которого служит породная и угольная мелочь укрепляемого слоя. Прочность такого буто-бетонного слоя на одноосное сжатие составляет 50—100 кгс/см^2, что достаточно для устойчивости кровли в нижележащем слое.

Одним из основных достоинств данного способа создания искусственной кровли для нижележащих слоев являются низкие капитальные затраты и малый расход дефицитных материалов. Можно также указать на желательность поисков для замены цементных вяжущих синтетическими смолами, обладающими необходимой проникающей способностью.

3.6. Выбор того или иного способа обеспечения устойчивости кровли в нижележащих слоях в каждом конкретном случае или для условий разработки отдельных месторождений должен производиться на основе экономической оценки. Для получения экономического эффекта от применения искусственного перекрытия необходимо, чтобы его стоимость была меньше или равна стоимости угля, теряемого в межслоевой пачке. Результат экономического анализа будет зависеть, с одной стороны, от стоимости материалов для настила, расходов на его транспортировку и возведение, с другой — от качества угля, спроса на него и географического расположения месторождения. Поэтому рекомендации о способах обеспечения устойчивости кровли в нижних слоях для условий Кузбасса и Караганды, где из мощных пластов добываются ценные угли, не будут такими же, как для условий Челябинского бассейна с его высокозольными углями или для отдаленных месторождений Северо-Востока страны, где транспортные и трудовые расходы высоки, а спрос на уголь ограничен.

Искусственное перекрытие из проволочной сетки и металлических полос для условий Кузнецкого и Карагандинского бассейнов экономически равноценно оставлению угольной пачки толщиной 0,25—0,30 м. Расходы по созданию искусственной кровли с помощью вяжущих растворов, даже если они будут на уровне затрат по возведению твердеющей закладки, соответствуют стоимости угля, теряемого в пачках толщиной 0,20—0,25 м. Поскольку для отработки слоев под обрушенными породами требуется оставлять угольные пачки в два-три раза большей толщины, целесообразность применения искусственных перекрытий в условиях Кузнецкого и Карагандинского бассейнов является очевидной.

Отработка мощных пологих пластов наклонными слоями с применением механизированных комплексов в Челябинском бассейне, а также на месторождениях Средней Азии может осуществляться непосредственно под обрушенными породами, для улучшения слеживаемости которых следует их обрабатывать глинистой пульпой или водой. В этих условиях допустимо также оставлять межслоевые угольные пачки.

В отдаленных районах страны с ограниченным спросом на уголь и большими расходами на возведение искусственных перекрытий отработка мощных пологих пластов наклонными слоями может осуществляться с оставлением межслоевых угольных пачек.

В условиях Кузнецкого и Карагандинского бассейнов отработка мощных пологих пластов наклонными слоями должна производиться, как правило, без оставления межслоевых угольных пачек с возведением искусственных металлических перекрытий или буто-бетонных слоев в зависимости от наличия необходимых материалов, горногеологических и горнотехнических факторов. Отработка наклонных слоев с оставлением межслоевых угольных пачек допускается только на основе специального обоснования, ут-

вержденного главным инженером комбината. В обосновании по каждому шахтопласту должны указываться причины отказа от искусственного перекрытия и экономическая целесообразность работы с угольными пачками.

Применение перекрытия только из проволочной сетки, а также из синтетических полос, которые обладают высокой эластичностью, представляется перспективным при создании средств механизации выемки нижних слоев с весьма малой (до 0,2 м) величиной захвата.

4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МЕХАНИЗИРОВАННЫМ КРЕПЯМ

4.1. Условия работы механизированных крепей в верхнем и нижележащих слоях резко отличаются между собой (см. разд. 3). Отработка верхнего слоя, если не предусматривается возведение искусственного перекрытия, в принципе не отличается от выемки пласта средней мощности. Поэтому и вопросы выбора силовых параметров крепей решаются как для пласта средней мощности. При необходимости возведения искусственного перекрытия под крепью должно быть предусмотрено пространство (по типу АМС) для размещения соответствующих механизмов и приспособлений.

