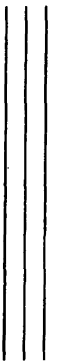
Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ, КРЕПЕЙ И КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОСНОВНЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ МОЩНЫХ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ



Ленинград
1976

gost.e-ecolog.ru

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

РЕКОМЕНДАЦИИ

по выбору параметров управления кровлей, крепей и конструктивных элементов основных систем разработки для мощных пологих угольных пластов

Ленинград
1976

УДК 622.831.24:622.273:622.224

Рекомендации по выбору параметров управления кровлей, крепей и конструктивных элементов основных систем разработки для мощных пологих угольных пластов. Л., 1976. 32 с. (М-во угольной пром-сти, СССР, ВНИИ горн. геомех. и маркшейд. дела).

"Рекомендации..." составлены на основе обобщения и анализа опыта разработки мощных пологих пластов угля и результатов исследований проявлений горного давления в различных горногеологических условиях, выполненных ВНИМИ, ИГД им. А. А. Скочинского, КНИУИ и другими институтами отрасли. Они содержат технические решения по выбору параметров крепления и управления кровлей при основных системах разработки мощных пологих пластов.

Работа рассмотрена в Техническом управлении Минуглепрома СССР и рекомендована для использования в качестве пособия при составлении проектов разработки мощных пологих пластов с учетом прогрессивных технологических схем разработки пластов на угольных шахтах.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ), 1976.

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование систем разработки мощных пологих пластов угля и параметров управления горным давлением при их выемке осуществляется в основном по двум направлениям. Первое из них связано с выемкой мощных пологих пластов с разделением на слои, каждый из которых отрабатывается как пласт средней мощности. Второе направление охватывает способы выемки, при которых используются преимущества большой мощности пластов, и включает разработку пластов сразу на полную мощность длинными забоями с помощью специальных механизированных комплексов (как с обрушением кровли, так и с выпуском угля из потолочины) и короткими забоями с управлением кровлей целиками.

При слоевой разработке наибольшее распространение в нашей стране получили системы разработки наклонными слоями в нисходящем порядке с обрушением кровли. На их долю приходится около 70% всей добычи из мощных пологих пластов. До конца 60-х годов слоевая выемка производилась в основном с применением в очистных забоях индивидуальной стоечной крепи и характеризовалась низкими технико-экономическими показателями. В последние годы для механизации очистных работ в наклонных слоях стали широко применять комплексы, созданные для пластов средней мощности. Благодаря этому показатели данных систем разработки значительно улучшены.

Внедрение механизированных комплексов потребовало более обоснованного решения ряда вопросов, связанных с управлением горным давлением, в частности, таких как обеспечение устойчивости кровли, представленной обрушенными породами, выбор рациональных типов механизированных крепей и их силовых параметров, а также способов подготовки выемочных полей и увязки горных работ в слоях с учетом создания благоприятных условий поддержания подготовительных выработок. Значимость этих вопросов существенно возрастает в связи с увеличением скоростей подвигания механизированных очистных забоев. В настоящее время нет специальных комплексов для работы под обрушенными породами. Развитие средств механизации выемки и управления кровлей в наклонных слоях идет, главным образом, по пути использования и приспособления существующих комплексов, которые не всегда соответствуют условиям их применения.

Среди способов выемки мощных пологих пластов без разделения на слои ранее широко применялись системы разработки с короткими забоями. Однако в силу недостатков, присущих этим системам, в настоящее время их используют ограниченно , в основном в условиях многолетней мерзлоты, а также при гидравлическом способе добычи угля.

В последние годы широко ведутся конструкторские и экспериментальные работы по созданию механизированных крепей для пластов мощностью 4-5 м и более. Эти работы сопряжены со значительными технологическими и конструктивными трудностями. Однако учитывая значительный удельный вес таких пластов на действующих и строящихся шахтах в восточных районах страны, эти работы весьма актуальны.

Особое место среди систем разработки, при которых используются преимущества большой мощности пластов, занимают системы разработки с выпуском угля подкровельных и межслоевых толщ. Использование таких систем позволяет увеличить вынимаемую мощность пласта (слоя) без увеличения высоты крепи, что особенно важно при невыдержанных мощности и строении пласта, а также при его значительной нарушенности или ограниченных размерах выемочных полей.

Вопросы выбора типа и силовых параметров механизированных крепей для очистных забоев, способов подготовки выемочных полей и расположения подготовительных выработок, увязки горных работ в различных слоях во времени и в пространстве очень важны для эффективности применяемых систем разработки мощных пологих пластов и должны осуществляться на основе изучения закономерностей проявления горного давления как в очистном забое и выработанном пространстве, так и в пределах всего выемочного поля. Настоящая работа будет способствовать правильному решению указанных вопросов.

"Рекомендации ..." разработаны на основе обобщения передового опыта, анализа результатов многолетних исследований горного давления, процессов сдвижения пород и выпуска угля, выполненных ВНИМИ, ИГД им. А. А. Скочинского, КНИУИ и другими институтами отрасли в различных горногеологических условиях.

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ МОЩНЫХ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ И ОСНОВНЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ

1.1. Мощные пологие угольные пласты (более 3,5 м) встречаются во всех бассейнах страны, за исключением Донбасса. В настоящее время их разработка обеспечивает около 10% всей годовой добычи угля подземным способом. Перспективными планами развития угольной промышленности предусматривается дальнейшее увеличение удельного веса добычи из мощных пологих пластов.

1.2. Горногеологические условия залегания мощных пологих пластов весьма разнообразны. Всего насчитывается около 50 мощных пластов с углами падения до 35°. Более половины из них отрабатывается в Карагандинском, Кузнецком и Челябинском бассейнах. Удельное участие этих бассейнов в общей добыче из таких пластов превышает 70%.

1.3. В Карагандинском бассейне в мощных пологих пластах сосредоточено около 45% всех промышленных запасов угля. Доля подземной добычи из этих пластов составляет около 40%. Их разработка ведется во всех основных угленосных районах бассейна: Карагандинском, Чурубай-Нуринском и Тентекском.

1.3.1. Карагандинский район разделен сбросом на две части: восточную (Промышленный участок) и западную (Саранский участок). К мощным здесь относятся пласты $К_{12}$ и $К_{10}$. Они имеют сложное строение и содержат, как правило, от 4 до 14 породных прослойков, суммарная мощность которых колеблется от 0,1 до 0,4 м. Угли этих пластов - средней и повышенной зольности, средней обогатимости, мягкие и средней крепости, вязкие. Их прочность уменьшается в направлении от кровли к почве. Наибольшие величины временного сопротивления сжатию $\sigma_{сж}$ (200-230 кгс/см^2) и сопротивляемости резанию A_h (до 250 кгс/см) зафиксированы в верхнем слое пласта $К_{12}$. Угли обоих пластов относятся к коксующимся, склонны к самовозгоранию, опасны по газу и пыли. Общая мощность пласта $К_{12}$ достигает 8,2 м, пласта $К_{10}$ - 5,2 м.

Промышленный участок характеризуется спокойным залеганием мощных пластов под углами 8-12°. Исключение представляет его часть, прилегающая к восточной границе, где углы падения достигают 25-45°. Для Саранского участка характерна тектоническая нарушенность. Углы падения пластов $К_{12}$ и $К_{10}$ здесь меняются от 3 до 25-30°.

Литологический состав вмещающих пород изменяется в направлении с востока на запад. С удалением от восточной границы района наблюдается уменьшение мощности непосредственной кровли пластов $К_{10}$ и $К_{12}$, представленной аргиллитами и алевролитами, с 15-17 м до полного ее исчезновения на западе Саранского участка и одновременное увеличение мощности монолитных песчаников основной кровли с 5-10 м до 25-30 м. Обрушенные породы непосредственной кровли не склонны к слеживанию и весьма слабо уплотняются. Почва мощных пластов представлена аргиллитами и алевролитами средней крепости и крепкими ($\sigma_{сж}$ = 200-700 кгс/см^2). На отдельных участках породы почвы склонны к пучению, особенно при их обводнении.

Глубина разработки мощных пологих пластов за последние 10 лет увеличивалась в среднем на 7 м в год и в настоящее время составляет на Промышленном участке 400-450 м, на Саранском - 250-300 м.

1.3.2. На части Чурубай-Нуринского и в Тентекском районах мощным является также пласт $Д_6$. Угли пласта - средней зольности и обогатимости, вязкие, мягкие и средней крепости ($\sigma_{сж}$ = = 60-100 кгс/см^2, $А_н$ = 145-200 кгс/см). Пласт опасен по внезапным выбросам угля и газа. Его общая мощность достигает 6,2 м, угол падения - 22°.

