

Тема 1. Основные технологические понятия очистных забоев и терминология. Горно-геологические и технологические характеристики угольного пласта

1.1 Основные технологические понятия очистных забоев и терминология.

Добыча угля всегда была весьма тяжелым, трудоемким и высокочрезвычайно затратным производством, требующим постоянного повышения эффективности всего комплекса производственных процессов, выполняемых в сложных горно-геологических условиях. В нынешних условиях и, особенно в перспективе, повышение ее эффективности становится особенно актуальной задачей. Растет глубина работ, увеличивается количество шахтопластов с неустойчивыми породами кровли и почвы, повышается доля тонких и весьма тонких пластов, пластов опасных по внезапным выбросам угля и газа, усиливается метановыделение, ухудшаются температурные условия. Объективно становится более частая изменчивость горно-геологических условий залегания угольных пластов даже в пределах выемочных полей и участков, что вызывает дополнительные трудности при выборе способов ведения горных работ.

Все это требует новых, прогрессивных инженерных подходов к разрешению стоящих проблем.

Анализ удельной трудоемкости работ в основных технологических звеньях (подсистемах) шахты, приведенной в таблице, позволяет заключить, что центральным звеном в них являются выемочные участки, где трудоемкость работ составляет 35% общешахтной. Поэтому в курсе «Процессы очистных работ при подземной разработке пластовых месторождений полезных ископаемых» студенты изучают производственные процессы именно в пределах выемочного участка, сосредотачивая основное внимание на главном его элементе — очистном забое.

Для более полного и правильного восприятия и понимания изучаемого материала будущему специалисту необходимо знать основные понятия и термины излагаемого курса. Рассмотрим основополагающие из них.

Технология ведения горных работ — это способы, методы, приемы, режимы работ, совокупность операций и процедур, набор оборудования, инструментов и необходимых материалов, а также последовательность их выполнения в пространстве и во времени. Причем эти работы могут рассматриваться в статике и динамике. Таким образом, главной составляющей любой технологии являются производственные процессы, выполняемые для ее реализации.

Под *производственными процессами* понимается совокупность последовательных действий, имеющих определенное технологическое и организационное содержание, и направленных на достижение прогнозируемого конечного результата.

Таблица — Основные технологические звенья и производственные процессы, выполняемые в них и их трудоемкость

Технологические звенья	Основные производственные процессы	Удельная трудоемкость всех видов работ звена к общей трудоемкости работ по шахте, %
1 Очистные работы на выемочных участках	Выемка и транспортирование угля в лаве; крепление (в том числе и на сопряжении лавы с подготовительными выработками), управление кровлей в выработанном пространстве	35
2 Подготовительные работы	Проведение и крепление капитальных, подготавливающих и подготовительных выработок	15
3 Подземный транспорт	Транспортирование конвейерным, колесным и канатным транспортом людей, угля, породы и материалов по шахте	10
4 Поддержание и ремонт горных выработок	Перекрепление горных выработок, ремонт путевого хозяйства и др.	7
5 Вентиляция	Проветривание горных выработок, дегазация, возведение вентиляционных сооружений и др.	5
6 Околоствольный двор	Подготовка к выдаче угля и породы, к подъему людей, оборудования и материалов, хранение взрывчатых материалов, обслуживание электровозов, распределение электроэнергии, водоотлив	8
7 Поверхность шахты	Прием угля и породы, выдаваемых из шахты, обогащение угля и погрузка его в вагоны, ремонт оборудования, складирование материалов и оборудования, обслуживание горнорабочих	17
8 Подъем	Подъем на поверхность угля и породы, спуск и подъем людей, материалов и оборудования	3

Процессы состоят из **операций, приемов и движений**.

Операция — это часть процесса или отдельные действия с ярко выраженным (присущим) технологическим содержанием.

Прием — это совокупность нескольких движений при выполнении той или иной операции.

Движение — это элементарная часть работы, характеризующаяся изменением положения тела рабочего в пространстве.

При реализации любой технологии для упрощения доведения ее сути и порядка осуществления до исполнителей используют **технологическую схему**.

Технологическая схема — это условное графическое изображение производственных процессов в очистном забое. Она указывает порядок выполнения работ во времени и в пространстве, режим их ведения и средства осуществления. Технологическая схема ведения горных работ складывается из комбинации разновидностей следующих ее обязательных элементов: способов выемки угля и передвижки конвейера; крепления и управления кровлей в очистном забое и на сопряжениях его с подготовительными (выемочными) выработками; набора операций на концевых участках очистного забоя.

В конечном счете, технологическую схему очистных работ на выемочном участке определяют средства механизации, процессы обеспечения добычи угля и организация работ в конкретных условиях.

В связи с этим горный инженер должен, во-первых, уметь обоснованно выбрать наиболее рациональную технологическую схему в конкретных горно-геологических условиях разработки пласта с максимальным учетом степени влияния всех основных факторов, а, во-вторых, предложить научно обоснованную и практически оправданную организацию ведения производственных процессов в этих условиях.

1.2 Горно-геологические и технологические характеристики угольных пластов

Угольный пласт — это залежь угля, ограниченная двумя параллельными поверхностями вмещающих ее пород относительно выдержанной мощности и имеющая значительное по площади распространение в земной коре.

Одной из важных характеристик пласта является его мощность — это расстояние между кровлей и почвой пласта по нормали.

Согласно Правилам технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт (ПТЭ) угольные пласты по мощности разделяются на: весьма тонкие — до 0,7 м, тонкие — 0,71...1,2 м, средней мощности — 1,21...3,5 м, мощные — более 3,5 м.

Угольный пласт состоит либо из одних слоев угля, либо они могут еще чередоваться с породными прослойками.

При отсутствии по мощности пласта породных прослоек пласт называется однородным по слоению, при наличии их — сложным.

При сложном строении пласта в нем различают полезную мощность пласта, которая включает суммарную мощность всех угольных пачек, и мощность породных прослоев.

Полезная мощность пласта (т.е. только уголь) и мощность породных прослоев вместе составляют общую мощность пласта. Та часть пласта и вмещающих пород, на которую воздействуют средствами выемки и которая впоследствии отделяется от них называют —вынимаемой мощностью пласта. Таким образом, это расстояние от обнаженной кровли до обнаженной почвы вынутого пласта.

Раздельная выемка угольного пласта и прослойки породы называется селективной выемкой. При совместном их разрушении и выдаче с добычного участка получают горную массу, требующую своего обогащения, как правило, на поверхности. Поэтому и различают: товарную и горную массу.

Чаще всего угольный пласт по своей площади имеет непостоянную мощность (невыдержанную), поэтому в каждом регионе (или эксплуатационном участке) угольный пласт характеризуется минимальной m_{min} , максимальной m_{max} и средней мощностью \bar{m} .

Следующим показателем, который характеризует невыдержанность разрабатываемого пласта, является колебание его мощности по длине лавы или в пределах выемочного поля (рис. 1.2).

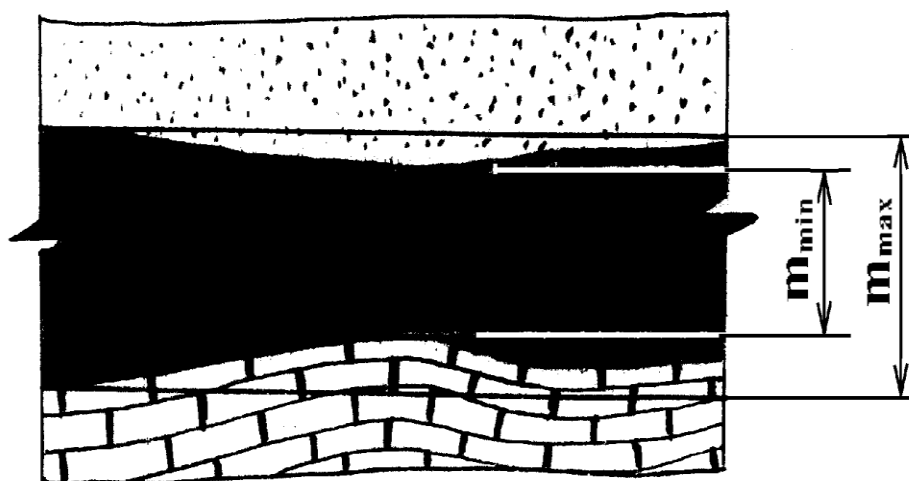


Рисунок 1.2 — Локальное изменение мощности угольного пласта

Этот показатель определяется следующим выражением

$$\Delta m = \frac{m_{max} - m_{min}}{\bar{m}} 100, \% \quad (1.1)$$

При Δm до 15% пласт считается выдержанным по мощности, при $\Delta m > 15\%$ — невыдержанным.

Невыдержанность пласта по мощности затрудняет выбор типа и типоразмера крепи.

Средняя мощность пласта вдоль лавы определяется по средне динамической мощности из выражения

$$\bar{m} = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2 + \dots + m_n l_n}{l_{\text{л}}}. \quad (1.2)$$

Для проектирования и эксплуатации механизированных комплексов для угольных пластов принята иная классификация по мощности: тонкие (0,7...1,2 м), средней мощности (1,21...2,50 м), мощные (2,51...5,00 м).

Угольные пласты согласно ПТЭ разделяются на пологие (до 18°), наклонные ($19...35^\circ$), крутонаклонные ($36...55^\circ$) и крутые — более 55° . Проектирование и эксплуатация механизированных комплексов осуществляется для углов падения: до 18° — пологое падение, $19...35^\circ$ — наклонное, более 35° — крутое.

Выемочный участок может иметь локальное изменение угла падения пласта, показанное на рис. 1.3.

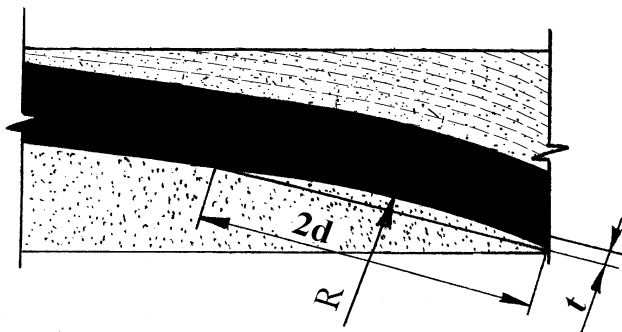


Рисунок 1.3 — Локальное изменение угла падения пласта

Оно оценивается колебанием угла падения пласта вдоль очистного забоя

$$R = \frac{d^2 + t^2}{2t}, \quad (1.3)$$

где R — радиус искривления пласта, м;

d — длина полухорды прогиба почвы, м;

t — прогиб почвы, м.

Пласты считаются спокойными по углу падения при $R \geq 30$ м и невыдержанными при $R < 30$ м.

Угол падения угольных пластов во многом определяет технологию его разработки. Так пласты с углом падения до 12° разрабатываются лавами, как по простиранию, так и по падению (восстанию); пласты с углом падения от 13

до 18° — только по простиранию, но при таких же средствах механизации; при углах 19...35° механизированные комплексы должны иметь специальные связи для предотвращения сползания; при угле падения более 35° наибольшие трудности возникают вследствие возможного сползания почвы и значительного влияния гравитационных сил.

В результате ведения очистных работ происходит перераспределение напряжений в угольном пласте и, прежде всего, в призабойной зоне, где происходит его разрушение различными способами и средствами. Важную роль в выборе средств разрушения угольного пласта играет свойство угля, под которым понимают способность его противостоять различного рода механическим воздействиям (сопротивляемость угля резанию).

Сопротивляемость углей разрушению зависит от природных и горнотехнических факторов, определяющих состояние угля в массиве в момент добывания.

Природные факторы — степень метаморфизма, трещиноватость, строение пласта, крепость и др.

Горнотехнические факторы — ширина призабойного пространства, тип и плотность крепи, способ управления кровлей, глубина захвата, скорость подвигания лавы, направление и способ выемки и др.

Степень метаморфизма определяет качественные характеристики углей и их механические свойства (крепость, твердость и др.). Малометаморфизованные угли характеризуются значительной вязкостью, высокометаморфизованные — большой твердостью.

Наличие кливажных трещин и их направленность относительно режущего инструмента снижает или увеличивает сопротивляемость угля разрушению.

Значительно снижает сопротивляемость угля разрушению наличие отжима в призабойной зоне.

Наличие трещин, отжима и прослоек породы в угольном пласте и др. определяет сопротивляемость угля резанию.

В связи с этим различают сопротивляемость угля резанию в неотжатом массиве A и в призабойной зоне (в отжатом массиве) — A_{np} . Под сопротивляемостью резанию понимают способность углей противостоять воздействию при его разрушении механическими средствами.

Все угольные пласты по их сопротивляемости резанию (кН/см) делятся на три категории: $A_1 < 1,8$ — слабые; $1,8 \leq A_2 < 3$ — средние; $A_3 > 3$ — крепкие.