Выбор типа крепи для верхних слоев должен осуществляться прежде всего с учетом устойчивости и обрушаемости кровли, мощности слоя и угла падения пласта. На пластах с крупноблочным обрушением пород, а также в условиях высокой газоносности или при необходимости возводить межслоевое перекрытие следует ориентироваться на крепи поддерживающе-оградительного типа (М-81, МК). При небольшой мощности верхнего слоя (1,5—2 м) и устойчивых породах кровли могут использоваться крепи поддерживающего типа (М-87). В остальных случаях целесообразно применять крепи оградительно-поддерживающего типа (ОКП).

Величина номинального сопротивления крепей для верхних слоев мощностью 2—3 м при породах кровли, не относящихся к числу труднообрушаемых, должна приниматься 40—50 тс/м^2. Начальный распор крепи должен составлять 50—60% от номинального сопротивления, а остаточный подпор при передвижке секций — не менее 5 тс/м^2. При породах, склонных к зависанию и резким вторичным осадкам, т. е. при труднообрушаемых, если не проводятся специальные мероприятия по снижению интенсивности влияния осадок, номинальное сопротивление крепи должно быть не менее 60—80 тс/м^2.

4.2. Условиям работы в нижележащих слоях в наибольшей степени отвечают крепи оградительно-поддерживающего типа (ОКП), имеющие небольшую ширину поддерживаемого пространства, обладающие меньшим эффектом топтания боковых пород и удовлетворяющие условиям разработки пластов со слабыми почвами. При

отработке пластов более чем в два слоя в случае необходимости возведения искусственных перекрытий в каждом вышележащем слое, а также в условиях высокой газоносности следует предусматривать применение крепей поддерживающе-оградительного типа с регулируемым сопротивлением гидростоек.

В связи с легкой обрушаемостью пород и отсутствием, как правило, периодических осадок кровли номинальное сопротивление крепей может приниматься умеренным и при мощности слоев до 3 м составлять не более 30—40 тс/м^2, что позволит применять в данных условиях крепи облегченной конструкции. Начальный распор крепи должен составлять 10—20 тс/м^2, а величина подпора при передвижке секций 2—3 тс/м^2. В крепях должно предусматриваться полное перекрытие межсекционных зазоров как со стороны выработанного пространства, так и по кровле. Особенности отработки слоев под обрушенными породами, большой удельный вес и дальнейшее развитие добычи из мощных пологих пластов требуют создания специальных крепей для выемки нижележащих слоев.

4.3. Вопросы унификации крепей механизированных комплексов для слоевой отработки мощных пластов с учетом особенностей, условий выемки и требований к крепям верхнего и нижних слоев являются весьма сложными и проблематичными. Целесообразность использования в нижних слоях дорогостоящих комплексов, удовлетворяющих условиям работы в верхнем слое и позволяющих возводить искусственное перекрытие, особенно при труднообрушаемых породах кровли и слабой почве, может быть установлена только путем всестороннего экономического анализа.

Вновь создаваемые для нижележащих слоев крепи оградительно-поддерживающего типа следует унифицировать с крепями для пластов средней мощности с неустойчивыми боковыми породами. В условиях, где отсутствуют резкие осадки кровли с крупноблочным обрушением пород и не требуется возведение искусственного перекрытия, этот же тип крепи с регулируемым сопротивлением будет служить для отработки и верхних слоев.

При создании крепей поддерживающе-оградительного типа применительно к условиям, указанным в п. 4.2 (высокая газоносность, необходимость возведения перекрытий в каждом вышележащем слое), представляется необходимой их унификация с крепями для верхних слоев. При этом крепь должна иметь регулируемое сопротивление как по величине, так и по распределению между рядами стоек.

4.4. При увеличении вынимаемой мощности слоя или пласта до 4—6 м имеют место более резкие проявления процессов сдвижения и давления пород, чем наблюдающиеся при выемке пластов средней мощности. Поэтому для такой мощности при породах кровли не выше средней устойчивости номинальное сопротивление крепей должно составлять не менее 60—80 тс/м^2. На таком же

уровне должно находиться сопротивление крепей при выемке пластов указанной выше мощности сдвоенными по вертикали комплексами, в том числе с уступной формой забоев, а также при отработке слоев с небольшим опережением (10—20 м), т. е. в условиях взаимного влияния очистных забоев в смежных слоях.