Породы, вмещающие пласт $Д_6$, представлены слабыми и средней крепости аргиллитами и алевролитами. Породы непосредственной кровли весьма неустойчивы, а после обрушения, с течением времени, склонны к уплотнению и слеживанию в выработанном пространстве. Почва пласта - слабая, обводненная, склонная к пучению. Значительная обводненность угленосной толщи, большая тектоническая нарушенность и трещиноватость пород (до 11 систем трещин), наличие в верхних горизонтах угленосной толщи выветрелых пород значительной мощности осложняют разработку пласта $Д_6$, которая в настоящее время ведется на глубине 160-200 м.

1.4. В Кузнецком бассейне удельное участие мощных пологих пластов в подземной добыче составляет 13%. Наибольший объем добычи приходится на Томь-Усинский и Ленинский угленосные районы.

1.4.1. В Томь-Усинском районе мощные пласты разрабатываются на шахтах Ольжерасского и Распадского месторождений.

Свыше 70% добычи на шахтах Ольжерасского месторождения приходится на долю пластов III, 1У-У и У1 мощностью 7,5-12 м, 8,3-12,2 м и 4,5-6,5 м, соответственно. Углы их падения изменяются от 5-8 до 25-30°.

Все пласты имеют сложное строение, включают от 3 до 7 породных прослойков. Толщина отдельных прослойков достигает 0,8-1,9 м. Угли пластов 1У-У и У1 средней крепости ($\sigma_{сж}$ = 40-80 кгс/см^2 по натурным испытаниям), трещиноватые. Нижняя

пачка пласта III мощностью 0,7–2,0 м представлена слабыми углями ($\sigma_{сж}$ = 20 кгс/см^2). Угли коксующиеся склонны к самовозгоранию. Пласты отнесены к опасным по газу и пыли. Вмещающие породы – сравнительно крепкие алевролиты ($\sigma_{сж}$ = 500 – 800 кгс/см^2), песчаники ($\sigma_{сж}$ = 900–1400 кгс/см^2) и конгломераты ($\sigma_{сж}$ = 600–700 кгс/см^2). Непосредственная кровля пласта У1 повсеместно и пласта III – на отдельных участках представлены легкообрушающимися породами мощностью до 0,8 и 1,5 м, соответственно. Породы основной кровли пластов III и 1У–У склонны к зависанию в выработанном пространстве и обрушаются крупными блоками, а после обрушения не слеживаются. Глубина разработки на действующих горизонтах в основном не превышает 250 м.

Мощные пласты Распадского месторождения (6–6а и 7) залегают под углами 5–15°. Их мощность составляет соответственно 3,5–5,4 м и 4 м. В толще пластов прослеживается от 3 до 7 породных прослойков, не выдержанных по мощности. Угли – трещиноватые, весьма хрупкие, их прочность на сжатие по натурным испытаниям составляет 35–60 кгс/см^2. Угли коксующиеся, пласты опасны по газу и пыли. Вмещающие породы представлены алевролитами, аргиллитами и песчаниками с прочностью на сжатие в образце от 500 до 1500 кгс/см^2. Максимальная глубина горных работ достигает 250 м.

1.4.2. В Ленинском районе к мощным относятся пласты Журинский и Байкаимский. Их мощность достигает соответственно 4,8 и 4,5 м, углы падения колеблются от 2 до 12°. В толще пластов встречается от 1 до 4 породных прослойков толщиной 0,05–0,35 м, нередко содержатся включения колчедана. Угли средней крепости и крепкие, трещиноватые, с прочностью на сжатие по натурным испытаниям 75–85 кгс/см^2, а по верхней, наиболее зольной пачке пласта Байкаимского – до 160–200 кгс/см^2. Пласты склонны к самовозгоранию, опасны по газу и пыли. В непосредственной кровле и почве залегают аргиллиты и алевролиты, в основной – песчаники. Прочность пород на сжатие в образце обычно составляет 200–600 кгс/см^2. На отдельных участках обоих пластов встречается ложная кровля мощностью до 1 м. Породы кровли после обрушения склонны к уплотнению и слеживанию. Почва выработок склонна к пучению. Глубина разработки достигает 200 м.

1.4.3. Кроме рассмотренных в п. 1.4.1 и 1.4.2 , участки с мощными пластами пологого и наклонного залегания разрабатываются в Беловском (пласты Сычевский I, Полысаевский II), Кемеровском (пласты Волковский, Кемеровский) и Кондомском (пласты 3–3а, 21, 23, 29, 6 и 9) районах Кузнецкого бассейна.

1.5. В Челябинском бассейне к числу мощных пологих пластов относятся Верхне-Батуринский, II-в, Чумлякский, Подчумлякский, I-д и I-ж. Запасы угля в них составляют около 40% всех запасов,

а удельное участие в общей добыче по бассейну - свыше 33%. 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 изменяются в значительных пределах. Кроме того, имеются включения валунов размерами 0,2-1,5 м. Пласты Верхне-Батуринский и Чумлякский достигают мощности 18 м. Мощность остальных не превышает 5-6 м. Углы их падения изменяются от 0 до 25°. Все пласты обводнены, опасны по газу и пыли и склонны к самовозгоранию. Угли пластов являются переходными от бурых к каменным. Для всех пластов характерно значительное изменение мощности, состава и строения пород в пределах небольших участков. Вмещающие породы представлены аргиллитами, алевролитами и песчаниками, изредка конгломератами. Их прочность на сжатие в образце составляет 100-400 кгс/см^2. Породы непосредственной кровли большинства пластов - легкообрушаемые, а после обрушения склонны к слеживанию и уплотнению. Значительное распространение имеет ложная кровля мощностью 0,2-0,6 м. С увеличением глубины работ влажность пород уменьшается, а прочность возрастает. Средняя глубина разработки по бассейну составляет 200-250 м, а максимальная - 350 м.

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

1.7. Горные работы на мощных пологих пластах в различных горногеологических условиях отличаются способами подготовки шахтных полей, параметрами систем разработки и управления кровлей, средствами механизации очистных и подготовительных работ.

1.7.1. Для подготовки шахтных полей применяют этажный и панельный способы. В последние годы на пластах с углами падения до 12° все большее распространение получает погоризонтный способ подготовки. Панельные, главные и этажные выработки проводят по угольному пласту или полевыми.

1.7.2. Управление кровлей при разработке мощных пологих пластов осуществляется, как правило, полным обрушением. Применение способа управления кровлей полной закладкой практически не вышло из стадии экспериментов.

1.8. Система разработки наклонными слоями применяется в двух вариантах:

– с разделением пласта на одновременно или последовательно отрабатываемые слои при высоте призабойного пространства, равной вынимаемой мощности слоя;

– с разделением пласта на два слоя (у кровли и почвы пласта), между которыми оставляется толща угля, погашаемая одновременно с отработкой нижнего слоя.

1.8.1. Отработку наклонных слоев при первом варианте осуществляют в нисходящем порядке. Большинство пластов отрабатывают двумя–тремя слоями и только особо мощные пласты (более 12 м) разделяют на пять–шесть слоев. Для механизации выемки угля и управления кровлей в очистных забоях применяют практически все типы механизированных крепей и комплексов, выпускаемых для пластов средней мощности. Наибольшее распространение получили комплексы ОМКТМ, КМ-87, КМ-81 и ОКП. В условиях неслеживающихся обрушенных пород применение существующих крепей в нижележащих слоях осложняется неустойчивостью кровли и невозможно без оставления межслоевых предохранительных пачек или возведения искусственных межслоевых перекрытий.

1.8.2. При втором варианте верхний (монтажный) слой отрабатывают с помощью агрегата АМС или с индивидуальной крепью. Отработка нижнего слоя и погашение межслоевой толщи, как правило, осуществляются с помощью механизированной крепи типа КГУ.

Обрушение и выпуск межслоевой тощи производят либо непосредственно под ослабленной кровлей пласта, либо под защитой гибкого межслоевого перекрытия. Ослабление кровли может осуществляться путем ее подработки длинным забоем или за счет проведения сети подготовительных выработок.

1.9. Отработка мощных пологих пластов без разделения на слои может осуществляться либо сразу на всю мощность, либо с выпуском угля подкровельной толщи. Для выемки пластов мощностью 3,5–5,0 м в нашей стране созданы комплексы типа КМ-120 и КМ-130. Для разработки пластов с выпуском угля подкровельной толщи применяется комплекс КТУ с крепью оградительного типа и создан комплекс КМВ с крепью поддерживающего типа.