В общем случае

$$A_{np} = \kappa A, \quad (1.4)$$

где κ — коэффициент отжима (разрушенности обнажения).

Коэффициент отжима зависит от мощности пласта (m) и глубины захвата (r). Для условий Донбасса

$$\kappa = 0,48 + \frac{r - 0,1\bar{m}}{r + \bar{m}}. \quad (1.5)$$

С другой стороны, коэффициент отжима угля зависит от жесткости крепи, ее сопротивления деформации при проявлении горного давления (P) и ширины призабойного пространства (l_n).

В общем случае

$$k = a - v l_n + c P, \quad (1.6)$$

где a , v , c — коэффициенты, зависящие от марок угля.

Увеличение жесткости крепи снижает возможность опускания кровли, при этом отжим уменьшается.

Применение механизированных крепей с высокой несущей способностью и возможностью быстрой передвижки секций с подпором, а также меньшая ширина призабойного пространства приводят к снижению отжима угля.

Чем меньше мощность пласта при данной ширине захвата выемочной машины и время перерыва между снятием последовательных стружек, тем меньше отжим угля. Особенно влияет время на отжим угля при выемке стругами. При высоких скоростях подвигания очистного забоя наблюдается вхождение струга в зону неотжатого угля.

Наличие значительного отжима приводит к увеличению обнажения кровли, что может привести к вывалам и нарушению устойчивости незакрепленной кровли.

Таким образом, путем изменения горнотехнических факторов можно регулировать отжим угля и создавать предпосылки для высокопроизводительной разработки угольных пластов, а с учетом сопротивляемости угля резанию — осуществлять выбор комбайна, струга или других механизмов и способов отбойки угля. Работа исполнительного органа в зоне отжима обуславливает минимальное энергопотребление.

Важной горно-геологической характеристикой выемочного участка является его нарушенность.

Геологические нарушения угольных пластов делятся на пликативные (без нарушения сплошности) и дизъюнктивные (разрывные нарушения со смещением пласта в различных плоскостях).

Технологическая переходимость (Π) разрывных нарушений оценивается относительной амплитудой смещения пласта

$$\Pi = \frac{h}{\bar{m}}, \quad (1.7)$$

где h — максимальная амплитуда смещения пласта, м;

\bar{m} — средняя мощность пласта в нарушении, м.

При $\Pi < 0,5$ нарушение легко переходимо механизированным комплексом; $0,5 \leq \Pi < 1$ — трудно переходимо; $\Pi \geq 1$ — нарушение практически непереходимо.

К категории непереходимых относятся также угольные пласты со значительным уменьшением мощности пласта вплоть до его замещения породой на большой площади.

Тектоническая нарушенность выемочного поля оценивается коэффициентом

$$K = \frac{\sum l_i}{S}, \quad (1.8)$$

где $\sum l_i$ — суммарная длина нарушений, км;
 S — площадь выемочного столба, км².

При $K \leq 1$ выемочный участок относится к слабо нарушенному; при $1 < K \leq 5$ — к средне нарушенному; при $K > 5$ — к сильно нарушенному.

ТЕМА 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОД, ВМЕЩАЮЩИХ УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ. КЛАССИФИКАЦИЯ ДОНУГИ

2.1 Классификация пород и их технологических характеристик

Основными свойствами массива горных пород являются их устойчивость в призабойной зоне очистного забоя, их обрушаемость в выработанном пространстве, трещиноватость, расслоение и др.

Способность массива так или иначе проявлять свои свойства при ведении горных работ — это и есть *технологические характеристики пород и угольных пластов*.

Качественные и количественные значения этих свойств определяются горно-геологическими условиями и собственно технологией ведения горных работ.

Горный массив по нарушенности, слоистости, сочетанию пород по напластованию и другим признакам может иметь самую разнообразную структуру: от однородной до очень сложной. Именно поэтому для выполнения различных инженерных расчетов необходимо использовать структуру вмещающих угольный пласт пород конкретного участка шахтного поля с известными физико-механическими характеристиками пород.

Вмещающие угольный пласт породы разделяются на **ложную, непосредственную и основную кровли, непосредственную и основную почвы**.

Ложная кровля — слой породы, залегающий непосредственно над пластом угля, имеющий очень низкую устойчивость и обрушающийся вслед за выемкой угля. Обычно мощность ложной кровли от нескольких сантиметров до 0,7–0,8 м.

Непосредственная кровля — это один или несколько слоев пород, залегающих непосредственно над пластом (в случае отсутствия ложной кровли), которые в призабойном пространстве после обнажения определенное время и при определенных размерах обнажения не обрушаются. Состав и строение пород непосредственной кровли определяют ее устойчивость в очистном забое.

Если непосредственную кровлю в призабойном пространстве не поддерживать крепью или после прекращения поддержания ее в выработанном пространстве, она через определенное время или при достижении определенных размеров обнажения начинает отслаиваться от основной кровли и впоследствии обрушаться на почву. Расстояние, через которое кровля начинает обрушаться после ее обнажения, называется *шагом обрушения кровли*.

Основная кровля — это мощный слой или несколько слоев над непосредственной кровлей. Шаг обрушения этих слоев в выработанном пространстве значительно больше, чем у пород непосредственной кровли.

Силу давления пород основной кровли на непосредственную, главным образом, определяют состав, структура и свойства пород основной кровли.

О надежности и правильности выполнения технологических процессов по выемке угля в очистном забое можно судить по последствиям проявления горного давления, как в призабойной его части, так и в выработанном пространстве.

Непосредственная почва — это толща пород, залегающая непосредственно под угольным пластом. Она, как правило, слагается из слабых пород небольшой мощности. Со свойствами непосредственной почвы связаны такие явления как:

пучение, сползание (это явление возникает только на крутых пластах) и вдавливание в почву крепи.

Основная почва — это толща пород, залегающая ниже непосредственной почвы и имеющая, чаще всего, по сравнению с непосредственной почвой более крепкие породы и бóльшую мощность.

Горное давление — это силы, возникающие в массиве горных пород и угля под действием тяжести вышележащих пород, тектонических сил, температурного градиента и проявляющиеся в виде сдвижений, деформаций и разрушений вмещающих пород, изменений нагрузок на крепь и массив угля. В результате ведения горных работ горное давление относительно его нормального состояния может усиливаться или уменьшаться.

Одним из главных последствий проявления горного давления является трещиноватость и расслоение массива, которые в дальнейшем определяют характер обрушения пород кровли.

2.2 Трещинообразование и разрушение пород кровли

В результате выемки угольного пласта происходит изменение напряженного состояния породного массива (кровля-почва) в окрестности очистной выработки.

Нарушается сплошность массива пород непосредственной кровли, происходит раскрытие трещин по напластованию (расслоение на отдельные пачки), при этом возможно высыпание пород в призабойное пространство.

Затем происходит разрушение пород в основной кровле, участвующей в проявлении горного давления, как в призабойной части пласта, так и в выработанном пространстве. При слабых породах чаще всего происходит сводообразное обрушение кровли, а при более крепких — отделение от кровли породных плит и блоков, зависающих над крепью. Суммарное проявление смещений массива и раскрытие слоевых трещин приводят к вывалам кровли. При незначительной мощности непосредственной кровли и крепких породах основной кровли возможны их осадки по вертикальным к напластованию трещинам, которые при больших смещениях вызывают посадку крепи “нажестко”.

Устойчивость горных пород в значительной степени зависит от природной трещиноватости. По своему происхождению трещины разделяются на **эндогенные**, появившиеся в результате генезиса (усадки вещества), и **экзогенные**, являющиеся результатом тектонических процессов.

Эндогенные трещины в угольных пластах и вмещающих их горных породах обычно образуют две взаимно перпендикулярные, хорошо прослеживаемые системы трещин, называемых *кливажом*.

Основной кливаж обычно параллелен простиранию пласта, а *торцевой* — падению. Трещины характеризуются протяженностью, частотой и шириной раскрытия.

Эндогенная трещиноватость характерна также для пород, вмещающих угольный пласт. Обычно кливажные трещины направлены под углом к плоскости напластования пород.

Критерием трещиноватости можно считать отношение расстояния между трещинами к мощности породного слоя.

Наибольшая трещиноватость характерна для глинистых и песчано-глинистых пород. *Наименьшая трещиноватость* — для известняков. Таким образом, трещиноватость зависит от крепости пород, т.е., чем крепче породы, тем менее они трещиноваты.

Эндогенные трещины образовали в горных породах относительно упорядоченную систему, называемую *кливажной*. Кливажные трещины направлены под углом к плоскостям напластования. При ведении горных работ породы, прежде всего, разрушаются по кливажу в форме параллельных отдельностей различной толщины.

В результате нарушения естественного состояния равновесия при ведении горных работ образуются технологические трещины, достаточно не упорядоченные в пространстве. Критерием трещиноватости является густота трещин, т.е. число трещин на 1 м^2 обнаженной площади массива или среднее расстояние между ними.

Во время выемки угля в лаве происходит образование различных видов трещин. Их вид и размер зависят от литологического состава пород кровли, их крепости и мощности, глубины залегания пласта, направления кливажа, его выраженности и др. и в свою очередь, обуславливают устойчивость и обрушаемость обнаженного массива, высыпание, вывалообразование и т.п. Технологические процессы в очистном забое (выемка, крепление) предотвращают или провоцируют эти проявления.

В слоистых породах, при определенной мощности пачек и достаточной пластичности и прочности (способность воспринимать определенную нагрузку без разрушения) в процессе ведения очистных работ образуются параллельные напластованию трещины (T_1) (рис.2. 1 а).

При опускании таких пород со стороны выработанного пространства расслоение становится веерообразным и при достижении предела прочности происходит разрушение и обрушение слоев.

Параллельные напластованию трещины появляются в породах кровли над призабойным или выработанным пространством, но не над пластом. При этом значительного отжима угля не происходит, так как кровля в очистном забое в основном устойчивая.

При достаточно большой мощности и крепости непосредственной кровли, обладающей высокой пластичностью (например, известняк), и небольшой мощности угольного пласта (до 1 м) с пучащимися почвами в выработанном пространстве породы кровли не разрушаются, а плавно опускаются на почву.

Нормальные к напластованию трещины (T_2) (рис. 2.1 б) возникают в непосредственной кровле пласта (если породы незначительной мощности и отличаются высокой прочностью и хрупкостью) за счет опорного давления впереди линии очистного забоя. Трещины T_2 могут возникнуть и в основной кровле большой мощности после обрушения незначительной по высоте непосредственной кровли. В таком случае кровли называются *труднообрушаемыми* вследствие того, что происходит зависание или обрушение больших размеров по простиранию блоков пород основной кровли. При этом опускание непосредственной кровли начинается уже над призабойной краевой частью пласта под действием опережающего опорного давления основной кровли. Расстояние между трещинами в призабойном пространстве может быть небольшим, что при отсутствии подпора крепи способствует высыпанию пород из кровли.

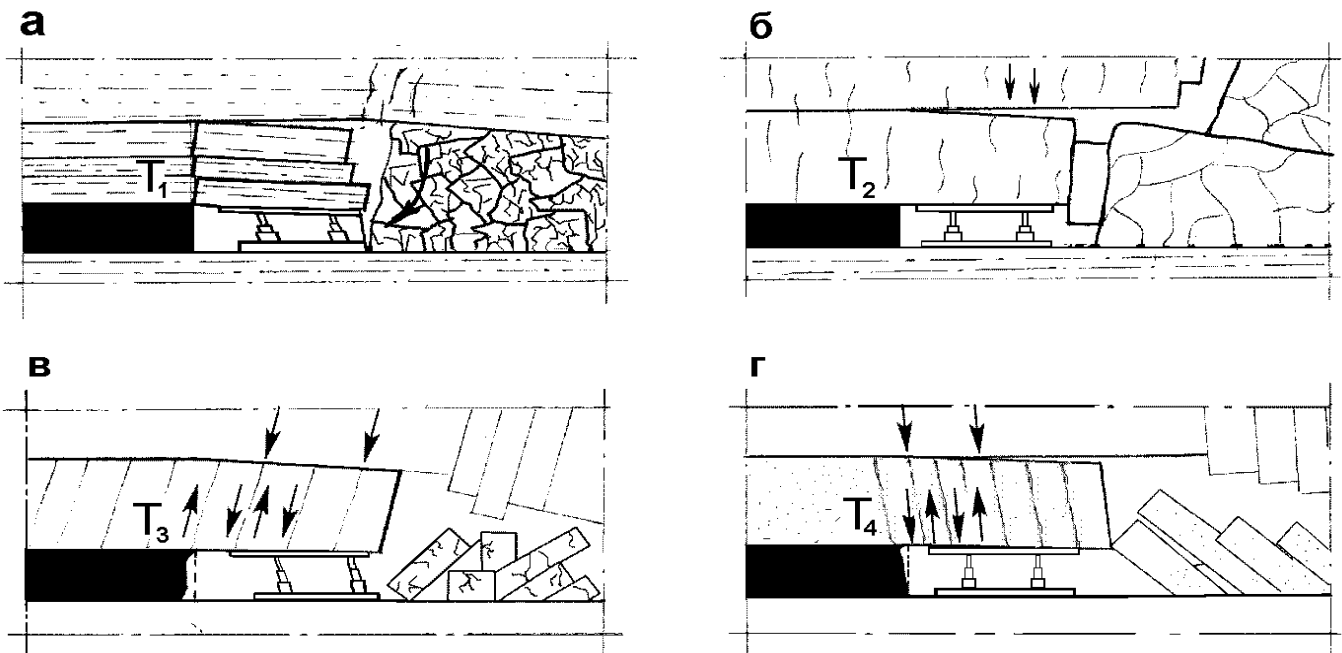


Рисунок 2.1 — Характер трещиноватости пород кровли: горизонтальный (а); вертикальный (б); на забой (в); на выработанное пространство (г)

Трещины типа T_3 наклонены на забой лавы (рис. 2.1 в). Если породный слой не имеет возможности смещаться в горизонтальной плоскости или смещение затруднено, например, при закладке выработанного пространства, вся нагрузка приходится на призабойную часть пласта, увеличивая этим отжим угля.