Повышение вынимаемой мощности пластов или слоев требует увеличения раздвижности гидростоек, повышения продольной и поперечной устойчивости секций, обеспечения устойчивости угольного забоя и исключения всяких зазоров в перекрытиях и ограждениях. Механизированная крепь и другое оборудование, входящее в комплекс, должны обеспечивать подвигание забоев не менее 100—150 м/мес с высокой степенью надежности.

Создание крепей для повышенной мощности пласта или слоя является весьма перспективным направлением, но его полная реализация сопряжена с большими трудностями, связанными с обеспечением безопасных условий для работающих в забое, а также конструктивного порядка. Так как их преодоление обещает большие выгоды, с точки зрения выемки пластов без разделения на слои или сокращения их числа, то необходимо предусматривать расширение проектно-конструкторских и экспериментальных работ в этом направлении.

4.5. Рекомендуемые в пп. 4.1—4.4 типы и сопротивления механизированных крепей для верхнего и нижележащих слоев приведены в таблице.

Слои	Вынимаемая мощность, м	Характеристика пород и условий	Тип крепи	Сопротивление крепи, тс/м^2
Верхний	2,0—3,0	Средней устойчивости, легкообрушаемые	Оградительно-поддерживающая	40—50
	4,0—6,0	То же	То же	60—80
	2,0—3,0	Труднообрушаемые, склонные к зависанию; при необходимости возведения искусственных перекрытий; в условиях высокой газообильности	Поддерживающе-оградительная	40—80
Нижележащие	2,0—3,0	Обрушенные слеживающиеся породы; под межслоевой пачкой; под искусственным перекрытием; слабая почва	Оградительно-поддерживающая	30—40
	4,0—6,0	То же	То же	50—60
	2,0—3,0	При необходимости возведения искусственных перекрытий; в условиях высокой газообильности	Поддерживающе-оградительная	30—40

4.6. Направления дальнейшего совершенствования способов крепления и управления кровлей при слоевой выемке должны учитывать специфику работы крепей под обрушенными породами. В силу уменьшенной плотности и значительной подвижности пород кровли в нижележащих слоях практически оказывается невозможным создание равномерного распора всех секций крепи. Неравномерность сопротивления секций по длине забоя ускоряет разрушение межслоевых пачек, нарушает устойчивость уплотнившихся пород и отрицательно сказывается на работе искусственных перекрытий. Для уменьшения этого нежелательного явления требуется, чтобы все секции работали с одинаковым сопротивлением. Практически этого можно достигнуть только в том случае, когда все секции с момента их распора и до разгрузки будут работать в режиме постоянного сопротивления, т. е. тогда, когда первоначальный распор будет равен номинальному сопротивлению. Принимая во внимание умеренное значение необходимого номинального сопротивления крепей для нижележащих слоев (см. табл. п. 4.5), данное требование технически выполнимо.

До настоящего времени совершенствование слоевой выемки мощных пологих пластов идет по пути приспособления для работы в слоях существующих крепей, созданных для пластов средней мощности. Отсюда и возникает проблема обеспечения устойчивости кровли из обрушенных пород в нижележащих слоях. Поскольку оставление межслоевых угольных пачек вызывает существенные потери готовых к выемке запасов угля, а возведение надежных искусственных перекрытий трудоемко и дорого, следует считать целесообразным проведение работ по изысканию способов отработки забоев непосредственно под обрушенными породами или с оставлением предохранительных пачек незначительной толщины. Одним из решений данного вопроса представляется создание автоматизированного комплекса, включающего выемочную машину с захватом 0,1—0,2 м и секционную крепь с выдвижными упругими перекрытиями. Применение такой крепи будет способствовать сохранению несущей способности кровли, обеспечит уменьшение частоты передвижек секций и непрерывный контакт всей поверхности перекрытия с кровлей, а также устранит ее топтание. Поддерживающая часть секций должна состоять из опорной плиты и выдвижного перекрытия, которое является податливым защитным элементом секций и передвигается после каждого цикла (хода выемочной машины), при этом секция остается на месте. После полного выдвижения упругого перекрытия (примерно через 5 циклов) осуществляется передвижка всей секции без разгрузки или при частично снятом распоре. Минимальный захват выемочной машины в сочетании с легким перекрытием позволит осуществлять выемку в нижележащих слоях без межслоевых пачек или оставлять их толщиной не более 0,2 м.