За рубежом для пластов мощностью 4–5 м используются комплексы МК-380 (Япония), "Хемшейдт" (ФРГ), GIG-OW (Польша) и др. При разработке пластов с выпуском угля применяются крепи поддерживающего типа (Франция), в которых частичная механизация выпуска угля достигается с помощью гидродомкрата и изогнутого оградительного элемента ("банана"), шарнирно закрепленного на заднем конце верхняка.

1.10. При системах разработки с выпуском угля одним из ответственных технологических процессов является погашение вышележащей угольной толщи. Равномерное разрушение погашаемой толщи на куски необходимой крупности не всегда может быть достигнуто только за счет ее самообрушения. В большинстве случаев требуется предварительное ослабление или принудительное разрушение угля. Эти операции вносят ряд осложнений в технологию очистных работ. Предварительное ослабление угольной толщи нередко приводит к ухудшению устойчивости кровли и угольного забоя в подсечном слое, а эффективность принудительного разрушения снижается вследствие преждевременного разрушения толщи под действием горного давления. Важное значение для осуществления высокопроизводительного выпуска угля и полноты его извлечения имеют шаг выпуска, а также размеры, форма и расположение выпускных отверстий.

1. 11. Основными направлениями совершенствования разработки мощных пологих пластов на базе средств комплексной механизации следует считать выемку пластов мощностью до 5 м сразу на всю мощность длинными столбами по падению или по простиранию, а свыше 5 м – с разделением на наклонные слои. При системе разработки наклонными слоями следует ориентироваться: а) на самостоятельную подготовку и последовательную выемку каждого слоя в пределах выемочного поля без оставления межслоевых пачек угля, если породы непосредственной кровли пласта склонны к уплотнению и слеживанию; б) на групповую подготовку и одновременную выемку слоев в пласте с использованием гибкого металлического перекрытия при практически неслеживающихся обрушенных породах кровли.

2. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ДАВЛЕНИЯ И СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

2.1. Отличительные особенности развития процессов давления и сдвижения горных пород при выемке мощных пластов, по сравнению с выемкой пластов тонких и средней мощности, обусловлены спецификой их отработки.

При слоевых системах разработки с обрушением кровли вышележащая толща неоднократно подрабатывается в пределах одной и той же площади. Очистные выработки в смежных слоях могут оказывать вредное взаимное влияние, а устойчивость кровли в нижележащих слоях резко снижается. Проведение и поддержание слоевых подготовительных выработок при взаимном влиянии работ в соседних слоях нередко приходится осуществлять в зонах повышенного опорного давления, вызванного работой соседних очистных забоев.

При выемке без разделения на слои увеличение мощности пласта приводит к росту интенсивности смещений пород как в очистных забоях, так и в подготовительных выработках. В этом случае необходимо решать вопросы поддержания сопряжений очистного забоя большой высоты с подготовительными выработками, а при системах с выпуском угля, кроме того, вопросы, связанные с погашением подкровельных и межслоевых пачек.

2.2. Эффективность применения механизированных крепей в очистных забоях при любой схеме отработки пласта во многом зависит от того, насколько конструктивная схема крепи и ее силовые параметры соответствуют данным горногеологическим условиям и характеру проявлений горного давления. Механизм взаимодействия крепи с боковыми породами, определяющий ее работу по поддержанию кровли, весьма сложен, поскольку на него влияет много различных факторов. При разработке мощных пологих пластов особого рассмотрения требуют следующие факторы: свойства вмещающих пород и пласта, вынимаемая мощность пласта (слоя), устойчивость угольного забоя и крепи. При слоевых и комбинированных системах разработки на характер взаимодействия крепи и пород могут оказывать взаимное влияние очистные забои, отрабатываемые одновременно в разных слоях. В случае разработки пластов с погашением подкровельных или межслоевых пачек выбор типа и конструкции крепи для подсечного слоя должен осуществляться также с учетом устойчивости этих пачек и закономерностей выпуска угля.

2.3. При отработке верхнего слоя без возведения искусственного межслоевого перекрытия, вопросы управления кровлей, связанные с выбором типа и силовых параметров крепей, решаются так же, как и при выемке пластов средней мощности, т. е. с учетом устойчивости и обрушаемости пород кровли, мощности слоя, угла падения пласта и т. д. Аналогичный подход требуется и при выемке нижележащих слоев в условиях хорошей слеживаемости обрушенных пород. Если необходимо возведение искусственного межслоевого перекрытия или выполнение работ по повышению слеживаемости или упрочнению обрушенных пород, в верхнем слое требуется более широкое призабойное пространство, охраняемое крепью.

2.4. В нижележащих слоях в условиях неслеживающихся пород кровля представлена несвязными или слабо связными породами, находящимися в кусковатом или блочном состоянии, т. е. практически не обладающими устойчивостью. В этом случае для обеспечения устойчивости кровли в очистном забое требуются специальные меры; оставление межслоевых пачек или возведение в вышележащем слое межслоевых перекрытий. Наиболее слабым участком кровли очистного забоя является незакрепленная полоса между забоем и концами верхняков (козырьков) крепи. На этом участке

при недостаточной прочности межслоевой пачки возможен прорыв пород в призабойное пространство, а при недостаточной жесткости межслоевого перекрытия - его провисание впереди крепи в виде гамака.

2.5. В верхних слоях опускания кровли в призабойном пространстве, их интенсивность и размеры зон влияния производственных процессов при прочих равных условиях характеризуются теми же величинами, что и на пластах средней мощности. Во втором слое опускания кровли в среднем в два раза больше, чем в первом, а в третьем слое - на 40-60% больше, чем во втором. Снижение сопротивления крепи приводит к росту опускания кровли как в верхнем, так и в нижележащих слоях, где величины опускания изменяются в широких пределах, в зависимости от степени слеживаемости пород, наличия межслоевой пачки и ее характеристики и пр.

Размеры зоны влияния производственных процессов в очистных забоях нижних слоев обычно не превышают 25-30 м, что несколько меньше, чем в верхнем слое (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 механизированных крепей (5-15 мм) составляют всего 10-20% от величины опускания кровли за цикл вследствие разрушения межслоевой пачки и внедрения верхняков в породы кровли. Увеличение толщины межслоевых предохранительных пачек приводит к уменьшению смещений кровли в призабойной полосе.

2.6. В очистных забоях нижележащих слоев гидростойки существующих крепей, в основном, работают в режиме нарастающего сопротивления и, в среднем, не более чем в 10-12% циклов выходят на рабочее сопротивление, которое достигается только в конце цикла, т. е. перед разгрузкой секции. Средние значения максимальных сопротивлений стоек примерно в два раза превосходят величину их начального распора. Для крепей оградительно-поддерживающего типа они, 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. Сопротивление крепи с течением времени может даже несколько снижаться в результате высоких контактных усилий, вызывающих разрушение защитных пачек и уплотнение обрушенных пород. Однако с увеличением длительности цикла ухудшается состояние кровли, в частности, снижается устойчивость межслоевой пачки. Работа крепей в забоях, где межслоевая пачка не оставляется, т. е. непосредственно под обрушенными породами, характеризуется некоторым снижением нагрузок, при этом опускания кровли увеличиваются, т. е. возрастают смещения пород под влиянием процессов выемки угля и передвижки крепи.

2.7. Выбирая тип механизированной крепи, необходимо знать характер поведения пород кровли очистного забоя в зависимости от ширины поддерживаемого призабойного пространства, определяемой длиной верхняка крепи. При отработке нижележащих слоев или пластов с легкообрушающимися кровлями (без проявлений вторичных осадок) средние значения опусканий кровли в забоях с крепями, имеющими одинаковое удельное сопротивление, мало зависят от ширины призабойного пространства (длины верхняка). В условиях, где проявляются вторичные осадки, среднемаксимальные значения опусканий кровли с увеличением длины верхняка не изменяются или даже несколько уменьшаются. Если же общее сопротивление крепи остается постоянным, т. е. удельное сопротивление изменяется обратно пропорционально поддерживаемой площади, то с увеличением длины верхняка среднемаксимальные опускания кровли возрастают. Таким образом, чтобы увеличение ширины призабойного пространства не привело к росту опусканий кровли, необходимо предусматривать увеличение общего сопротивления секций крепи. При этом ее удельное сопротивление в отдельных случаях может быть даже несколько снижено.

С учетом сказанного вопрос выбора типа крепи для пластов с труднообрушающимися кровлями должен решаться в пользу крепей поддерживающего типа. Этот же тип крепи более целесообразен по величине "живого" сечения для условия разработки пластов с высокой газообильностью и при необходимости возведения искусственных перекрытий. Во всех остальных случаях с точки зрения как проявлений горного давления, так и экономичности, более целесообразным следует считать применение крепи оградительно-поддерживающего типа.