При управлении кровлей полным обрушением возможно горизонтальное смещение пород, когда появляются трещины T_2 , вследствие большого вертикального давления. Комбинация T_2 и T_3 в непосредственной кровле ухудшает ее состояние (высыпание), а система трещин T_3 в основной кровле делает ее труднообрушаемой из-за зависания породных блоков над крепью и их расклинивания. Появляется повышенное давление на задние стойки крепи.

Трещины, наклоненные в сторону выработанного пространства T_4 (рис. 2.1 г), имеют на своих плоскостях следы скольжения. Смещение пород, расположенных между забоем и выработанным пространством, происходит в сторону выработанного пространства по нескольким плоскостям сдвига.

Трещины T_4 чаще появляются в слабых породах непосредственной кровли и крепком угле. Сочетание трещин T_3 и T_4 приводит к вывалам пород в призабойной части лавы и отжиму верхней пачки угля. Наблюдается повышенное давление на передние стойки крепи.

Естественно, чаще образуются трещины в комбинациях. Наиболее опасны сочетания трещин T_2 - T_3 , T_3 - T_4 , T_2 - T_4 , на которые приходится более 50% всех вывалов в призабойном пространстве очистных забоев.

Лучшим вариантом является сочетание трещин в основной кровле T_1 и непосредственной T_1 - T_4 . Наличие трещин T_2 - T_3 требует применения крепей с большей несущей способностью и с предварительным подпором.

В практике часто встречаются случаи, когда отработка нескольких выемочных участков по простиранию одного и того же пласта характеризуется разной

устойчивостью и обрушаемостью, а также различным проявлением горного давления в очистном забое пород кровли. Это происходит, когда кливажные трещины пород имеют одно и то же направление, но для одной лавы это будут трещины T_3 , падающие на забой, а для другой — T_4 , падающие в сторону выработанного пространства. В лучшем положении находится забой с трещинами T_4 . Поэтому в таких случаях направление движения лав должно быть сонаправленным (например, порядок отработки в северном крыле — обратный, в южном — прямой).

2.2 Классификация ДонУГИ

2.2.3 Устойчивость обнажений пород непосредственной кровли (нижнего слоя) и почвы (верхнего слоя)

2.2.3.1 Основные понятия и параметры

Свойства горных пород образовывать недеформирующиеся обнажения при ведении очистных работ называются *устойчивостью*, то есть в течение необходимого по условиям технологии выемки и крепления времени не происходит обрушения или сползания пород, а значение смещений не выходит за допустимые пределы.

Устойчивость обнажений во многом зависит от трещиноватости пород. Трещины основной природной трещиноватости имеют выдержанное направление (кливаж) и расположены параллельно друг другу.

Устойчивость пород определяется их способностью не разрушаться при обнажении под действием собственного веса и внутренних напряжений в зоне призабойного пространства лавы.

Естественно, устойчивость породы кровли в значительной степени зависит от технологии крепления (отставание крепи, передвижка крепи с подпором, предварительное упрочнение кровли и др.) и частоты трещин, которая определяется расстоянием между ними, ориентировки их относительно линии очистного забоя и числа трещин на 1 м^2 площади обнажения.

Горно-геологическая характеристика параметров устойчивости пород кровли дает общую оценку этого свойства массива, но без учета технологических процессов выемки угольного пласта она абстрактна. Различные технологические процессы приводят к различным ситуациям по устойчивости пород нижнего слоя кровли, что позволило осуществить классификацию нижних, прилегающих к угольному пласту, слоев кровли по устойчивости (классификация Донуги), характеристики которых отличаются в зависимости от угла падения пластов.

2.2.3.2 При пологом и наклонном падении пластов (до 35°)

В основу классификации нижнего слоя пород непосредственной кровли по устойчивости (табл. 2.1) положены геомеханические критерии: высота нижнего слоя непосредственной кровли — B ; расстояние между трещинами — Γ ; допустимый размер обнажения — D ; литологический состав пород и их коэффициент крепости — f ; технологические признаки категории и рекомендуемые мероприятия по повышению устойчивости.

Устойчивость пород непосредственной почвы (табл. 2.2) характеризуется ориентировочным литологическим составом и крепостью, величиной сопротивления верхнего слоя почвы вдавливанию ($\sigma_{вд}$), технологическими признаками и характеристиками (пригодность в качестве опоры для крепи, тип нижней опоры и рекомендуемые мероприятия по повышению устойчивости верхнего слоя почвы).

2.2.3.3 При крутонаклонном и крутом падении пластов

Под *устойчивостью* непосредственной кровли на пластах крутого падения понимается способность ее в призабойном пространстве сохранять состояние целостности после обнажения в течение определенного времени, сохранять контакт между слоями без видимого расслоения пород, трещинообразования, коржения или обрушения нижних слоев кровли.

В отличие от пологих и наклонных пластов крутонаклонные и крутые пласты могут быть потенциально опасными по сползанию боковых пород и, прежде всего, почвы. Даже на пластах с прочными и мощными непосредственными слоями пород, при появлении в них участков с резко выраженными контактными поверхностями по напластованию и подрезки таких слоев при проведении штрека, может иметь место сползание их в околоштрековых зонах и непосредственно в лаве.

Сползание пород может проявляться во всех диапазонах мощности разрабатываемых пластов. Сползающие слои пород могут быть любой прочности, а их мощности — 2...4 м.

Необходимыми условиями для формирования процесса сползания пород являются:

- наличие плоскостей ослабления на контакте между сползающим и нижележащим слоями (зеркальная поверхность, влажный “мыльник”, угольный пропласток и др.);
- подрывка сползающего слоя пород при проведении штрека на глубину более 25% от его мощности;
- несоответствие параметров средств охраны и поддержания штреков горно-геологическим условиям (большая податливость крепи, недостаточная ее несущая способность и плотность, некачественная забутовка и др.).

Классификация нижнего слоя пород непосредственной кровли (висячего бока) по устойчивости и пород почвы лежачего бока по сползанию приведены в таблицах 2.3 и 2.4.

2.2.3.4 Мероприятия по предотвращению сползаний боковых пород

Сползание пород почвы происходит в откаточном и вентиляционном штреках и на сопряжениях их с лавой.

Наиболее эффективными мероприятиями по предотвращению сползаний почвы на откаточном штреке и сопряжении с лавой являются: плотность крепи в штреке — 2 рамы/м, крепь усиления, полевой штрек, усиленные костры (до 4-х рядов), затяжка почвы и кровли, оставление угольных целиков (8...16 м).

Для предотвращения сползания пород на вентиляционном штреке и сопряжении плотность крепи должна быть не менее 1,25 рам/м, возведение бутовой полосы до 30 м, оставление угольных целиков, установка под штреком двух рядов усиленных костров, затяжка пород кровли и почвы.

Наиболее опасными местами по сползанию пород являются нижняя печь и первый уступ, а также участок лавы длиной до 20 м по падению.

К неопасным породам по сползанию относятся слои, которые не подрезаются и не нарушаются буровзрывными работами, даже если они относятся к склонным к сползанию.

Опасные по сползанию зоны устанавливаются геологом шахты.

2.2.4 Обрушаемость пород кровли в выработанном пространстве

2.2.4.1 Основные понятия и параметры

Способность пород кровли самообрушаться в выработанном пространстве лавы при отсутствии опоры называется *обрушаемостью*. Разные породы кровли обладают различной склонностью к обрушению.

Существуют *первичные обрушения* — посадка кровли в выработанном пространстве на определенном расстоянии отхода лавы от разрезной печи и *периодические* — при появлении новых обнажений пород по мере движения очистного забоя.

После первой посадки непосредственной кровли происходит ее регулярное обрушение. При этом породы основной кровли частично зависают, из-за чего, увеличивается площадь их обнажения и через некоторый промежуток времени они обрушаются. Вторичная осадка может не происходить, если обрушенные породы непосредственной кровли, обрушаясь и при этом, разрыхляясь, полностью заполняют выработанное пространство по высоте или осуществляется его закладка.

При первой осадке основной кровли проявляется значительное горное давление, воспринимаемое угольным забоем и крепью. Незначительная несущая способность крепи может привести к завалу лавы. Процессы обрушений пород в выработанном пространстве определяются структурными особенностями и механическими свойствами пород кровли, а также отличаются в зависимости от угла залегания пласта.

2.2.4.2 При пологом и наклонном падении пластов (до 35°)

Обрушаемость пород кровли пологого и наклонного падения зависит от литологического состава и значения коэффициента крепости пород по проф. М.М. Протодяконову, значения геомеханического критерия (конвергенции на 1 м ширины призабойного пространства в долях от мощности угольного пласта), шага первой посадки и последующих осадок массива пород, а также от способа управления кровлей, сопротивления крепи и др.

На пологом и наклонном падении угольных пластов наличие в непосредственной кровле легкообрушаемых пород и соответствующего коэффициента разрыхления (K_p) позволяет заполнить всю высоту выработанного пространства до основной кровли. В этом случае основная кровля полностью подбучивается обрушившимися породами,

опускается (не разрушаясь) и не участвует в нагружении крепи. Если указанное условие не выполняется, основная кровля разрушается, и крепь призабойного пространства не всегда может противостоять нагрузкам, обусловленным весом пород непосредственной и основной кровли.

Классификация пород кровли по обрушаемости дает возможность рекомендовать не только возможные способы управления горным давлением, но и мероприятия по применению наиболее экономичного способа управления кровлей полным обрушением (2.5).

В табл. 2.5 приняты следующие обозначения:

α — конвергенция пород на 1 м ширины призабойного пространства в долях от мощности пласта;

$Ш_о$, $Ш_п$, $Ш_с$ — соответственно шаг первичной, последующей посадки кровли, шаг схождения кровли и почвы при плавном прогибе, м.

В призабойном пространстве очистного забоя величина α дает возможность прогнозировать деформацию крепи (оседание) на различном расстоянии от забоя.

2.2.4.3 При крутонаклонном и крутом падении пластов

Обрушаемость кровли на крутом падении характеризуется шагом обрушения, мощностью одновременно обрушающихся породных слоев и величиной опускания кровли. Основным показателем считается шаг обрушения — расстояние в направлении подвигания очистного забоя, через которое происходит естественное разрушение непосредственной кровли.

С увеличением толщи слоя шаг обрушения увеличивается. Причинами изменения шага обрушения являются также изменения мощности пласта, строения и литологического состава вмещающих пород, нарушения и др.

Значение опускания кровли на границе с выработанным пространством изменяется в зависимости от класса пород по обрушаемости — при легкообрушаемых оно достигает 250 мм, средней обрушаемости — 200 мм, труднообрушаемых — 100 мм. При этом соответственно изменяются и размеры устойчивых обнажений в призабойном пространстве при выемке угля от 1...2 до 50 м².

Линейные размеры завес породных слоев за пределами призабойного пространства могут существенно изменяться и вызывать большие колебания нагрузок на крепь.

Скорость подвигания очистного забоя оказывает значительное влияние на обрушаемость (величину шага обрушения). Например, при увеличении скорости подвигания лавы с 0,5 до 3,0 м/сут шаг обрушения увеличивается в 2...3 раза. При скоростях подвигания около 6 м/сут не исключаются проявления динамических осадок кровли.

Классификация пород кровли по обрушаемости приведена в таблице 2.6, Класс пород кровли по обрушаемости позволяет использовать рекомендации по применению наиболее эффективного способа управления горным давлением в очистном забое (управление кровлей в выработанном пространстве).