5. СХЕМЫ ПОДГОТОВКИ И ОТРАБОТКИ ВЫЕМОЧНЫХ ПОЛЕЙ И ПОДДЕРЖАНИЕ СЛОЕВЫХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

5.1. Подобно разработке мощных пластов другими системами, вопросы выбора схем подготовки и отработки выемочных полей при выемке наклонными слоями, включающие взаимную увязку очистных и подготовительных работ, а также расположение и охрану подготовительных выработок, являются не менее важными, чем вопросы управления кровлей в очистных забоях. Условия поддержания выработок в верхнем и нижележащих слоях отличаются между собой. Если в верхних слоях их поддержание осуществляется в условиях аналогичных условиям отработки пластов средней мощности, то в нижележащих слоях — в условиях надработки со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Неудовлетворительное состояние подготовительных выработок обусловлено, при прочих равных условиях, принятым порядком подготовки и отработки выемочных полей. Чтобы обеспечить благоприятные условия поддержания выработок, их следует располагать вне зон интенсивного проявления опорного давления и активных сдвижений пород, а также вне зон активизации процесса сдвижения над соседним выработанным пространством. Вместе с тем в схемах подготовки должно быть использовано рациональное взаимное расположение выработок в слоях: одна под другой или с небольшим смещением в сторону выработанного пространства у кромки нетронутого массива или целика с достаточной несущей способностью. При этом для выработок в нижележащих слоях, примыкающих к выработанному пространству и отличающихся высокой трудоемкостью поддержания, необходимо создавать условия, при которых исключается наложение зон опорного давления, что достигается при последовательной отработке всех слоев в одном подэтаже (столбе). Во избежание вредного влияния активизации процесса сдвижения очистные и подготовительные работы в двух смежных слоях требуется разделять расстоянием в один подэтаж (столб) или проводить подготовительные выработки после окончания стадии активных сдвижений пород.

В зависимости от степени слеживаемости обрушенных пород, характера давления и сдвижения подрабатываемых пород, нарушенности поля, распределения зольности по мощности пласта, размеров выемочных полей и др. рекомендуются к применению следующие три схемы подготовки и отработки выемочного поля: последовательная выемка слоев по схеме слой-пласт; схема подготовки и отработки выемочных полей через подэтаж или столб; схема подготовки и отработки выемочных полей на фланговые наклонные выработки.

5.2. Последовательная отработка слоев в пределах выемочного поля, когда выемка каждого последующего слоя начинается после окончания отработки вышележащего слоя в пределах крыла или всего выемочного поля, может быть рекомендована для условий

со слеживающимися породами. Благодаря значительному разрыву во времени между отработкой и подготовкой смежных слоев подготовительные выработки в нижележащих слоях при этой схеме размещаются вне зон активизации и вне зон активных сдвижений подработанных пород. Однако при последовательной отработке столбов как по простиранию, так и по падению (восстанию), вентиляционные выработки подготавливаемых столбов размещаются в зонах повышенного опорного давления, обусловленного ранее отработанным столбом и действующим забоем, что является существенным недостатком данной схемы. Чтобы исключить его вредное влияние, отработка каждого слоя должна производиться через подэтаж или через столб и может осуществляться как одинарными, так и спаренными лавами. При этом подготовительные выработки проводятся после полной отработки смежных столбов без оставления целиков.