2.8. В настоящее время, в зависимости от полной мощности пласта, его строения и наличия того или иного типа крепи, отрабатывают пласты (слои) толщиной от 1,8-2,0 м (КМ-87) до 5 м (КМ-120), а при системах разработки с выпуском - до 10 м. Как отмечалось, увеличение вынимаемой мощности слоя или пласта ведет к снижению затрат на проведение и поддержание подготовительных выработок, уменьшению потерь угля по мощности пласта и т. д. Поскольку создание крепей для пластов (слоев) повышенной мощности является перспективным направлением, необходимо знать особенности проявлений горного давления при увеличении вынимаемой мощности пласта или слоя.

2.8.1. С увеличением вынимаемой мощности пласта (слоя) растут частота и интенсивность обрушения пород, а также высота зоны их беспорядочного обрушения и коэффициент разрыхления, что приводит к увеличению смещений кровли и нагрузок на крепь в очистных забоях. Из этого следует, что с повышением вынимаемой мощности необходимо предусматривать увеличение конструктивной податливости (раздвижности) крепи и ее несущей способности.

2.8.2. Наибольшее увеличение объема обрушенных пород происходит за счет толщи, залегающей над пластом и равной 3-5 - кратной его мощности. При увеличении вынимаемой мощности в два раза коэффициент разрыхления пород в зоне их беспорядочного обрушения возрастает на 8-12%. Соотношение между высотой зоны беспорядочного обрушения и мощностью пласта (слоя) с увеличением последней остается практически постоянным и, как правило, не превышает 1,5-2,0. В одних и тех же горногеологических условиях с увеличением вынимаемой мощности пласта снижается степень подбучивания основной кровли и вышележащих пород. В условиях, характеризующихся полной подработкой пород вышележащей толщи, с увеличением вынимаемой мощности размеры зоны активного давления обрушенных пород в выработанном пространстве уменьшаются.

2.9. При выемке пластов (слоев) повышенной мощности особое значение приобретает вопрос обеспечения устойчивости обнажений угольного массива, поскольку отжим угля из забоя, кроме нарушения нормальной технологии работ, влечет за собой повышение опасности при падении кусков угля с большой высоты и приводит к дополнительным обнажениям кровли. Особенно интенсивно отжим развивается при выемке верхних слоев, где его глубина достигает 0,8-1,0 м. Отработка нижних слоев при прочих равных условиях сопровождается меньшим отжимом.

На величину отжима большое влияние оказывают ориентировка кливажных трещин в пласте и форма забоя. Так, при наклонном на массив забое или при первоочередной выемке угля в верхней части забоя зона опорного давления на краевую часть пласта перемещается в глубь массива, что приводит к повышению устойчивости забоя, т. е. к уменьшению отжима угля.

2.10. При выборе параметров управления горным давлением и конструктивных элементов систем разработки с выпуском угля важное значение приобретают вопросы погашения подкровельных и межслоевых пачек и выбора оптимальных параметров выпуска. Решение этих вопросов должно осуществляться с учетом устойчивости консоли погашаемой угольной толщи и кровли очистного забоя в подсечном слое, возможности разрушения угля до необходимой крупности и закономерностей его выпуска.

2.10.1. Погашение угольной толщи является одним из наиболее сложных элементов производственного процесса. Вблизи забоя обнажения кровли необходимо сохранять устойчивыми, а над крепью вся погашаемая толща должна разрушаться на блоки необходимой крупности. При использовании в подсечном слое крепи типа КТУ выполнение этих требований не вызывает существенных затруднений, если угольная консоль не разрушается под действием горного давления еще до проведения буровзрывных работ. В случае преждевременного разрушения угольной консоли безопасность

буровзрывных работ и их производительность, а также полнота выпуска резко снижаются. Необходимую устойчивость консоли можно обеспечить путем уменьшения ее длины или придания забою в погашаемой толще наклона на угольный массив.

2.10.2. Наклон забоя, требуемый для устойчивости угольной консоли, зависит от ее длины и свойств угольного массива. При крепи типа КТУ в большинстве случаев достаточен наклон на массив под углом до 25–40° от вертикали. При этом для повышения устойчивости нижней части консоли шпуры в ней следует забуривать на расстоянии 0,4–0,5 м от забоя подсечного слоя.

2.11. Полнота извлечения подготовленного к выпуску угля зависит, главным образом, от свойств и строения пород непосредственной кровли, наличия гибкого перекрытия между углем и породой, наклона забоя в погашаемой толще, параметров и технологии выпуска. Если породы обрушаются вслед за выпуском каждой полосы угля и налегают на выпускаемый уголь, то уровень его извлечения повышается.

При труднообрушаемой кровле выемка с выпуском угля ведет к увеличению его потерь в результате высыпания угля в выработанное пространство.

2.11.1. При выпуске под обрушенными породами без гибкого перекрытия степень извлечения угля повышается с увеличением крупности налегающих обрушенных пород и достигает максимального уровня, когда размеры кусков породы не позволяют им проникать в выпускные отверстия. Увеличивать размеры блоков обрушаемой кровли можно путем изменения высоты их обрушения, ограничивая зону беспорядочного обрушения.

2.11.2. Придание забою в погашаемой толще наклона на угольный массив ведет к снижению потерь угля. При отклонении плоскости забоя от вертикали на 30° выпуск развивается практически так же, как и в случае предварительно замагазинированного угля, т. е. условия выпуска наиболее благоприятны. В этих условиях под гибким перекрытием можно достичь практически полного извлечения погашаемой толщи.

2.11.3. Повышению производительности выпуска способствуют возвратно-поступательные перемещения ограждения (крепь КМВ) или всей секции (крепь КТУ). Такие перемещения с амплитудой 0,2–0,3 ширины люка дают тот же эффект, что и увеличение площади люка на 20–25%.

2.11.4. Большое влияние на полноту извлечения угля, особенно при работе без гибкого перекрытия, оказывает шаг выпуска, при уменьшении которого уровень извлечения угля из погашаемой толщи повышается.

2.12. При слоевой выемке пластов, особенно в случае одновременного ведения горных работ в разных слоях, в пределах выемочного поля развиваются сложные процессы сдвижения пород

подрабатываемой толщи. Вопросы выбора оптимальных опережений между очистными забоями в смежных слоях и рациональных способов подготовки и отработки выемочных полей и столбов, обеспечивающих благоприятные условия поддержания подготовительных выработок, должны решаться комплексно, с учетом характера развития горного давления в каждом слое.

2.12.1. Отработка очистного забоя в каждом слое приводит к образованию у границ нетронутого массива или у целиков, а также впереди забоя зон опорного давления, обусловленных зависанием пород подрабатываемой толщи. В то же время в некоторой области под выработанным пространством возникает зона разгрузки пород от первоначальных напряжений. Формирование этих зон и их параметры находятся под влиянием многих факторов, главными из которых являются вынимаемая мощность слоя, физико-механические свойства пород и глубина разработки.

2.12.2. Ширина зоны опорного давления впереди очистного забоя, в пределах которой выработки испытывают вредное влияние его отработки, при выемке верхнего слоя на достигнутых глубинах в большинстве случаев не превышает 20-30 м. Примерно таким же расстоянием от очистного забоя в сторону выработанного пространства характеризуется зона разгрузки пород в почве верхнего слоя, где интенсивные осадки пород вышележащей толщи обычно не сказываются. При отработке нижележащих слоев размеры этих зон уменьшаются примерно в два раза.

2.12.3. Обрушение пород вызывает рост давления на почву данного слоя в выработанном пространстве. В результате надработки выработки нижележащих слоев испытывают динамические нагрузки, возникающие при резких осадках кровли, и нагрузки, нарастающие постепенно, по мере сдвижения и уплотнения обрушенных пород. С уменьшением прочности пород зона стабилизации их давления в выработанном пространстве приближается к очистному забою. Это относится и к нижележащим слоям, и к верхним слоям ранее надработанных пластов, причем стабилизация давления на почву слоя в средней части лавы наступает несколько ранее, чем у ее границ.

2.12.4. С увеличением глубины горных работ, при прочих равных условиях, зона активного давления и сдвижения обрушенных пород в выработанном пространстве возрастает. Размеры этой зоны, где сказывается интенсивное влияние отработки очистного забоя как на выработки в нижележащем слое, так и на выработки в смежных столбах данного слоя, отделяемые целиками недостаточной несущей способности, как правило, не превышает $(6\div8)\sqrt{H}$ (м), считая от очистного забоя в сторону выработанного пространства. Следует отметить, что в одинаковых горногеологических условиях протяженность зоны интенсивного влияния очистных работ на подготовительные выработки, располагаемые вприсечку к выработанному пространству, в 1,5-2 раза меньше по сравнению с

выработками, которые охраняются целиками. В то же время интенсивность смещений пород, окружающих выработку, при бесцеликовой охране в этой зоне значительно выше. Продолжительность периода активной стадии процесса сдвижения подрабатываемых пород обычно не превышает 2 месяцев.