Кроме того, для описания вмещающих пласт пород кровли используются некоторые характеристики, которые можно систематизировать по следующим классификационным признакам:

1) *породы кровли по слоистости*. В зависимости от мощности слоя h_i различают горные породы:

- а) весьма тонкослоистые — $h_i < 0,2$ м;
- б) тонкослоистые — $h_i = 0,2 \div 1,0$ м;
- в) среднеслоистые — $h_i = 1 \div 3$ м;
- г) крупнослоистые — $h_i = 3 \div 10$ м;
- д) весьма крупнослоистые — $h_i > 10$ м.

2) *породы кровли по распределению жесткости*. Жесткостью слоя (EJ , МН·м²), подобно жесткости плит и балок, называется произведение модуля упругости (E , МН/м²) и момента инерции (J , м⁴). Слои рассматриваются в направлении снизу вверх, начиная от пласта и классифицируются следующим образом:

- а) равномерной жесткости — $E_1J_1 = E_2J_2 = \dots = E_nJ_n$;
- б) возрастающей жесткости — $E_1J_1 < E_2J_2 < \dots < E_nJ_n$;
- в) убывающей жесткости — $E_1J_1 > E_2J_2 > \dots > E_nJ_n$;
- г) произвольных соотношений жесткости — $E_1J_1 \neq E_2J_2 \neq \dots \neq E_nJ_n$.

3) *породы кровли по трещиноватости*. В зависимости от частоты распространения трещин различают породы:

- а) нетрещиноватые;
- б) слаботрещиноватые — с одной системой трещин при относительно малой частоте трещин (расстояния между трещинами $a > 1$ м);
- в) среднетрещиноватые — с двумя системами взаимопересекающихся трещин при относительно малой частоте трещин ($a > 1$ м);
- г) сильнотрещиноватые — с несколькими системами взаимнопересекающихся трещин при средней их частоте ($a = 1,0 \div 0,5$ м);
- д) весьма сильнотрещиноватые — то же, что и сильнотрещиноватые, но с большей частотой трещин ($a < 0,2$ м).

Следует отметить, что большое значение имеет не только частота, но и ориентация трещин в пространстве.

Таким образом, принятые в настоящее время классификационные признаки вмещающих угольные пласты пород дают возможность прогнозировать следующие технологические решения при выемке угля:

По обрушаемости пород — выбор способа управления кровлей и технические мероприятия по его выполнению.

По устойчивости нижнего слоя кровли — принятие шага расстановки крепи в лаве, тип механизированного комплекса и мероприятия по повышению устойчивости пород в призабойном пространстве с целью предотвращения обрушений и вывалообразований.

По устойчивости почвы — определение способа удержания применяемого оборудования, в том числе и крепи с учетом ее силового воздействия, и проведение мероприятий по снижению удельных нагрузок на почву и предотвращению сползания пород на крутом падении угольных пластов.

При этом необходимо учитывать и дополнительные технологические характеристики.

Таблица 2.1 – Классификация нижнего слоя кровли по устойчивости на пластах пологого падения

Категория по Донуги	Значение геомеханических критериев	Литологический состав	Технологические признаки категории		
			механизированные крепи и схемы их работы	плотность крепи при индивидуальном креплении, рам/м	мероприятия по повышению устойчивости
Весьма неустойчивая Б ₁	Высота нижнего слоя непосредственной кровли $V < 0,2$ м. Расстояние между трещинами $\Gamma = 0,1$ м. Зависание кровли $D = 0$	Углисто-глинистый сланец с плоскостями ослабления $f \leq 2$		Принимается с учетом результатов мероприятий по повышению устойчивости нижнего слоя	1. Оставление пачки угля в кровле. 2. Селективная выемка неустойчивого слоя. 3. Присечка неустойчивого слоя.
Неустойчивая Б ₂	$V = 0,05 \dots 0,3$ м $\Gamma = 0,1 \dots 0,4$ м $D = 0$	Глинистый песчано-глинистый непрочный песчаник или др. $2 < f \leq 3$		1,45	1. Механическое или химическое анкерование. 2. Химическое упрочнение. 3. Опережающая штанговая крепь.

Продолжение таблицы 2.1

Категория по Донуги	Значение геомеханических критериев	Литологический состав	Технологические признаки категории		
			механизированные крепи и схемы их работы	плотность крепи при индивиду- альном креп- лении, рам/м	мероприятия по повышению устойчивости
Малоустойчи вая Б ₃	$V=0,1...0,5$ м $\Gamma=0,3...0,6$ м $D \leq 2$ м	Сланцы $3 < f \leq 5$	Поддерживающе-огра- дительные крепи МКД-90, КМ-103, УКП, КМ-137, МК-75 и др. с подпором	1,25	1. Затяжка кровли. 2. Увеличение ско- рости подвигания забоя.
Средней ус- тойчивости Б ₄	$V=0,2...0,7$ м $\Gamma=0,5...1,0$ м $D \leq 5$ м	Прочные сланцы, песчаники и др. $5 < f \leq 7$	Поддерживающие крепи без и с резервированием хода на шаг передвижки	1,1	Не требуется.
Устойчивая Б ₅	$V=0,5...2,0$ м $\Gamma=1,0$ м $D > 5$ м	Монолитные слои $f > 7$	Поддерживающего типа и др., допускается отставание передвижки на цикл	0,9	Не требуется.

Таблица 2.2 – Классификация верхнего слоя почвы по устойчивости

Категория	Сопротивление верхнего слоя почвы вдавливанию, МПа	Литологический состав пород почвы	Технологические характеристики	Тип нижней опоры стоек или секции	Мероприятия по повышению устойчивости верхнего слоя
П ₁	$\sigma_{вд} \leq 10$	Сланцы “кучерявой” структуры с зеркалом скольжения, $f \leq 2$	Не пригодны в качестве опоры для всех технологических средств	Выбирается после выполнения мероприятий по повышению устойчивости верхнего слоя почвы	1. Присечка неустойчивого слоя почвы. 2. Селективная выемка неустойчивого слоя почвы. 3. Упрочнение пород почвы.
П ₂	$10 < \sigma_{вд} \leq 25$	Сланцы, реже песчаники “кучерявой” текстуры, $2 < f \leq 4$	Внедряются в почву основания секций механических крепей и стойки индивидуальной крепи	Увеличенной площади	1. Дренаж воды. 2. Увеличение скорости подвигания забоя.
П ₃	$\sigma_{вд} > 25$	Однородный массив из сланцев или песчаников, $f > 4$	Служат хорошей опорой для любых технологических средств	Обычная	Не требуется.

Таблица 2.3 – Классификация нижнего слоя пород кровли на крутых пластах по устойчивости (Донуги)

Класс боковых пород	Наименование класса	Литологический состав пород	Площадь обнажения при обрушении и время устойчивости
I	Весьма неустойчивые	Глинистые, углистые, песчано-глинистые сланцы, тонкослойные до 0,3 м, трещиноватые, мощностью до 1,0 м	0,3...2,0 м ² 20...60 мин
II	Неустойчивые	Глинистые, песчано-глинистые, песчаные сланцы, тонкослоистые до 0,5 м, мощностью не менее 1,0 м	1,0...8,0 м ² 30...60 мин
III	Средней устойчивости	Такие же как породы II класса, мощностью более 1,5 м, а также песчаники и известняки, мощностью более 0,5 м	2,0...10 м ² 60...120 мин
IV	Устойчивые	Песчаники и известняки мощностью не менее 1,0 м, прочные сланцы, мощностью не менее 1,5 м	12...60 м ² до 360 мин
V	Весьма устойчивые	Монолитные породы мощностью не менее 2,0 м	60...300 м ² более 360 мин

Таблица 2.4 – Классификация пород почвы по устойчивости на крутых пластах

Класс пород почвы по устойчивости	Литологический состав	Предел прочности на сжатие, МПа	Площадь и опасные места сползания почвы, м ²
Склонные к сползанию	Слабые углистые сланцы, глинистые и песчано-глинистые, тонкослоистые (до 0,15 м), имеющие зеркальные поверхности с основной почвой, мощность слоя до 2,0 м	До 30	Сопряжение уступов, нижняя граница закладочного массива, контуры ЗПГД*, у геологических нарушений, под вентиляционным и над откаточным штреками, нижний просек; 10...300
Несклонные к сползанию	Глинистые, песчано-глинистые сланцы, песчаники, толстослоистые (более 0,2 м), не ниже средней прочности, мощностью более 2,0 м	Более 30	При определенных сочетаниях горно-геологических и производственных факторов могут возникнуть благоприятные условия для возникновения зоны потенциально опасных по сползанию пород

* ЗПГД – зона повышенного горного давления.

Таблица 2.5 – Классификация массива пород по обрушаемости (по Донуги)

Категория по Донуги	Значения геомеханических критериев	Литологический состав пород	Мероприятия по обеспечению способа управления кровлей полным обрушением
A ₁	Легкообрушаемые $\alpha=0,04$ Ш _о =10 м Ш _п =0 м	Чередующиеся слои сланцев, песчаников и др. ($f \leq 4$)	Не требуется.
A ₂	Среднеобрушаемые $\alpha=0,025$ Ш _о =25 м Ш _п =15 м	Чередующиеся слои сланцев, песчаников и др. ($4 < f \leq 6$)	До первой посадки при отходе лавы от разрезной печи рекомендуется выкладка бутокостров, бутовых полос, принудительное обрушение.
A ₃	Труднообрушаемые $\alpha=0,015$ Ш _о =50 м Ш _п =30 м	Однородные массивы сланцев, песчаников, известняков ($6 < f \leq 10$)	Рекомендуется частичная закладка и частичное обрушение. При полном обрушении необходимо передовое торпедирование кровли.
A ₄	Весьма труднообрушаемые $\alpha=0,015$ Ш _о =50 м Ш _п =30 м	Массив монолитных песчаников, известняков, сланцев ($f > 10$)	Рекомендуется полная закладка. При способе управления кровлей полным обрушением при первой посадке – принудительное обрушение с последующим передовым торпедированием кровли.
	Склонные к плавному прогибу $\alpha=0,05-15$ Ш _с =15 м	Прогибающиеся известняки, реже песчаники при мощности пласта 1 м и поддувании почвы ($6 < f < 12$)	Не требуется.

Таблица 2.6 – Классификация пород кровли крутых угольных пластов по обрушаемости

Класс боковых пород	Наименование класса	Литологический состав пород	Шаг обрушения, м Предел прочности на сжатие, МПа	Примечание
I	Легкообрушаемые	Массив небольшой мощности из тонкослоистых глинистых, песчано-глинистых и песчаных сланцев	<u>2...6</u> до 35	Как правило, почвы склонны к сползанию
II	Средней обрушаемости	Те же сланцы, но среднеслоистые, мощностью более 1,0 м, реже песчаники и известняки, мощностью до 0,5 м	<u>до 10</u> до 50	Почвы, не склонные к сползанию
III	Средней обрушаемости с проявлением вторичных осадок	Среднеслоистые сланцы, мощностью до 1,5 м, песчаники и известняки мощностью до 1,0 м	<u>15...20</u> до 60	То же
IV	Труднообрушаемые	Песчаники и известняки, мощностью более 1,5 м, толстослоистые сланцы, мощностью до 2,5 м	<u>15...30</u> до 80	То же
V	Весьма труднообрушаемые	Прочные, монолитные песчаники и известняки, мощностью не менее 2,5 м, сланцы, мощностью более 3,5 м	<u>25...40</u> более 80	Возможно сползание почвы
VI	Плавнопрогибающиеся	Те же породы, при мощности угольного пласта до 0,8 м и вспучивающейся почвы	Прогиб без разрыва сплошности 15...20 м	Пучащие почвы

ТЕМА 3. ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРНОМ МАССИВЕ ВОКРУГ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

3.1 Общие положения, понятия и определения

Этот раздел в курсе «Процессы очистных работ при подземной разработке пластовых месторождений полезных ископаемых» является фундаментальным, основополагающим, на базе которого основываются технологические решения. Без знания закономерностей протекания геомеханических процессов в конкретных условиях, проявлений горного давления, грамотное проектирование технологии очистных работ, производственных процессов, обеспечивающих безопасность и эффективность производства, просто невозможно.

Проникновение в суть протекающих процессов позволит, помимо всего, дать объяснения возникающим в практике работы очистных забоев ситуациям и принять (предложить) адекватные меры.

При ведении подземных горных работ происходят сложные и многообразные физические, в частности, механические процессы. Эти процессы обусловлены нарушением естественного квазиравновесного состояния вмещающего выработки породного массива.

В соответствии с общепринятым мнением породы в зоне нетронутого массива находятся в объемном напряженном состоянии. Специалисты-геомеханики поддерживают гипотезу о геостатическом распределении напряжений в массиве пород.