5.3. Схема подготовки и отработки выемочных полей через подэтаж или столб (при выемке по падению или восстанию) имеет целью разделить очистные и подготовительные работы. Она рекомендуется к применению при неслеживающихся породах и при небольшой длине столбов (рис. 11), когда сосредоточивать очистные и подготовительные работы в пределах одного столба не рационально. Эта схема особенно целесообразна при неравномерном распределении показателей качества угля по мощности пласта, а также при необходимости как можно быстрее начать отработку запасов по нижележащему пласту. При данной схеме выемка всех слоев производится сначала, например, в четных, а затем в нечетных столбах, или наоборот. При этом, если в одном четном столбе осуществляется выемка очередного слоя, то в другом четном — его подготовка.

Таким образом, отработка как слоев, так и столбов в выемочном поле ведется в шахматном порядке, что создает благоприятные условия для применения бесцеликовых схем поддержания подготовительных выработок, поскольку они размещаются вне зон интенсивного влияния сдвижений пород и опорного давления от действующих забоев в отрабатываемых столбах. Указанная схема позволяет использовать принцип, изложенный в п. 2.7, вследствие чего в нижележащих слоях обеспечивается расположение подготовительных выработок, примыкающих к ранее отрабатываемому столбу, вне зон наложения опорного давления.

В случае необходимости одновременной отработки смежных слоев в одном подэтаже (столбе) рекомендуется, с учетом технико-экономической целесообразности, осуществлять их подготовку общими подготовительными выработками и отрабатывать слои с опережением 10—20 м.

5.4. Схема подготовки и отработки выемочных полей с помощью фланговых наклонных выработок обеспечивает одновре-

менное и независимое ведение очистных и подготовительных работ в одном и том же столбе и позволяет изменять направление

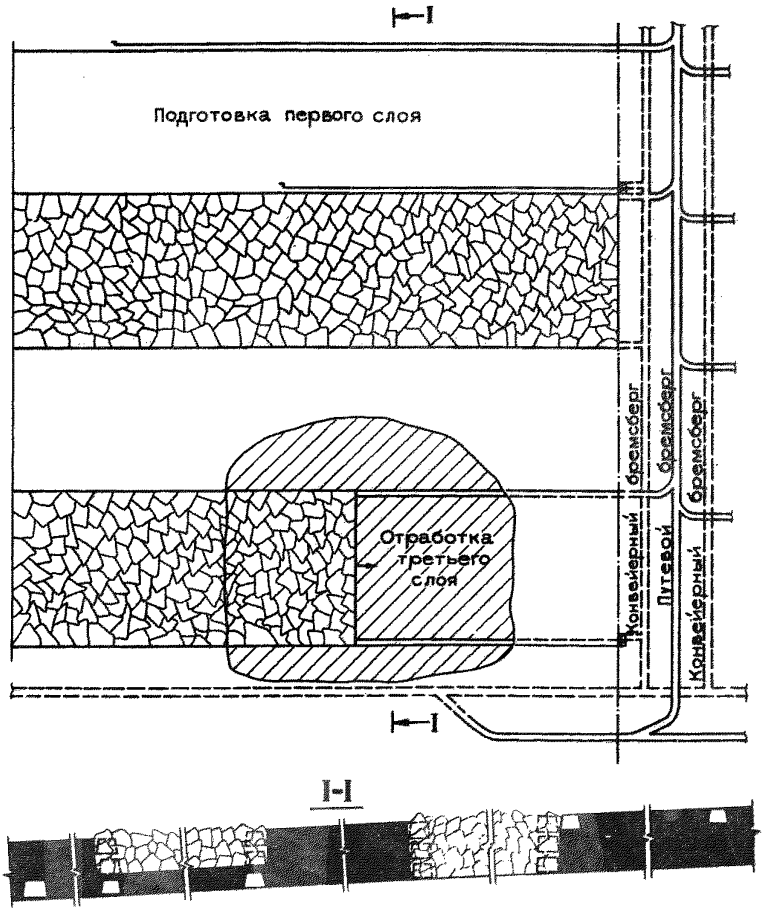

Рис. 11. Схема подготовки и отработки выемочного поля через подэтаж (столб)

его отработки. Она рекомендуется для условий неслеживающихся пород и при наличии дизъюнктивных нарушений. Сущность схемы состоит в том (рис. 12), что по обеим границам выемочного поля проводятся бремсберги (уклоны), благодаря чему очистные работы по вышележащему слою ведутся на один фланговый бремсберг (уклон), а подготовка смежного нижележащего слоя осуществляется с другого флангового бремсберга (уклона). Проведение подготовительных выработок по нижележащему слою осуществляется с отставанием от очистного забоя по вышележащему слою, исключающим его влияние на проводимые подготовительные выработки. Выемка подэтажей или столбов может производиться последовательно или через подэтаж (столб). Проведение и поддержание подготовительных выработок осуществляется без оставления целиков.