2.12.5. При выемке данного столба над соседним, ранее отработанным, столбом происходит активизация процесса сдвижения пород, которая имеет место при отработке не только верхнего, но и последующих слоев и захватывает зону шириной порядка $3\sqrt{H}$ (м), считая от границы действующего забоя. Располагаемые в этой зоне выработки испытывают влияние активно протекающих процессов сдвижения, т. е. как бы надрабатываются, хотя очистные работы непосредственно над ними не производятся. Активизация процесса сдвижения ранее подработанных пород также является одной из причин развития повышенного давления на выработки.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ КРЕПЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ ПРИ СЛОЕВОЙ ВЫЕМКЕ ПЛАСТОВ

3.1. При слоевых системах разработки основной проблемой управления кровлей и крепления является устойчивость обрушенных пород в очистных забоях нижележащих слоев. Она определяется прежде всего склонностью пород слеживаться после их обрушения, т. е. уплотняться и приобретать связность. Степень слеживания пород зависит от ряда факторов, главными из которых следует считать петрографический состав, влажность и время, в течение которого происходит их уплотнение под давлением.

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

3.1.1. Для ускорения и улучшения процессов уплотнения склонных к слеживанию обрушенных пород целесообразно подавать в выработанное пространство глинистую пульпу или увлажнять их водой. Оптимальное значение влажности пород (аргиллитов и алевролитов) по условиям слеживаемости составляет около 10–12%.

Необходимый расход пульпы или воды при равномерной обработке пород, например, для условий, аналогичных Челябинскому бассейну, должен составлять не менее 0,17–0,20 $м^3$ на 1 $м^2$ выработанного пространства.

3.1.2. Межслоевые угольные пачки, которые обеспечивают надлежащую устойчивость кровли в очистных забоях нижележащих слоев при углях не ниже средней крепости должны приниматься толщиной, как правило, не менее 0,5 м. Если в пласте есть породные прослойки, к ним следует, по возможности, приурочивать межслоевые пачки, и по этим прослойкам, а также по маркирующим горизонтам контролировать толщину пачек или положение данного слоя по мощности пласта. Когда пласт делится на три слоя и более, а прослойки отсутствуют, необходимо контролировать пачку с помощью шпуров, пробуриваемых в кровлю слоя из очистного забоя. Кроме этого 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. В дальнейшем необходимо разработать специальное устройство для автоматизированного контроля положения комплекса относительно поверхности контакта уголь-обрушенная порода.

3.1.3. В качестве предварительных крепей при механизированной выемке слоев рекомендуются металлические или бутобетонные перекрытия, которые должны обладать необходимой прочностью, жесткостью и обеспечивать возможность механизации работ по их возведению, а также сохраняться в условиях агрессивной среды в течение требуемого срока. Конструкция металлического перекрытия должна допускать его прогиб в призабойной полосе, исходя из условия, что толщина слоя принимается на 0,3 м больше максимальной высоты механизированной крепи. Металлическое перекрытие, возводимое на почве вышележащего слоя, рекомендуется изготавливать:

а) из стальных полос толщиной 1,4–1,6 мм и шириной 40–60 мм (ГОСТ 6009–74), настилаемых впереплет специальной машиной (по типу агрегата АМС) из расчета 4–5 полос на 1 м выработанного пространства;

б) из плетеной проволочной сетки № 20 или 25 (ГОСТ 5336–67) с коэффициентом перекрытия полос не менее 1,5, усиленной в направлении подвигания забоя стальными лентами толщиной 2–3 мм и шириной 30–60 мм из расчета 2–3 ленты на 1 пог. м длины лавы или равнопрочной им проволокой (катанкой); для возведения такого перекрытия может быть использован комплекс приспособлений, разработанный КНИУИ.

3.1.4. Бутобетонное перекрытие рекомендуется создавать путем скрепления (упрочнения) породной и угольной мелочи, образующейся на почве при выемке вышележащего слоя, с помощью вяжущих растворов на основе местных или синтетических материалов. Наиболее подходящими местными материалами для вяжущих растворов следует считать доменные и котельные шлаки с тонкостью помола менее 0,1 мм и добавкой в качестве активизатора цемента марки 400 в размере 8-10% от веса основного вяжущего, а в качестве ускорителя схватывания - жидкого стекла. Расход шлака должен составлять 25-30% от веса заполнителя, которым служит породная и угольная мелочь. При прочности на одноосное сжатие порядка 50 кгс/см^2 толщина бутобетонного слоя должна быть не менее 0,3-0,4 м, чтобы обеспечить устойчивость кровли в нижележащих слоях. Для приготовления и подачи раствора на вентиляционном горизонте или штреке устанавливается растворомешалка (смеситель) и прокладывается специальный трубопровод под крепь, от которого через одну-две секции крепи делаются ответвления в сторону выработанного пространства. Достоинством этого способа создания искусственной кровли являются низкие капитальные затраты и небольшой расход дефицитных материалов. Представляется также целесообразным в качестве вяжущих использовать синтетические смолы, обладающие необходимой проникающей способностью. При этом перекрытия с использованием синтетических материалов должны быть нетоксичными и огнестойкими.

3.1.5. Выбор рационального способа обеспечения устойчивости кровли в нижележащих слоях в каждом конкретном случае должен обосновываться экономически в соответствии с действующей "Отраслевой инструкцией по учету балансовых и расчету промышленных запасов, определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь угля (сланца) при добыче". Для получения положительного эффекта от применения искусственного перекрытия необходимо, чтобы его стоимость была меньше ущерба, связанного с потерями угля в межслоевой пачке. Исходя из этого, решения по способам обеспечения устойчивости кровли для условий, где из мощных пластов добываются ценные коксующиеся угли, не будут такими же, как для месторождений с высокозольными углями и для отдаленных районов, где транспортные и трудовые затраты велики, а спрос на уголь ограничен.

Выемка слоев с оставлением межслоевых угольных пачек может допускаться только на основе специального обоснования, утвержденного техническим директором производственного объединения. В обосновании по каждому шахтопласту должны указываться причины отказа от искусственного перекрытия, а также техническая и экономическая целесообразность работы с угольными пачками.

3.2. Условия работы крепей и характер их взаимодействия с породами кровли в верхнем и нижележащих слоях имеют существенные отличия. Отработка верхнего слоя, если не требуется возводить искусственное межслоевое перекрытие, в принципе не отличается от выемки пласта средней мощности. Поэтому в данном случае вопросы выбора типа и параметров крепей решаются так же, как и на пластах средней мощности, т. е. с учетом устойчивости и обрушаемости пород кровли, вынимаемой мощности, угла падения и т. д. Однако при необходимости возведения межслоевого перекрытия или выполнения работ по улучшению слеживаемости или по упрочнению обрушенных пород необходимо, чтобы призабойное пространство позволяло размещать в нем соответствующее оборудование и производить указанные работы.

В нижележащих слоях в связи с легкой обрушаемостью кровли и отсутствием, как правило, резких ее осадок, а также в целях сохранения устойчивости межслоевых пачек и уменьшения эффекта "топтания" боковых пород целесообразно применять крепи с более низким сопротивлением, чем в верхнем слое. Вместе с тем, они должны обеспечивать надежное поддержание кровли по всей ширине призабойного пространства и ограждение последнего от переобрушающихся пород.

3.2.1. Для выемки верхних слоев на пластах с крупноблочным обрушением пород, а также в условиях высокой газоносности или при необходимости возводить межслоевое перекрытие, следует ориентироваться на крепи поддерживающего типа. Из числа существующих в большей степени этим условиям удовлетворяют крепи типа М-81 и М-87Н, а из числа создаваемых - М-130. В остальных случаях могут применяться крепи оградительно-поддерживающего типа (ОКП).

Величина номинального сопротивления крепей для верхних слоев мощностью 2-3 м при породах кровли, не относящихся к числу труднообрушающихся, должна составлять 40-50 тс/м^2, начальный распор крепи - не менее 60% от номинального сопротивления, а остаточный подпор при передвижке секций - не менее 5 тс/м^2. При породах, склонных к зависаниям и резким вторичным осадкам, т. е. при труднообрушающихся, если не проводятся специальные мероприятия по снижению интенсивности влияния осадок кровли, номинальное сопротивление крепей для указанной мощности слоев должно быть не менее 80-100 тс/м^2.