Напряженность угольных пластов и вмещающих пород в этом случае прямо пропорциональна плотности пород и глубине их залегания.

При отсутствии тектонических сил и без учета температурных градиентов (температурные напряжения сравнительно малы) вертикальное (нормальное) напряжение

$$\sigma_z = \gamma \cdot H, \quad (3.1)$$

где γ — средневзвешенная плотность пород, т/м³;

H — расстояние от поверхности до данной площадки, м.

Горизонтальное напряжение

$$\sigma_x = K_\phi \cdot \gamma \cdot H, \quad (3.2)$$

где $K_\phi < 1$ — коэффициент бокового распора, зависящий от физико-механических свойств пород.

Но, как известно, при проведении горных выработок в массиве происходит изменение его первоначального напряженного состояния. Особенно большое изменение напряженного состояния массива вызывает ведение очистных работ.

В результате извлечения полезного ископаемого в очистной выработке происходит обнажение кровли, которая под действием собственного веса и веса вышележащих пород приходит в движение. В результате опускания кровли происходит ее расслоение, обрушение, что вызывает перераспределение напряжений в окружающих выработку горных породах. А первопричина тому — горное давление, представляющее собой силы, возникающие в окружающем

горную выработку массиве. Горное давление проявляется в виде различного рода сдвижений, деформаций и разрушений вмещающих пород и полезного ископаемого, нагрузки на крепь, целики и массив полезного ископаемого, примыкающие к выработке.

Различают следующие виды горного давления:

1) *вертикальное* — давление на крепь, целики, закладочный массив и обрушенные породы, действующее по вертикали и вызванное массой вышележащих горных пород;

2) *боковое* — горизонтальная составляющая горного давления;

3) *статическое* — давление горных пород на крепь, целики и др., в котором инерционные силы отсутствуют или весьма малы;

4) *динамическое* — давление горных пород на крепь, целики и др., возникающее при больших скоростях приложения нагрузок (взрыв, внезапное обрушение пород кровли, горные удары, внезапные выбросы угля и газа и т.п.);

5) *установившееся* — давление, не изменяющееся с течением времени;

6) *неустановившееся* — давление, изменяющееся с течением времени вследствие ведения горных работ, ползучести пород и релаксации напряжений;

7) *первичное* — давление горных пород, вызванное перераспределением напряжений в массиве горных пород при проведении выработки.

На интенсивность и характер проявления горного давления влияет множество природных и технических факторов, действующих как постоянно и повсеместно, так и временно и локально. И управление горным давлением, как правило, сводится к управлению механическими процессами, протекающими в недрах при разработке месторождений.

Для разработки способов управления горным давлением в выработках необходимы сведения о механических свойствах угольных пластов и вмещающих их пород. Для эффективного управления техническими факторами (форма сечения и размеры очистных и подготовительных выработок, способы и средства выемки угля и крепления лав, параметры технологии работ, скорость подвигания забоев, способы и средства крепления сопряжений, способы управления боковыми породами и др.) необходимо знать качественное и количественное влияние каждого из них отдельно и в совокупности на проявления горного давления в конкретных условиях.

Главными задачами управления горно-геомеханическими процессами является либо создание условий надлежащего сохранения устойчивости элементов массива и выработок на период срока их существования или напротив, создание условий регулируемого деформирования пласта и пород в пределах, обеспечивающих безопасность ведения горных работ. В каждом конкретном случае эта задача требует отдельного решения.

Поскольку интенсивность и характер горного давления во многом зависит от характеристик массива горных пород, последний заслуживает специального рассмотрения.

3.2 Краткие сведения о массиве, окружающем горную выработку

Любую горную выработку окружает **горный массив**, т.е. собственно в горном массиве они и располагаются.

Горным массивом это часть верхней толщи литосферы, в которую входит и месторождение полезного ископаемого. Но в рассматриваемом случае горный массив имеет физические границы, которые определяются пределами распространения в нем физических процессов, вызванных разработкой полезного ископаемого. При этом надо иметь в виду, что в целом горный массив может иметь самую разнообразную структуру: от однородной, квазиизотропной, до весьма сложной, включающей слоистость, трещиноватость, в том числе и вызванных по причине концентрации напряжений в краевых зонах пласта и боковых породах. Для изучения и в практических целях горный массив по типу строения делится на: однородный, слоистый, отдельно-блочный, трещиноватый и комбинированный.

По напряженному состоянию и поведению пород горный массив, окружающий очистную выработку, условно делится на пять зон:

Первая зона — *зона нетронутых горных пород впереди лавы*, которая не испытывает влияния очистных работ.

Вторая зона — *зона активной обработки напряжениями*, вызванными наличием и продвижением лавы. В этой зоне зарождаются деформации пласта и боковых пород. С переходом горных работ на большие глубины размеры второй зоны возрастают.

Третья зона — *зона пород над и под очистным забоем*, которые непосредственно взаимодействуют с крепью лавы. При изучении поведения пород в этой зоне необходимо рассматривать единую механическую систему кровля–крепь–почва–краевая часть угольного пласта–обрушенные породы (закладка). Трещиноватость пород в этой зоне, как правило, весьма развита. Роль крепи в поддержании этих пород велика, но не является главенствующей.

Четвертая зона (за призабойным пространством лавы) — *зона непрерывно деформирующихся пород кровли*, а на крутом падении и почвы.

В пятой зоне (ориентировочно на расстоянии около 100 м позади лавы) наступает *новое равновесие пород после их активной «обработки» во второй, третьей и четвертой зонах*. Давление на почву опять достигает почти таких же значений, которые она испытывала до выемки угля.

По аналогии с управлением горным давлением существует понятие управления состоянием горного массива. Но в этом случае под *управлением состоянием горного массива* следует понимать не воздействие на массив с целью его упорядочения и сохранения определенной структуры, а изучение закономерностей этого состояния в окрестностях горных выработок и использование их в практической деятельности.

Важнейшим вопросом в части изучения закономерностей поведения вмещающих пласт пород вокруг очистного забоя для их практического использования является управление состоянием **краевой зоны** массива угольных пластов в лавах.

Краевыми зонами называются приконтурные части пласта и пород по всему периметру очистного забоя, а под управлением состоянием краевой зоны подразумевается система мероприятий, которая обеспечивает изменение в необходимых (допустимых) пределах напряженно-деформированного состояния пласта и пород в лаве. Целью управления состоянием краевой зоны массива в очистных забоях является создание условий для безопасной и эффективной отработки угольного пласта. Речь идет о такой предварительной подготовке угольного массива и очистного забоя, которая при данной технологии создает условия наиболее высокой производительности безопасного труда.

Многообразие горно-геологических условий, сложность процессов, протекающих в горном массиве при разработке полезных ископаемых, большое число малоизученных факторов, оказывающих влияние на характер и интенсивность горного давления, объясняют отсутствие до сего времени теории горного давления.

Вместе с тем для объяснения характера и количественной оценки горного давления были созданы различные гипотезы (научно-обоснованные предположения) о наиболее общем механизме его проявлений в горных массивах, в частности в зоне горных выработок.

2.3 Обзор гипотез горного давления

Происходящие в массиве горных пород процессы изучены недостаточно, многие вопросы остаются спорными, что и привело к возникновению ряда гипотез горного давления. Но ни одна из них не является общепризнанной:

- гипотезы Лабасса;
- гипотезы свода;
- гипотезы ступенчатых опусканий;
- гипотезы балок;
- комбинированной гипотезы плит и балок;
- гипотезы проф. Д.С.Ростовцева;
- гипотезы упругой среды;
- гипотезы пластической среды.

Гипотеза предварительного растрескивания Лабасса. По этой гипотезе предполагается, что по мере подвигания лавы происходит изгиб слоев кровли, вызывающий предварительную трещиноватость пород впереди очистного забоя. Эти трещины образуются непрерывно в вышележащих породах и могут распространяться до поверхности.

В основу расчетной схемы этой гипотезы положены допущения, что, часть опорного давления воспринимает массив, стойка последнего ряда — половину этой части, а стойка у забоя — ничего. Вводятся также различного рода корректирующие коэффициенты, которые являются функциями жесткости крепи и изгиба основной кровли. Ввод указанных допущений не доказан, а установление корректирующих коэффициентов весьма затруднительно.

Гипотеза свода. Основой, позволяющей перенести гипотезу свода на разрушение пород в кровле очистных забоев, явились опыты М.Файоля (Франция) на моделях, воспроизводивших слоистый горный массив. Были оконтурены границы

расслоения пород кровли своеобразной кривой и установлено, что параметры и ориентировка сводов зависят от ширины очистного забоя, углов падения пластов и строения покрывающей пласт толщи. Согласно, этой гипотезы, давление на крепь определяется весом пород внутри разгружающего свода (или весом ядра свода). Но следует сказать, что, несмотря на значительное распространение, эта гипотеза слабо обоснована. Ни в одном из экспериментов не была установлена верхняя граница разгружающего свода. Нагрузка на крепь по гипотезе свода не зависит от глубины работ и жесткости крепи, что, по мнению специалистов, может быть только в частных случаях. Поэтому область использования гипотезы свода ограничивается однородными, относительно слабо связанными породами, для которых сводообразование подтверждено экспериментально и шахтными наблюдениями. Поэтому приложение гипотезы свода к твердым слоистым породам, которые преобладают в кровлях угольных пластов, вряд ли правомерно.

Гипотеза ступенчатых опусканий. Лабораторные исследования и натурные наблюдения показали, что в некоторых условиях при сравнительно слабых породах покрывающей толщи происходит ступенчатое опускание пород кровли. Применительно к этим условиям П.М.Цимбаревич предложил гипотезу призм сползания. При подвигании забоя впереди него начинают появляться трещины. В большинстве угол падения трещин составляет 80–85°. Развитие и форма трещин свидетельствует, что причиной их возникновения являются деформации изгиба пород кровли, которые зависят над призабойным пространством и частично находящиеся впереди лавы вследствие деформации сжатия угольного пласта. Ширина призм сползания, т.е. частота трещин, изменяется от величины шага передвижки крепи до ширины призабойного пространства. Сползание призм начинается над призабойным пространством и продолжается в выработанном пространстве до полного опускания.

По мнению А.А.Борисова область использования гипотезы ступенчатых опусканий ограничивается однородными слабосвязанными породами, но неприемлема для условий твердых слоистых пород.

Гипотеза балок. Она известна более 100 лет. В этой гипотезе априорно делается допущение, что в достаточно длинных забоях непосредственная и основная кровля, сложенная твердыми слоистыми породами, деформируется подобно консольной балке. Гипотеза получила развитие в работах В.Д.Слесарева, который считал, что кровля работает подобно плите, свободно опертой или закрепленной на прямоугольном опорном контуре, и на этой основе разработал приближенный метод расчета на основе положений строительной механики. Однако другие исследователи доказали непостоянство величины пролета в пачке слоев пород кровли. Г.Н.Кузнецов, развивая гипотезу балок, экспериментально показал, что пачки балок при разрушении образуют своеобразные шарнирно-блочные системы. Кроме того, гипотеза балок не учитывает жесткости крепей, влияния времени и др.

Комбинированная гипотеза плит и балок. Гипотеза, развитая А.А.Борисовым, в наибольшей степени отвечает сущности проявления горного давления в твердых слоистых породах при разработке пологих пластов. По представлению А.А.Борисова работа твердых слоистых пород кровли в зависимости от их физико-механических свойств и, прежде всего, от типа трещиноватости в

отдельные периоды имеет достаточно близкую аналогию или с работой тонких плит (их пачек), или с работой балок, или с комбинированной работой плит и балок (их пачек). С позиций этих представлений и будут в дальнейшем рассмотрены вопросы протекания геомеханических процессов, проявления горного давления, характера деформаций и разрушений пласта и вмещающих его пород.

2.4 Опорное давление и характер его распределения

2.4.1 Основные понятия и зоны опорного давления

Следует иметь в виду, что, вопросы проявления опорного давления, являются весьма актуальными для всех видов технологии очистных работ, но особое значение они приобретают для технологий с длинными очистными забоями.

Опорным давлением называется давление, передаваемое нависающими над выработкой породами на опоры по всему контуру обнажения (опорному контуру).

Опорное давление представляет собой нормальные к пласту повышенные по сравнению с γH сжимающие напряжения, действующие над опорами вблизи опорного контура по всему его периметру.