Данная схема применима и при двухсторонних выемочных полях. При этом подготовка слоев в каждом крыле ведется на фланговые, а очистная выемка — на центральные бремсберги (уклоны). Подобный принцип подготовки следует также использовать и при отработке слоев столбами по падению.

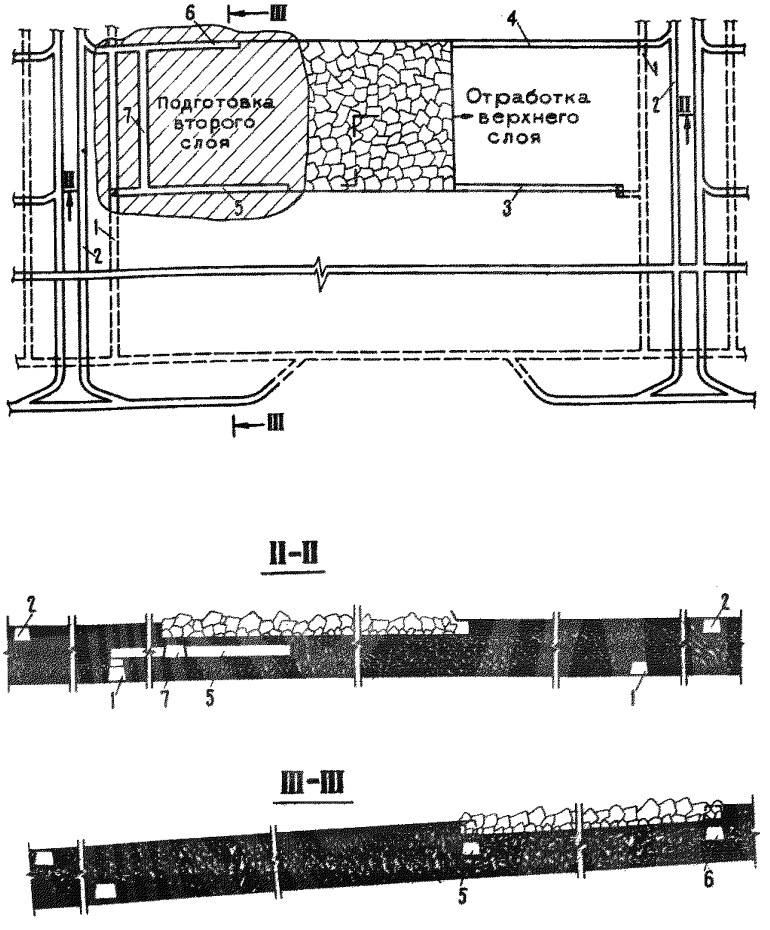

Рис. 12. Схема подготовки выемочного поля фланговыми наклонными выработками:

1 и *2* — бремсберги или уклоны; *3* и *4* — конвейерный и вентиляционный штреки верхнего слоя; *5* и *6* — конвейерный и вентиляционные штреки нижележащего слоя; *7* — монтажная камера

Рассматриваемая схема имеет преимущества по сравнению с широко применяемыми. Она позволяет обеспечить необходимую концентрацию горных работ и ведет к резкому уменьшению затрат на поддержание подготовительных выработок, которые с избытком будут компенсировать расходы, связанные с проведением дополнительных наклонных выработок. Она особенно удобна при выемке пластов с разрывными нарушениями, так как позволяет легко изменять направление отработки столбов в зависимости от характера и параметров нарушений.