3.2.2. Условиям работы в нижележащих слоях в наибольшей степени отвечают оградительно-поддерживающие крепи (типа ОКП), имеющие небольшую ширину поддерживаемого пространства, обеспечивающие меньшее "топтание" боковых пород и удовлетворяющие условиям разработки пластов со слабыми почвами. При отработке пластов более чем в два слоя, когда требуется возводить межслоевое перекрытие в каждом вышележащем слое, следует предусматривать применение крепей поддерживающего

типа с развитым ограждением и регулируемым сопротивлением гидростоек. Особенности отработки слоев под обрушенными породами, большой удельный вес добычи из мощных пологих пластов и необходимость ее дальнейшего развития требуют совершенствования существующих или создания специальных крепей для выемки нижележащих слоев. Величина номинального сопротивления крепей для нижних слоев мощностью до 5 м может не превышать 30-50 тс/м^2. В них также следует предусматривать полное перекрытие межсекционных зазоров как по кровле, так и со стороны выработанного пространства.

3.2.3. При увеличении вынимаемой мощности слоя возрастает интенсивность проявлений сдвижения и давления пород, что необходимо учитывать при выборе силовых параметров и конструировании крепей. Для верхних слоев мощностью 4-6 м при породах кровли не выше средней устойчивости номинальное сопротивление крепей должно составлять 70-90 тс/м^2. На таком же уровне должно находиться сопротивление крепей при выемке пластов указанной выше мощности сдвоенными по вертикали комплексами. Для условий выемки пластов такой мощности с особо прочными и склонными к резким осадкам породами кровли можно считать целесообразным создание опытных образцов крепей с номинальным сопротивлением 120-150 тс/м^2.

Увеличение вынимаемой мощности слоев требует повышения продольной и поперечной устойчивости секций, обеспечения устойчивости угольного забоя и исключения зазоров в перекрытиях и ограждениях.

3.2.4. В случае использования в верхнем и нижележащих слоях одного и того же механизированного комплекса сопротивление крепи должно быть регулируемым, чтобы обеспечить возможность его снижения в нижележащих слоях до оптимальных величин, устанавливаемых опытом.

3.2.5. 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 может быть создание автоматизированного комплекса, включающего выемочную машину с захватом равным 0,1-0,2 м и секционную щитовую крепь с выдвижными упругими перекрытиями. Применение такой крепи будет способствовать сохранению устойчивости кровли, обеспечит уменьшение частоты передвижек секций и непрерывный контакт всей поверхности перекрытия с кровлей. При этом поддерживающая часть секции должна состоять из опорной плиты и выдвижного перекрытия, плотно прижимаемого к кровле и передвигаемого после каждого хода выемочной машины при неизменном положении секции крепи. После полного выдвижения призабойной части перекрытия (примерно через 4-5 циклов) осуществляется передвижка основной части секции без разгрузки или при частично снятом распоре призабойной части

перекрытия. Минимальный захват выемочной машины в сочетании с легким межслоевым перекрытием позволит отрабатывать нижележащие слои без межслоевых пачек или оставлять их толщиной не более 0,2 м.

3.3. Вопросы выбора рациональных схем подготовки и отработки выемочных полей, включающие расположение и охрану подготовительных выработок, а также взаимную увязку горных работ в разных слоях, не менее важны, чем вопросы управления кровлей в очистных забоях. Для обеспечения благоприятных условий поддержания выработок их следует располагать вне зон интенсивного проявления опорного давления и активных сдвижений пород, а также вне зон активизации процесса сдвижения над выработанным пространством. Вместе с тем в схемах подготовки должно предусматриваться рациональное расположение выработок в слоях – с небольшим смещением в сторону выработанного пространства у кромки нетронутого массива или целика с достаточной несущей способностью.

В зависимости от степени слеживаемости обрушенных пород, характера давления и сдвижения подрабатываемой толщи, зольности слагающих пласт угольных пачек, размеров и нарушенности выемочных полей, рекомендуются следующие три схемы их подготовки и отработки: последовательная выемка слоев по схеме слой–пласт; подготовка и отработка через подэтаж или столб; то же на фланговые выработки.

3.3.1. Последовательная отработка слоев, когда выемка каждого последующего слоя начинается после окончания отработки вышележащего 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 оказываются вне зон активизации и активных сдвижений подработанных пород.

3.3.2. Схема подготовки и отработки выемочных полей через подэтаж или столб (при выемке по падению или восстанию) имеет целью разделить очистные и подготовительные работы. Такой способ подготовки создает благоприятные условия для применения бесцеликовых схем поддержания подготовительных выработок, размещаемых вне зон интенсивного влияния сдвижений пород и зон опорного давления действующих забоев в отрабатываемых столбах. В нижележащих слоях указанная схема также обеспечивает расположение подготовительных выработок, примыкающих к ранее отрабатываемому столбу, вне зон наложения опорного давления. В случае необходимости одновременной отработки смежных слоев в одном подэтаже (столбе) рекомендуются, с учетом технико-экономической целесообразности: а) подготовка двух смежных слоев общими выработками и отработка очистных забоев с опережением между первым и вторым слоями, равным 20–30 м, а между последующими – 30–40 м, б) независимая подготовка каждого слоя

при условии проведения выработок по нижележащему слою с отставанием от очистного забоя по вышележащему слою не менее чем на (6÷8) $\sqrt{H}$ (H – глубина работ в метрах).

3.3.3. Схема подготовки и отработки выемочных полей с помощью фланговых выработок обеспечивает одновременное и независимое ведение очистных и подготовительных работ в смежных слоях в одном и том же столбе. Она рекомендуется в условиях неслеживающихся пород и при наличии дизъюнктивных нарушений. Сущность схемы состоит в том, 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 влияние очистных работ на подготовительные выработки (см. п.2.12). Выемка подэтажей или столбов может производиться последовательно или через подэтаж (столб). Проведение и поддержание подготовительных выработок осуществляются без оставления целиков. Данная схема может применяться и при двухсторонних выемочных полях. В этом случае подготовка слоев в каждом крыле ведется на фланговые, а очистная выемка – на центральные бремсберги (уклоны). Подобный принцип подготовки может быть использован также и при отработке слоев столбами по падению (восстанию).

3.3.4. Рекомендуемые в пп. 3.3.1 – 3.3.3 схемы подготовки и отработки выемочных полей предусматривают проходку и поддержание слоевых выработок без оставления целиков. В случае проведения подготовительных выработок для смежного столба или слоя вместе с подвиганием очистного забоя в данном столбе следует применять крепь с податливостью 300–400 мм – в верхнем слое и 500–700 мм – в нижележащих слоях и несущей способностью не менее 30 тс/м^2 или использовать временную переносную крепь, которая на расстоянии (3÷4) $\sqrt{H}$ 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, конкретных горногеологических условий разработки и экономической оценки принятого решения. Указанные схемы следует использовать применительно к действующим технологическим схемам очистных и подготовительных работ на угольных шахтах.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ КРЕПЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ ПРИ ВЫЕМКЕ ПЛАСТОВ НА ПОЛНУЮ МОЩНОСТЬ И С ВЫПУСКОМ ПОДКРОВЕЛЬНЫХ И МЕЖСЛОЕВЫХ ТОЛЩ

4.1. При выемке мощных пологих пластов без разделения на слои, как и при выемке отдельных слоев повышенной мощности, кроме выбора типа и силовых параметров крепей, особого рассмотрения требуют вопросы, связанные с обеспечением устойчивости угольного забоя и креплением сопряжений очистного забоя с подготовительными выработками, а при системах с выпуском угля – вопросы устойчивости подкровельных и межслоевых толщ угля и выбора параметров выпуска разрушенного угля.

4.2. Технические мероприятия по снижению интенсивности отжима и предупреждению вывалов угля из забоя можно разделить на две группы: 1) изменение физико-механических свойств угольного массива в призабойной части и 2) совершенствование процесса крепления и технологии добычи угля.

4.2.1. Для упрочнения угольного массива могут использоваться быстросхватывающиеся растворы на основе полиэфирных или меламино-формальдегидных смол и полиуретана. Основными общими требованиями к методам упрочнения угольного забоя являются: безопасность работ, минимальное время проведения мероприятий при их высокой эффективности, низкие затраты, компактность приспособлений для выполнения работ.

4.2.2. Одним из эффективных мероприятий по повышению устойчивости угольного забоя следует считать изменение его формы: а) путем придания всей плоскости забоя или только его верхней части наклона на массив (по типу забоя крепи М-120) и б) первоочередной выемкой полосы угля в верхней части пласта. Величина угла наклона забоя к вертикали, в зависимости от свойств угля, должна составлять 8-15°, а высота верхней полосы – 0,5-0,7 от мощности пласта. Вследствие наклона забоя или опережающей выемки его верхней части зона максимального опорного давления на краевую часть пласта смещается вглубь массива, что приводит к уменьшению отжима угля. Оба способа рекомендуются прежде всего для пластов, представленных сравнительно вязкими углями и устойчивыми породами кровли. В тех условиях, где образующиеся в результате этих мероприятий дополнительные обнажения кровли неустойчивы, необходимо применение крепей с выдвижными козырьками.