Если в зоне нетронутого массива горных пород $\sigma_z = \gamma H$, то уже при проведении разрезной печи по ее бокам и впереди появляются дополнительные (повышенные) напряжения

$$\sigma_{сж} = K \cdot \gamma \cdot H, \quad (3)$$

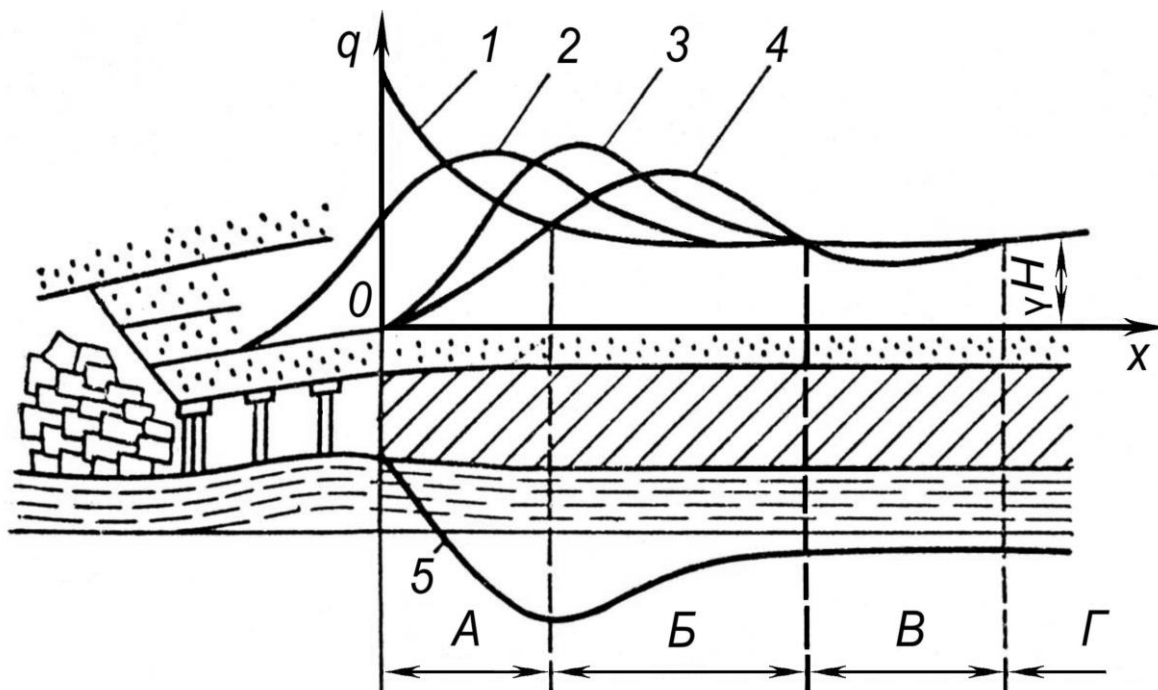
где K — коэффициент концентрации сжимающих напряжений.

Согласно одним данным максимальная интенсивность опорного давления в передней зоне очистного забоя колеблется в пределах $\sigma_{max} = (1,5...4,0)\gamma H$, по другим $\sigma_{max} = (1,8...5,2)\gamma H$.

Следует отметить, что опорное давление возникает при проведении выработок в любых условиях независимо от состава пород и сложения массива. Оно проявляется также при образовании расслоений, обрушений, т.е. во всех случаях, когда образуется какая-нибудь полость. В общем случае опорное давление является результатом суммарного действия веса пород покрывающей толщи и вращающих моментов, создаваемых всеми зависаниями пачек и слоев. Рассматривается, что каждая пачка или слой работает как балка на упругом основании, а опорное давление определяется как сумма воздействия всех пачек на разрабатываемый пласт.

Зоны повышенных по сравнению с γH сжимающих напряжений, образующихся в краевой части пласта вблизи контура отработанной площади, называются зонами опорного давления.

Распределение опорного давления впереди забоя схематично показано на рис. 1.



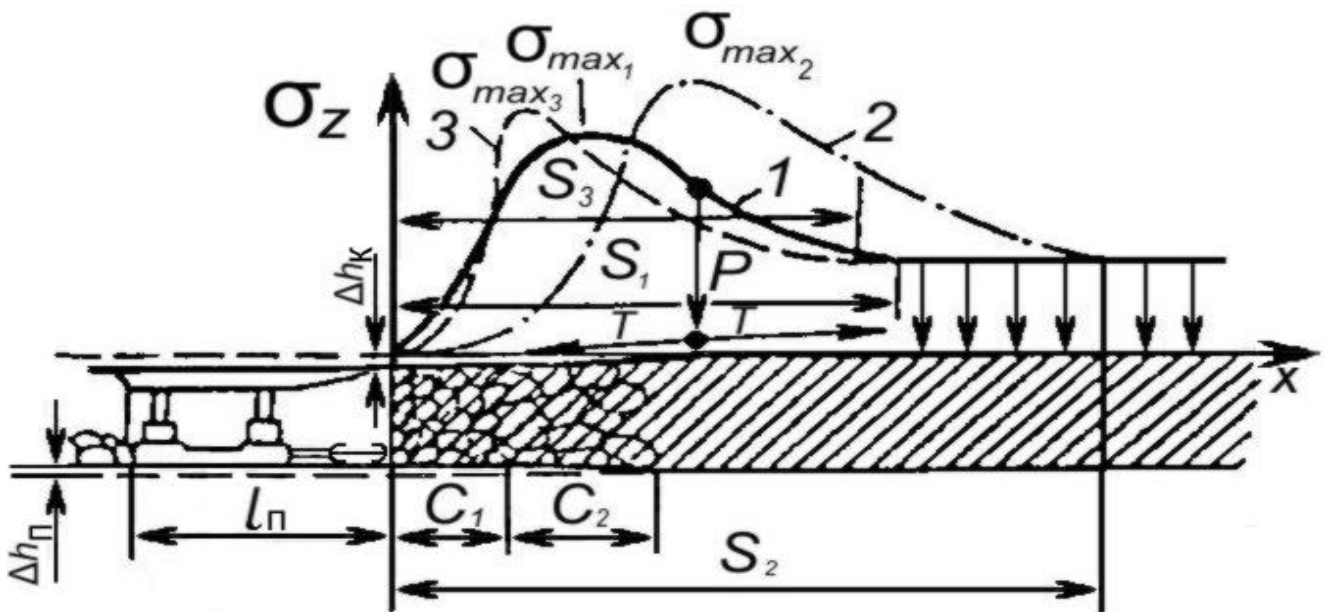
1 — по теории упругости; 2 — по данным Б.В.Матвеева; 3 — по данным шахтных и лабораторных исследований; 4 — по теории балок на упругом основании; 5 — реактивное давление на почве пласта (по данным А.А.Борисова)

Рисунок 1 — Схема распределения опорного давления впереди забоя

До сего времени нет единого представления о распределении опорного давления впереди очистного забоя. Каждое из приведенных на рис. 1 представлений имеет свое обоснование, но данные шахтных и лабораторных исследований представляются наиболее достоверными и поэтому их необходимо учитывать в первую очередь.

В зависимости от интенсивности напряжений в краевой части в среднем сечении лавы выделяется четыре зоны: зона пониженных напряжений (первая зона) А, зона повышенных напряжений Б, зона пониженных напряжений (вторая зона) В и зона напряжений, близких к первоначальным Г. Конкретное распределение этих зон зависит от строения, состава и свойства пород. Во всех случаях величины деформаций и разрушений в краевой зоне определяются отношениями интенсивности опорного давления к механическим характеристикам пласта, продолжительностью действия нагрузки и другими факторами.

Так же во всех случаях отжима краевой части угольных пластов (раздавливания их силами опорного давления) максимум давления перемещается дальше от груди забоя в глубь массива (рис. 2). При этом ширина призабойного пространства l_n сначала увеличивается на C_1 (ширину зоны явного отжима, т.е. визуально наблюдаемого), а затем на C_2 (ширину зоны уплотнения, т.е. инструментально определяемого отжима).

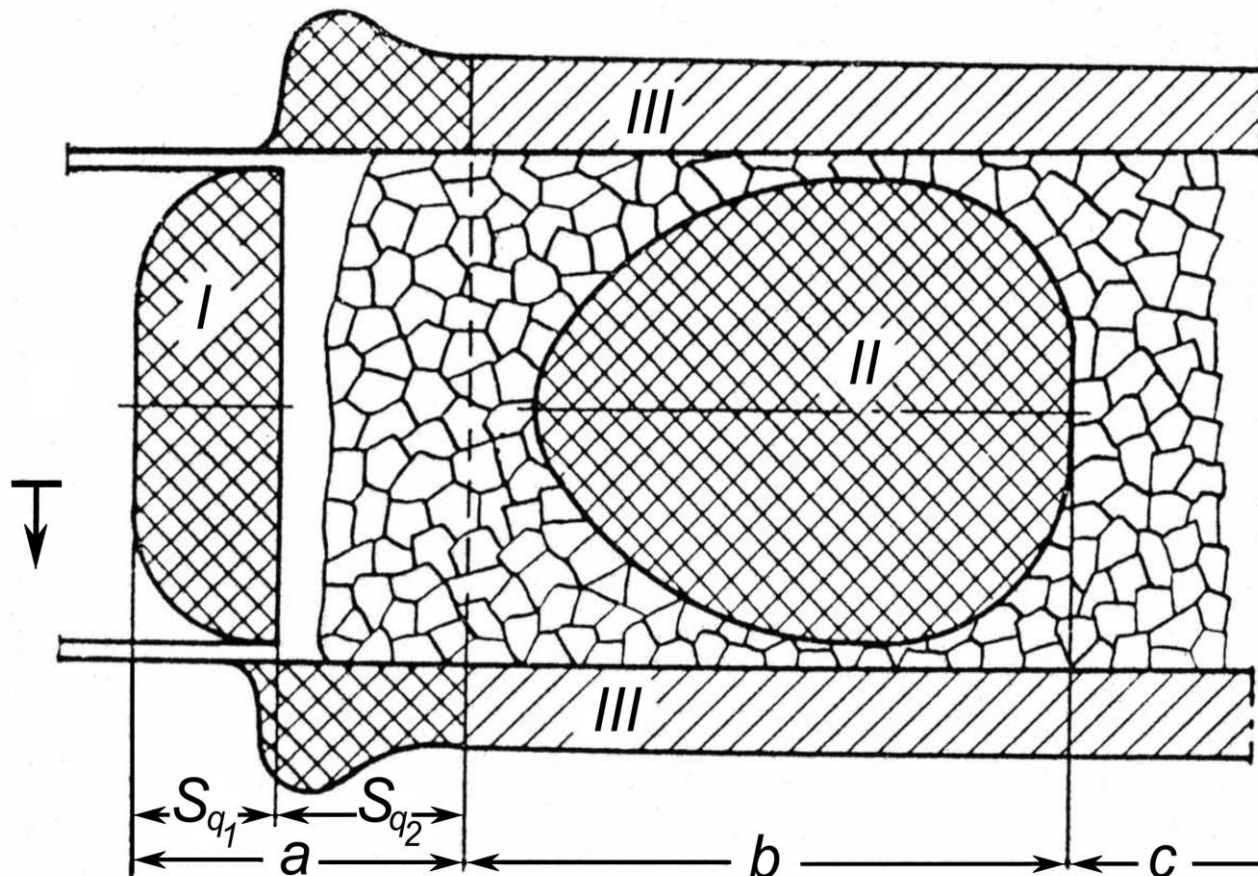


1–3 — эпюра опорного давления σ соответственно до раздавливания краевой зоны пласта, после раздавливания и в случае, если происходит лишь ее уплотнение; l_n — ширина зоны поддерживаемого призабойного пространства; Δh_k и Δh_p — уменьшение мощности пласта h_e при сжатии краевой зоны опорным давлением соответственно за счет опускания кровли и поднятия почвы; T и P — соответственно составляющая давления по напластованию и вертикальная

Рисунок 2 — Распределение опорного горного давления при отжиме краевой части пласта

Эпюра опорного давления все время перемещается, меняет свою форму, изменяются и ее параметры σ_{max} (максимально достигаемые нормальные напряжения) и S (ширина зоны повышенного опорного давления). О степени деформирования краевой зоны судят по характеру распределения опорного давления.

Общий же характер распределения опорного давления вблизи длинного очистного забоя для систем разработки по простиранию с полным обрушением кровли представлен на рис. 3.



S_{q_1} — длина передней зоны опорного давления вдоль очистного забоя; S_{q_2} — длина боковой зоны повышенного опорного давления вдоль подготовительной выработки в окрестности ее сопряжения с очистным забоем

Рисунок 3 — Общий характер распределения опорного давления в плоскости пологого пласта

В плоскости пласта выделяются три зоны опорного давления: передняя — I, задняя — II, боковая (по падению и восстанию) — III. Кроме того, выделяются зоны: динамического проявления опорного давления «а», затухания динамического проявления опорного давления «б», статического опорного давления «с». В зонах динамического проявления интенсивность опорного давления, равно как и характер его распределения, а также ширина охватываемой зоны изменяются. Скорость этих изменений не стабильна, изменения могут быть медленными, монотонными, а могут носить и мгновенный ударный характер. Все зоны динамического опорного давления перемещаются по мере подвигания очистного забоя.