5.5. Рекомендуемые выше схемы подготовки и отработки выемочных полей предусматривают проходку и поддержание слоевых выработок без оставления целиков. Их следует использовать применительно к действующим Технологическим схемам: последовательную выемку слоев по методу слой – пласт (см. п. 5.2) применительно к схемам 16—23, а две другие (см. пп. 5.3 и 5.4) — применительно к схемам 44—50.

В случае проведения подготовительных выработок вместе с подвиганием очистного забоя следует применять крепь с податливостью 300—400 мм в верхнем слое и 500—700 мм в нижележащих слоях или использовать временную переносную крепь, которая на расстоянии $(3—4)\sqrt{H}$(в м) от забоя лавы должна заменяться на постоянную. Для выработок, проводимых на границе с выработанным пространством вне зон влияния очистных работ в смежном слое или столбе, рекомендуется применять крепь с податливостью не менее 200—300 мм.

Выбор той или иной схемы подготовки и отработки выемочного поля необходимо осуществлять с учетом присущих ей особенностей (см. пп. 5.2—5.5), конкретных горногеологических условий разработки и экономической оценки принятого решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бублик Ф. П., Громов Ю. В. Особенности проявлений горного давления при выемке мощных пластов Томь-Усинского района наклонными слоями с механизированными комплексами. Сб. «Исследование проявлений горного давления на глубоких горизонтах шахт». Л., 1971. (ВНИМИ).

2. Временные указания по выбору оптимальных способов охраны подготовительных выработок без целиков. Л., 1974. (ВНИМИ).

3. Гайдуков Ю. Г. Исследование условий эффективного применения механизированного комплекса 2КМ-87Д в нижнем слое. «Научные сообщения ИГД им. А. А. Скочинского», вып. 88. М., 1971.

4. Гапанович Л. Н. и др. Рациональная разработка мощных пологих пластов. М., 1968.

5. Грищенко Г. Т., Фоминых В. И. Исследование строения и устойчивости обрушенных пород кровли мощного пласта. «Изв. вузов. Горный журнал», 1973, № 2.

6. Громов Ю. В. Об устойчивости кровли в очистных забоях нижних слоев. Сб. «Технология добычи угля подземным способом», № 5, 1974.

7. Жингель И. П. Петрографический состав и физико-механические свойства горных пород Томусинского района. Сб. «Исследования по вопросам горного дела в Кузбассе». Труды КузНИУИ, № 16. Прокопьевск, 1968.

8. Калинин М. М. Секция механизированной крепи с передвижным перекрытием. Сб. «Исследование и совершенствование очистных комплексов и агрегатов». Тула, 1973.

9. Карабак В. А. Экономическая оценка потерь угля при подземной разработке в Кузбассе. «Уголь», 1968, № 12.

10. Кузнецов С. Т. О направлениях совершенствования механизированных крепей и приемов активного управления кровлей при их применении. М., ЦНИЭИуголь, 1970.

11. Новиков В. Я. и др. Изыскания средств борьбы с отжимом угля при выемке мощных пластов механизированным комплексом. Научные труды КНИУИ, вып. 42. Караганда, 1972.

12. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных выработок в Кузнецком угольном бассейне. Л., 1968. (ВНИМИ).

13. Свойства горных пород Карагандинского угольного бассейна. Караганда, 1972. (КНИУИ).

14. Семенов Ю. А. и др. Проявление горного давления при применении механизированных крепей. М., «Недра», 1974.

15. Технологические схемы очистных и подготовительных работ на шахтах. М., «Недра», 1971.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
1. Горногеологические условия и способы разработки мощных пологих пластов в основных районах	4
2. Особенности проявлений горного давления	9
3. Способы обеспечения устойчивости кровли в нижних слоях	16
4. Основные требования к механизированным крепям	21
5. Схемы подготовки и отработки выемочных полей и поддержание слоевых подготовительных выработок	25
Список литературы	29

Лит. редактор *Г. И. Васильев*

Техн. редактор *В. Д. Вакуленко*

Подписано к печати 17/1—1975 г. М—31322.

Формат бумаги 60 × 90/16. Объем 2 п. л. Тираж 250. Цена 26 коп.

Печатный цех ВНИМИ Заказ № 3.

gost.e-ecolog.ru