4.2.3. Среди пассивных способов борьбы с последствиями отжима следует указать на специальные устройства, предусматриваемые в конструкциях механизированных крепей для удержания отжимаемой части массива угля. Вновь создаваемые крепи для пластов (слоев) мощностью более 3 м должны оснащаться противоот-

жимными устройствами, устанавливаемыми через одну секцию или не более чем через 3 м, например, по типу устройств для комплексов 3МК или для крепи М-130.

4.3. Крепь сопряжений должна быть поддерживающего типа, не иметь опоры на крепь очистного забоя и обеспечивать активный распор в боковые породы. Величина ее номинального сопротивления должна приниматься около 40 тс/м^2.

4.4. Общие требования к механизированным крепям для разработки пластов мощностью 4-6 м сводятся к следующим.

4.4.1. Конструктивные схемы крепей, в зависимости от характеристики вмещающих пород и условий применения, должны быть: поддерживающего типа - при наличии резких проявлений осадок кровли, а также в условиях высокой газоносности пластов или при необходимости возведения искусственного межслоевого перекрытия; оградительно-поддерживающего типа - во всех остальных случаях.

4.4.2. Конструкция крепей должна обеспечивать:

- полное перекрытие межсекционных зазоров как по кровле, так и со стороны выработанного пространства;
- временное поддержание кровли с помощью выдвижных козырьков с сопротивлением у забоя не менее 5 тс/м^2;
- крепление забоя со скоростью не ниже скорости движения комбайна;
- крепление или упрочнение угольного забоя для предотвращения неблагоприятных последствий отжима угля.

4.4.3. Величина номинального сопротивления механизированных крепей при вынимаемой мощности 4-6 м и породах кровли не выше средней устойчивости, где отсутствуют резкие осадки пород основной кровли, должна составлять 70-90 тс/м^2. Секции крепей обоих типов должны иметь ограждения с несущей способностью не менее 20 тс/м^2. Начальный распор секций крепи должен составлять не менее 70% от их номинального сопротивления: все гидростойки крепи должны быть оборудованы индикаторами контроля величины начального распора. Конструктивная гидравлическая податливость крепи должна выбираться с учетом возможности опускания кровли не менее 100-120 мм на 1 м ширины призабойного пространства.

Для условий выемки пластов указанной мощности с весьма прочными, труднообрушающимися породами кровли, с резкими проявлениями осадок, если не проводятся специальные мероприятия по разупрочнению пород, представляется необходимым создание опытных крепей с сопротивлением 120-150 тс/м^2.

4.5. Применение систем разработки с потолкоуступным забоем и выпуском угля в условиях склонной к зависанию кровли требует мероприятий по ее предварительному ослаблению: подработки, торпедирования, нагнетания воды и др.

При выборе рациональной схемы выемки пласта требует решения вопрос о целесообразности использования гибкого перекрытия между углем и породой. Поскольку при прочих равных условиях выпуск под защитой гибкого перекрытия сопровождается меньшими потерями и разубоживанием угля, то следует сравнить затраты, связанные с его возведением, с ущербом от дополнительных потерь угля и снижением его качества при выпуске без гибкого перекрытия.

4.6. Возведение гибкого перекрытия производится на почве монтажного слоя, отработка которого осуществляется у кровли пласта и принципиально не отличается от выемки пласта средней мощности или верхнего слоя мощного пласта с возведением гибкого межслоевого перекрытия при системах разработки наклонными слоями. Поэтому и требования к крепям в данном случае будут такими же, как указано в п. 3.2. Дополнительное требование к длинам очистного забоя и выемочного столба заключается в том, что они должны быть достаточными для полного обрушения кровли на отработанной площади. Возведение гибкого перекрытия должно производиться, как правило, механизированным способом с помощью агрегата типа АМС или комплексов типа КМ-81 и КМ-130 с дополнительными приспособлениями для укладки настила. Для механизированного возведения перекрытия следует применять стальные полосы толщиной 1,4-2,0 мм и шириной 40-60 мм (ГОСТ 6009-74). Шаг укладки полос определяется исходя из необходимой прочности перекрытия и крупности обрушающихся пород кровли и обычно составляет 0,15-0,20 м по длине забоя в нижнем слое и 0,20-0,25 м - в перпендикулярном ему направлении.

Расчет гибкого перекрытия на прочность в каждом конкретном случае может осуществляться по методикам, разработанным в институтах КузНИУИ и ВНИИГидроуголь.

4.7. Для выемки подсечного слоя могут использоваться крепи поддерживающего, оградительного или оградительно-поддерживающего типов. Использование поддерживающих крепей, имеющих в призабойном пространстве два независимых конвейера, позволяет совмещать выемку подсечного слоя и выпуск угля из вышележащей толщи и тем самым отрабатывать пласты с высокой нагрузкой на забой и производительностью труда рабочих.

4.7.1. Величина номинального сопротивления крепей поддерживающего типа для пластов с интенсивными вторичными осадками кровли должна составлять не менее 120 тс/м^2, а для обычных условий - не менее 70 тс/м^2. Для предотвращения высыпания разрушенного угля в призабойное пространство все зазоры между перекрытиями и ограждениями секции необходимо полностью перекрыть. Секции следует оснащать выдвижными козырьками и устройствами для крепления угольного забоя. Ограждающая часть крепи должна быть снабжена выдвижными щиберами для управления выпуском угля и приспособлениями для его дополнительного разрушения, а так-

же иметь прочность, позволяющую нагребать уголь на конвейер с помощью ограждений. Конвейер для доставки выпускаемого из подкровельной толщи угля должен иметь высокий борт со стороны призабойного пространства. Для погрузки угля непосредственно с почвы пласта целесообразно использовать погрузочное устройство типа струга.

4.7.2. Крепь оградительного типа должна иметь несущую способность не менее 40–50 тс/м^2. Учитывая специфику работы, данная крепь может быть практически жесткой (по типу КТУ), что позволяет упростить и удешевить ее конструкцию. Выпускные люки располагаются на консольной части ограждений секций как можно ближе к забою и закрываются выдвижными козырьками, которые служат для защиты от вывалов угля из нижней части потолочины и оперативного управления выпуском угля. Секции крепи должны иметь дистанционное управление.

4.8. Обязательным условием высокой эффективности выпуска как под защитой гибкого перекрытия, так и без него, является разрушение угля до необходимой крупности, т. е. подготовка его к выпуску. Самообрушение погашаемой угольной толщи под действием собственного веса и горного давления следует использовать во всех случаях, когда при этом образуются куски угля с размерами не более 0,5–0,7 м. Для дополнительного ослабления подкровельной и межслоевой толщи угля рекомендуется применять предварительное нагнетание воды в пласт. При технологии с выпуском угля межслоевой толщи можно улучшить его разрушение на транспортабельные куски за счет горного давления путем выбора опережения очистного забоя верхнего слоя по отношению к нижнему, исходя из особенностей развития давления обрушенных пород.

4.8.2. Принудительное разрушение межслоевой толщи можно осуществлять с опережением очистного забоя в подсечном слое, либо только из этого забоя, в зависимости от принятой схемы выемки пласта. В первом случае требуется проведение опережающих подготовительных выработок или очистных работ для разрушения угольной толщи или создания свободного пространства для ее самообрушения. При работе с гибким перекрытием разрушение угля в верхней части межслоевой толщи можно вести из очистного забоя монтажного слоя.

4.8.3. Принудительное разрушение межслоевой толщи из забоя подсечного слоя, оборудованного оградительной крепью, до создания специальных средств механизации можно осуществлять с помощью буровзрывных работ. Для лучшей устойчивости консоли потолочины в призабойном пространстве шпуры необходимо бурить с наклоном под углом 25–40° от вертикали в сторону подвигания забоя. Требуемый угол наклона уточняется в каждом конкретном случае экспериментально. Разрушение угля должно производиться по всей высоте погашаемой толщи, без оставления нависающих козырьков в ее верхней части.

Шпуры в потолочине следует бурить в ее обнажении между козырьками крепи и забоем подсечного слоя. При этом устья шпуров должны находиться не ближе 0,4–0,5 м от забоя подсечного слоя. Расстояние между шпурами и величина заряда в них зависят от свойств угля и определяются опытным взрыванием.

4.8.4. Предварительное рыхление угля межслоевой толщи из верхнего слоя может осуществляться буро-взрывным способом или проведением скважин большого диаметра, создающих условия для разрушения оставшихся целиков под действием давления пород.