Надо заметить, что в выработанном пространстве лавы образуется зона повышенного горного давления независимо от способа управления боковыми породами полным обрушением или закладкой выработанного пространства. Эта зона также непрерывно перемещается одновременно с лавой.

Динамические процессы в задней зоне опорного давления имеют своеобразный характер и постепенно затухают.

По бокам выработанного пространства проходят две волны опорного давления. Первая волна — при проведении штреков, вторая — при подвигании лавы. Поэтому боковые стенки выработки чаще всего раздавливаются, что приводит к деформации пород. По некоторым данным ширина передней зоны опорного давления изменяется от 20 до 250 м и более. Ширина боковой зоны опорного давления (по падению и восстанию) изменяется от 15 до 50 м.

В пределах длины задней зоны опорного давления боковые зоны также испытывают затухание динамики.

Наиболее четко динамика опорного давления отмечается в передней зоне S_{q_1} и боковых зонах в пределах S_{q_2} . И только позади задней зоны опорного давления располагаются зоны статического опорного давления. При этом следует заметить, что зоны опорного давления по простираанию не имеют четкого разграничения.

И в заключение отметим, что в почве пласта вблизи забоя образуется зона разгрузки (рис. 4) так как нависающие породы кровли воспринимают на себя вес вышележащей толщи и передают его на краевые зоны опорного контура. Зоны разгрузки образуются также и вблизи боковых сторон контура обрабатываемой площади пласта.

На распределение опорного давления оказывают влияние параметры техники и технологии, так как в последствии техника определяет: **форму груди забоя, ширину захвата выемочной машины и скорость подвигания очистного забоя**, а технология — **способ управления кровлей**.

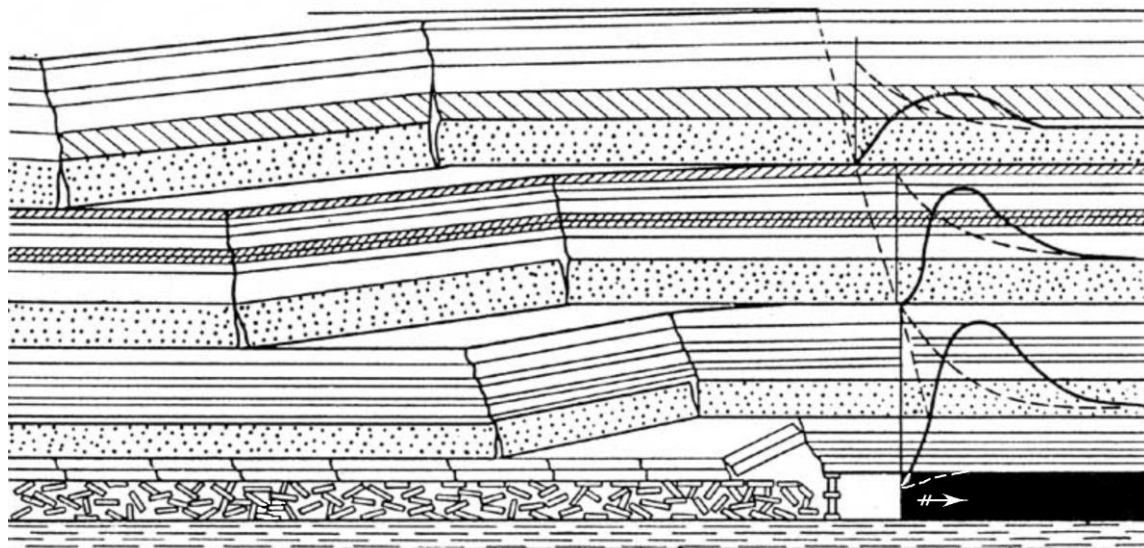


Рисунок 4 — Характер распределения опорного давления в среднем сечении впереди лавы

Форма груди забоя определяет главным образом устойчивость краевой части угольного пласта. Она не вносит качественных изменений в общие закономерности распределения опорного давления, однако чем ниже устойчивость краевой части, тем дальше максимум опорного давления перемещается вглубь массива и наоборот. Опять таки, при выемке угля с опережающим врубом происходит перераспределение напряжений с переносом максимума опорного давления вглубь массива.

Ширина захвата выемочной машины оказывает следующее влияние: обычно, чем больше ширина захвата, тем на какой-то период времени больше ширина рабочего пространства лавы, а, следовательно, больше размер консолю нависающих пород непосредственной кровли. При этом опорное давление возрастает, и нажим на краевую часть пласта увеличивается.

Переход технологических схем на узкозахватную выемку угля уменьшил динамику перераспределения опорного давления. В связи с тем, что исполнительные органы этих комбайнов в большинстве случаев производят выемку в отжатой зоне угольного массива, поэтому длина консолей нависающих пород кровли существенно не увеличивается и потому опорное давление резко не изменяется.

По данным Донуги *скорость подвигания очистного забоя* влияет следующим образом: увеличение скорости подвигания лавы с 3 до 20 м/сут в средних условиях Донбасса приводит к увеличению ширины зоны опорного давления в 1,6 раза, коэффициента концентрации опорных напряжений примерно в 2 раза. Максимум опорного давления приближается к забою. В выработанном же пространстве высота зоны обрушенных пород уменьшается с 3–4*m* (*m* — мощность пласта) до *m*.

Способ управления кровлей не вносит нового качества в распределение напряжений. При этом полная и плотная закладка выработанного пространства уменьшает динамику в аномалиях напряжений при переходе пород из зоны с всесторонним сжатием, в зоны с двухмерным напряженно-деформированным состоянием. Таким образом, деформации при сближении пород над закладочным массивом отличаются относительной плавностью хода.

2.4.2 Протекание геомеханических процессов в различных зонах проявления опорного давления

Вблизи контура отработанной площади образуются краевые зоны. Эти зоны представляют собой своеобразные штампы, от действия которых опорное давление распространяется в подстилающие породы, повышая вертикальные напряжения сравнительно с γH .

Как видно из рисунка (см. рис. 2), интенсивность и характер распределения опорного давления сильно меняется по мере деформирования краевой зоны. При каждом сжатии краевой зоны пласта опорным давлением происходят немедленные деформации и постепенно развиваются деформации ползучести. И в зависимости от соотношения величины опорного давления и механических характеристик пласта могут происходить либо уплотнения, либо разрушения

краевой зоны, но в общем случае могут образовываться две зоны: S_1 — зона разрушения, S_2 — зона уплотнения.

Раздавливание краевой зоны приводит к возрастанию пролета и поэтому к увеличению интенсивности и ширины зоны опорного давления. При этом максимум опорного давления удаляется от забоя. Если эпюра опорного давления до раздавливания краевой зоны имела вид кривой 1, то после раздавливания краевой зоны она приобретает вид кривой 2. В случаях же, когда краевая зона не раздавливается, а лишь уплотняется, эпюра опорного давления может приобретать вид кривой 3.

Следует особо подчеркнуть, что интенсивность деформирования и раздавливания краевой зоны непостоянна по всей длине лавы. Во многих случаях раздавливание краевой зоны происходит только в ее середине.

Когда напряжения в краевой зоне достигают предельного значения σ_{max} , в пласте развиваются трещины отжима в основном параллельные обнаженной поверхности. Разрушение угля в этом случае называют **отжимом**.

В последующей зоне опорного давления деформации не достигают предельных значений и уголь в ней не подвергается заметному разрушению. Однако даже в этом случае они (деформации) ослабляют краевую зону пласта, что приводит к уменьшению энергозатрат на разрушение угля при добыче. Таким образом, в зависимости от состояния краевой зоны пласта изменяется его сопротивляемость разрушению.

Но при всем при этом надо иметь в виду, что разрушение угольного пласта как несущей опоры ведет к повышенным опусканиям пород непосредственной кровли. В результате непосредственная кровля разрушается от изгиба слоев в призабойном, крепью неподдерживаемом, пространстве, и от сжатия в зоне высокой концентрации опорного давления. При выемке угля могут образовываться вывалы неустойчивых пород.

Процессы развития отжима в пласте и опускание кровли в призабойном пространстве быстротекущие в отличие от процессов постепенного прироста концентрации опорного давления над кромкой опоры угольного пласта. Это различие и определяет характерную мелкоструктурную форму разрушения непосредственной кровли и крупноструктурную — основной кровли.

В тех же случаях, когда раздавливание краевой зоны не происходит и её деформации ползучести невелики, то общий характер изменения эпюры опорного давления в зависимости от пролёта можно представить, как это изображено на рис. 5. Кривые 1, 2, 3 соответствуют пролётам l_1, l_2, l_3 и соответствующим им размерам зоны распространения опорного давления S_1, S_2, S_3 .

По мере увеличения пролёта выработки l возрастает интенсивность опорного давления σ_{max} , а при максимальной длине пролета S_3 максимум опорного давления σ_{max_3} приближается к краю угольного массива. Как правило, возрастают и размеры зоны распространения опорного давления S .

По мере увеличения пролёта выработки происходит быстрое нагружение массива вблизи опорного контура, а в момент обрушения пачек кровли происходит их ударная разгрузка.

Огромное влияние на интенсивность и характер распределения опорного давления оказывает глубина разработки. Влияние глубины аналогично влиянию пролёта выработки. С ростом глубины максимум опорного давления возрастает и перемещается в направлении забоя.

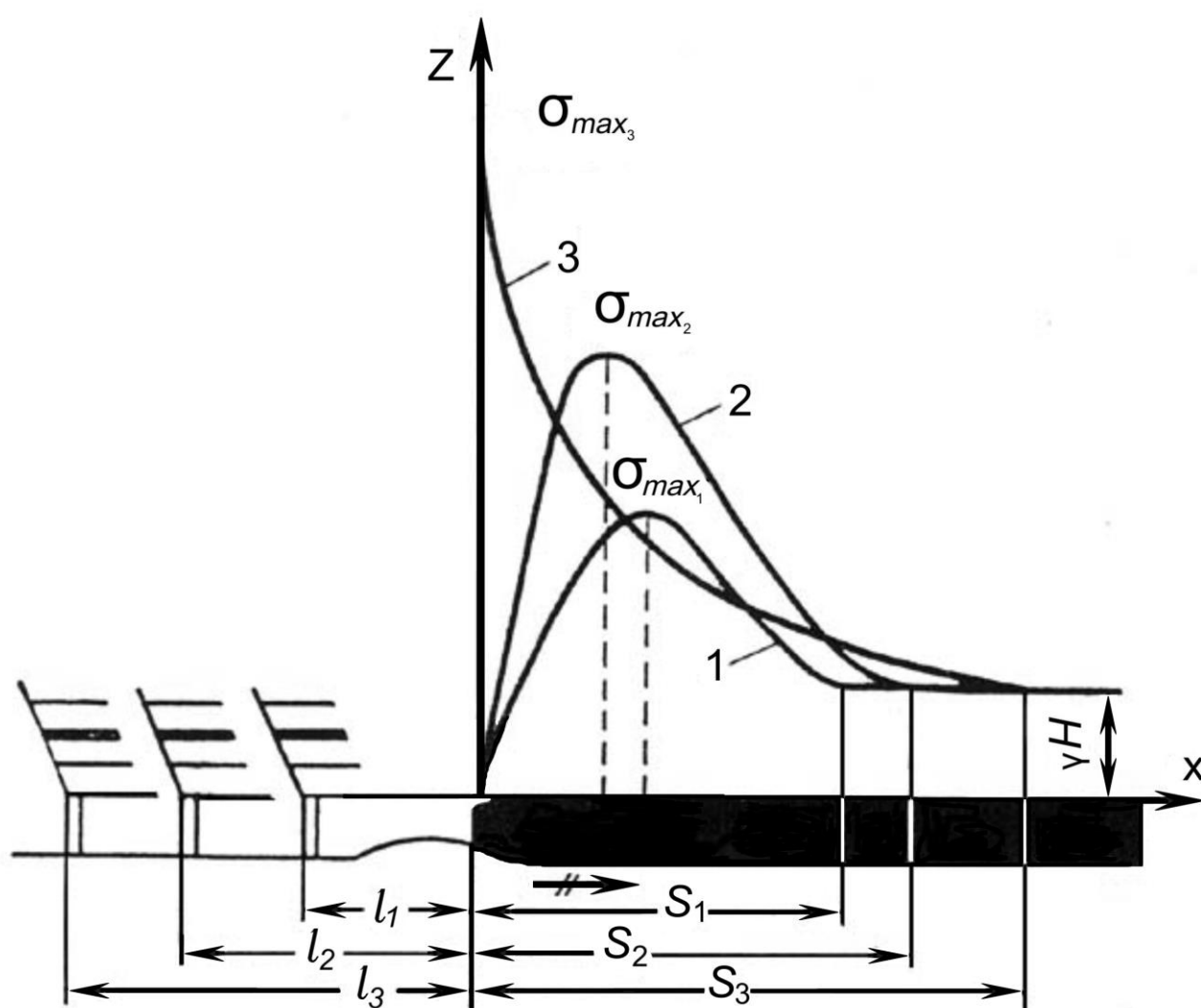


Рисунок 5 — Зависимость эпюры опорного давления впереди лавы от пролёта при отсутствии раздавливания краевой зоны

ТЕМА 4. ОБЗОР ГИПОТЕЗ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ. ОПОРНОЕ ДАВЛЕНИЕ И ХАРАКТЕР ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

4.1 Обзор гипотез горного давления

Происходящие в массиве горных пород процессы изучены недостаточно, многие вопросы остаются спорными, что и привело к возникновению ряда гипотез горного давления. Но ни одна из них не является общепризнанной:

- гипотезы Лабасса;
- гипотезы свода;
- гипотезы ступенчатых опусканий;
- гипотезы балок;
- комбинированной гипотезы плит и балок;
- гипотезы проф. Д.С. Ростовцева;
- гипотезы упругой среды;
- гипотезы пластической среды.