При ослаблении угольной толщи скважинами возможно использование буро-шнековых машин типа БУГ, позволяющих бурить скважины диаметром 300–700 мм. Для уменьшения удельного расхода скважин целесообразно размещать их вертикальными рядами, что требует создания машины с вертикально-сдвоенными шнеками. Длина скважин должна составлять 25–40 м, а расстояние между выработками для размещения буровых машин – 50÷80 м. Расстояние между скважинами, при котором междускважинные целики будут разрушаться под действием горного давления, определяется по известным методикам расчета междукамерных целиков.

4.9. При мощности пластов более 8–10 м может быть целесообразным применение способа выемки с предварительным магазинированием угля межслоевой толщи, которое может осуществляться при отработке слоя у кровли пласта или путем отработки специального компенсационного слоя в его средней части.

Производительность и полнота выпуска замагазинированного угля, при прочих равных условиях, определяются крупностью угля, режимом и параметрами выпуска, а также блочностью пород, налегающих на подготовленный к выпуску уголь. Для успешного выпуска замагазинированного угля необходимо соблюдать требования к его крупности (см. п. 4.8) и использовать активные методы выпуска. При выборе режима выпуска следует стремиться к равномерному опусканию контакта угля с налегающими породами на возможно большей длине забоя.

4.10. Шаг выпуска угля в направлении подвигания забоя, как правило, не должен превышать 1,2–1,5 м. Придание забою в потолочине наклона на массив и предварительная подготовка угля способствуют увеличению коэффициента извлечения угля при выпуске. При работе оградительных крепей под гибким перекрытием выпуск угля, как правило, должен производиться через щелевидное отверстие между козырьками крепи и забоем подсечного слоя. Выпуск угля прекращается путем придвигания секций крепи к забою, а оставшийся на перекрытиях уголь выпускается через люки.

4.11. Вопросы взаимной увязки горных работ в разных слоях и поддержания подготовительных выработок при системах разработки с выпуском межслоевых толщ и магазинированием угля, должны

решаться с учетом особенностей сдвижения пород и проявлений горного давления, присущих слоевой выемке пласта (см. п.2.12). Однако при выборе опережения между очистными забоями в подсечном и магазинирующем слоях его следует принимать не более периода опасного самонагревания разрушенного угля, продолжительность которого для различных пластов составляет от 4 до 8 месяцев. Выемку пластов и слоев с выпуском угля следует вести по падению пласта с применением бесцеликовых схем охраны подготовительных выработок, руководствуясь рекомендациями по их креплению, изложенными в п. 3.3. Для улучшения условий поддержания выработок в нижних слоях без оставления целиков следует придавать краевой части пласта над выработкой наклон на массив под углом около 30° от вертикали. При создании крепей для данных условий их силовой расчет и придание конструктивной податливости необходимо осуществлять с учетом направления максимальной составляющей давления на выработку, которая обычно действует со стороны выработанного пространства под углом $30-40^{\circ}$ от вертикали.

ЛИТЕРАТУРА

1. БУБЛИК Ф. П., ГРОМОВ Ю. В. Особенности проявления горного давления при выемке мощных пластов Томь-Усинского района наклонными слоями с механизированными комплексами. - В сб.: Исследование проявлений горного давления на глубоких горизонтах шахт. Л., 1971. (ВНИМИ).

2. БУБЛИК Ф. П., ГРОМОВ Ю. В. Вопросы управления горным давлением при разработке мощных пологих пластов Кузбасса. - В сб.: Горное давление и горные удары, № 82, Л., 1971. (ВНИМИ).

3. БУБЛИК Ф. П. и др. Исследование устойчивости угольной потолочины и совершенствование способа ее погашения при системе разработки с комплексом КТУ. - В сб.: Труды ВНИМИ, № 88, Л., 1973.

4. БЫЧКОВ Ю. Н. Исследование способов снижения потерь угля при разработке мощных пологих пластов с обрушением и выпуском угля без гибкого перекрытия. - В сб.: Труды ВНИМИ, № 91, Л., 1974.

5. Выбор параметров управления кровлей и конструктивных элементов комбинированных систем разработки мощных пологих пластов (Методические указания). Л., 1970. (ВНИМИ).

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

7. ГАЙДУКОВ Ю. Г. Исследование условий эффективного применения механизированного комплекса 2КМ-87Д в нижнем слое.-В сб.: Научные сообщения ИГД им. А. А. Скочинского, № 88, М., 1971.

8. ГАПАНОВИЧ Л. Н. и др. Рациональная разработка мощных пологих пластов. М., 1968.

9. ГАПАНОВИЧ Л. Н. Исследование технологии выемки мощных пологих пластов угля с применением механизированных комплексов. - "Уголь", 1972, № 6.

10. ГАПАНОВИЧ Л. Н., КРУГЛИКОВ В. П. Исследование проявлений горного давления при слоевой разработке мощного пологого пласта. - В сб.: Проблемы горного дела. М., "Недра", 1974.

11. ГРИЩЕНКО Г. Т., ФОМИНЫХ В. И. Исследование строения и устойчивости обрушенных пород кровли мощного пласта. - "Изв. вузов. Горный журнал", 1973, № 2.

12. ГРОМОВ Ю. В. Об устойчивости кровли в очистных забоях нижних слоев. - В сб.: Технология добычи угля подземным способом, № 5, 1974. (ЦНИЭИуголь).

13. КАЛИНИН М. М. Секция механизированной крепи с передвижным перекрытием. - В сб.: Исследование и совершенствование очистных комплексов и агрегатов. Тула, 1973.

14. КАРАБАК В. А. Экономическая оценка потерь угля при подземной разработке в Кузбассе. - "Уголь", 1968, № 12.

15. КУЗНЕЦОВ Г. Н. Взаимодействие боковых пород и крепи в очистных выработках пологопадающих пластов каменного угля. - В сб.: Труды ВНИМИ, № 27. Л., Углетехиздат, 1953.

16. КУЗНЕЦОВ С. Т. О направлениях совершенствования механизированных крепей и приемов активного управления кровлей при их применении. М., 1970. (ЦНИЭИуголь).

17. КУЗНЕЦОВ С. Т. и др. Характер разрушения кровли пласта Журинского при отработке его на полную мощность механизированным комплексом КМ-120. - "Уголь", 1973, № 11.

18. МАХНО Е. Я. Вопросы разработки мощных пологопадающих пластов с принудительным обрушением угля. - В сб.: Горн. дело. Зап. ЛГИ, т. XXX, вып. 1. Л., Углетехиздат, 1955.

19. НОВИКОВ В. Я. и др. Изыскания средств борьбы с отжимом угля при выемке мощных пластов механизированным комплексом. - В сб.: Научные труды КНИУИ, № 42, Караганда, 1972.

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

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

22. СЕМЕНОВ Ю. А. и др. Проявление горного давления при применении механизированных крепей. М., "Недра", 1974.

23. Технологические схемы очистных и подготовительных работ на угольных шахтах. М., "Недра", 1971.

24. Указания по совершенствованию управления горным давлением при слоевой выемке мощных пологих пластов с применением механизированных комплексов. Л., 1975. (ВНИМИ).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
1. Краткая характеристика горногеологических условий и основных систем разработки 5
2. Особенности развития процессов давления и сдвижения горных пород 10
3. Технические решения и рекомендации по выбору параметров крепления и управления кровлей при слоевой выемке пластов 17
4. Технические решения и рекомендации по выбору параметров крепления и управления кровлей при выемке пластов на полную мощность и с вышуском подкровельных и межслоевых толщ 24
Литература 29

СОСТАВИТЕЛИ:

докт. техн. наук Ф. П. БУБЛИК,
канд. техн. наук Ю. В. ГРОМОВ,
канд. техн. наук Ю. Н. БЫЧКОВ,
канд. техн. наук В. П. КРУГЛИКОВ (ВНИМИ);
канд. техн. наук Л. Н. ГАПАНОВИЧ,
канд. техн. наук Р. Г. ЛЕВИНТАНТ,
инж. П. Ф. САВЧЕНКО (ИГД им. А. А. Скочинского);
инж. Н. Н. ХАРДИН,
канд. техн. наук В. Я. НОВИКОВ,
канд. техн. наук Ю. А. СЕМЕНОВ (КНИУИ)

Редактор Е. М. Платонова Техн. редактор А. Г. Образцова

Подписано к печати 14/УII-1976 г. М-30364.
Формат бумаги 60x90/16. Объем 2 п. л. Тираж 300.

Печатный цех ВНИМИ. Цена 26 коп. Заказ 41.

gost.e-ecolog.ru