Гипотеза предварительного растрескивания Лабасса. По этой гипотезе предполагается, что по мере подвигания лавы происходит изгиб слоев кровли, вызывающий предварительную трещиноватость пород впереди очистного забоя. Эти трещины образуются непрерывно в вышележащих породах и могут распространяться до поверхности.

В основу расчетной схемы этой гипотезы положены допущения, что, часть опорного давления воспринимает массив, стойка последнего ряда — половину этой части, а стойка у забоя — ничего. Вводятся также различного рода корректирующие коэффициенты, которые являются функциями жесткости крепи и изгиба основной кровли. Ввод указанных допущений не доказан, а установление корректирующих коэффициентов весьма затруднительно.

Гипотеза свода. Основой, позволяющей перенести гипотезу свода на разрушение пород в кровле очистных забоев, явились опыты М. Файоля (Франция) на моделях, воспроизводивших слоистый горный массив. Были оконтурены границы расслоения пород кровли своеобразной кривой и установлено, что параметры и ориентировка сводов зависят от ширины очистного забоя, углов падения пластов и строения покрывающей пласт толщи. Согласно, этой гипотезы, давление на крепь определяется весом пород внутри разгружающего свода (или весом ядра свода). Но следует сказать, что, несмотря на значительное распространение, эта гипотеза слабо обоснована. Ни в одном из экспериментов не была установлена верхняя граница разгружающего свода. Нагрузка на крепь по гипотезе свода не зависит от глубины работ и жесткости крепи, что, по мнению специалистов, может быть только в частных случаях. Поэтому область использования гипотезы свода ограничивается однородными, относительно слабо связанными породами, для которых сводообразование подтверждено экспериментально и шахтными наблюдениями. Поэтому приложение гипотезы свода к твердым слоистым породам, которые преобладают в кровлях угольных пластов, вряд ли правомерно.

Гипотеза ступенчатых опусканий. Лабораторные исследования и натурные наблюдения показали, что в некоторых условиях при сравнительно слабых породах

покрывающей толщи происходит ступенчатое опускание пород кровли. Применительно к этим условиям П.М. Цимбаревич предложил гипотезу призм сползания. При подвигании забоя впереди него начинают появляться трещины. В большинстве угол падения трещин составляет 80–85°. Развитие и форма трещин свидетельствует, что причиной их возникновения являются деформации изгиба пород кровли, которые зависят над призабойным пространством и частично находящиеся впереди лавы вследствие деформации сжатия угольного пласта. Ширина призм сползания, т.е. частота трещин, изменяется от величины шага передвижки крепи до ширины призабойного пространства. Сползание призм начинается над призабойным пространством и продолжается в выработанном пространстве до полного опускания.

По мнению А.А. Борисова область использования гипотезы ступенчатых опусканий ограничивается однородными слабосвязанными породами, но неприемлема для условий твердых слоистых пород.

Гипотеза балок. Она известна более 100 лет. В этой гипотезе априорно делается допущение, что в достаточно длинных забоях непосредственная и основная кровля, сложенная твердыми слоистыми породами, деформируется подобно консольной балке. Гипотеза получила развитие в работах В.Д. Слесарева, который считал, что кровля работает подобно плите, свободно опертой или закрепленной на прямоугольном опорном контуре, и на этой основе разработал приближенный метод расчета на основе положений строительной механики. Однако другие исследователи доказали непостоянство величины пролета в пачке слоев пород кровли. Г.Н. Кузнецов, развивая гипотезу балок, экспериментально показал, что пачки балок при разрушении образуют своеобразные шарнирно-блочные системы. Кроме того, гипотеза балок не учитывает жесткости крепей, влияния времени и др.

Комбинированная гипотеза плит и балок. Гипотеза, развитая А.А. Борисовым, в наибольшей степени отвечает сущности проявления горного давления в твердых слоистых породах при разработке пологих пластов. По представлению А.А. Борисова работа твердых слоистых пород кровли в зависимости от их физико-механических свойств и, прежде всего, от типа трещиноватости в отдельные периоды имеет достаточно близкую аналогию или с работой тонких плит (их пачек), или с работой балок, или с комбинированной работой плит и балок (их пачек). С позиций этих представлений и будут в дальнейшем рассмотрены вопросы протекания геомеханических процессов, проявления горного давления, характера деформаций и разрушений пласта и вмещающих его пород.

4.2 Опорное давление и характер его распределения

4.2.1 Основные понятия и зоны опорного давления

Следует иметь в виду, что, вопросы проявления опорного давления, являются весьма актуальными для всех видов технологии очистных работ, но особое значение они приобретают для технологий с длинными очистными забоями.

Опорным давлением называется давление, передаваемое нависающими над выработкой породами на опоры по всему контуру обнажения (опорному контуру).

Опорное давление представляет собой нормальные к пласту повышенные по сравнению с γH сжимающие напряжения, действующие над опорами вблизи опорного контура по всему его периметру.

Если в зоне нетронутого массива горных пород $\sigma_z = \gamma H$, то уже при проведении разрезной печи по ее бокам и впереди появляются дополнительные (повышенные) напряжения

$$\sigma_{сжс} = K \cdot \gamma \cdot H, \quad (4.1)$$

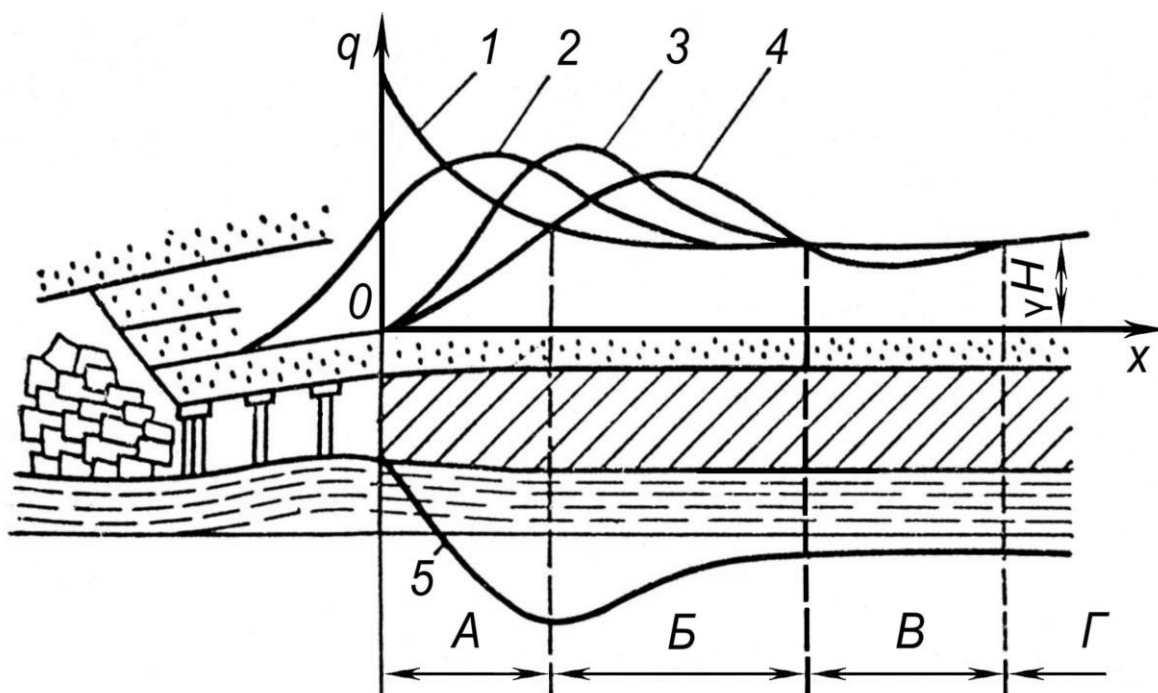
где K — коэффициент концентрации сжимающих напряжений.

Согласно одним данным максимальная интенсивность опорного давления в передней зоне очистного забоя колеблется в пределах $\sigma_{max} = (1,5...4,0)\gamma H$, по другим $\sigma_{max} = (1,8...5,2)\gamma H$.

Следует отметить, что опорное давление возникает при проведении выработок в любых условиях независимо от состава пород и сложения массива. Оно проявляется также при образовании расслоений, обрушений, т.е. во всех случаях, когда образуется какая-нибудь полость. В общем случае опорное давление является результатом суммарного действия веса пород покрывающей толщи и вращающих моментов, создаваемых всеми зависаниями пачек и слоев. Рассматривается, что каждая пачка или слой работает как балка на упругом основании, а опорное давление определяется как сумма воздействия всех пачек на разрабатываемый пласт.

Зоны повышенных по сравнению с γH сжимающих напряжений, образующихся в краевой части пласта вблизи контура отработанной площади, называются зонами опорного давления.

Распределение опорного давления впереди забоя схематично показано на рис. 4.1.



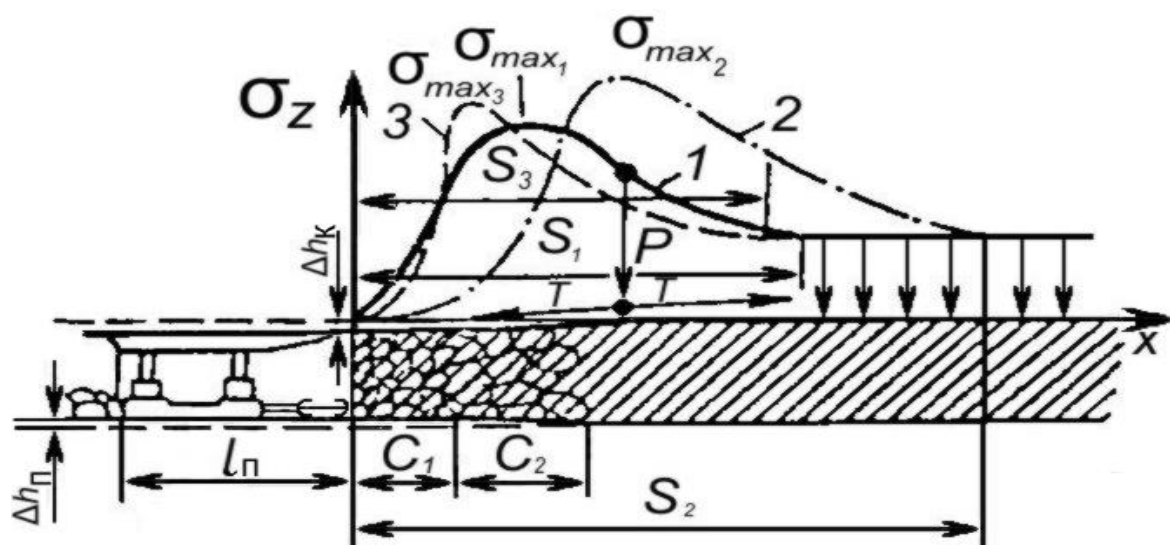
1 — по теории упругости; 2 — по данным Б.В. Матвеева; 3 — по данным шахтных и лабораторных исследований; 4 — по теории балок на упругом основании; 5 — реактивное давление на почве пласта (по данным А.А. Борисова)

Рисунок 4.1 — Схема распределения опорного давления впереди забоя

До сего времени нет единого представления о распределении опорного давления впереди очистного забоя. Каждое из приведенных на рис. 1 представлений имеет свое обоснование, но данные шахтных и лабораторных исследований представляются наиболее достоверными и поэтому их необходимо учитывать в первую очередь.

В зависимости от интенсивности напряжений в краевой части в среднем сечении лавы выделяется четыре зоны: зона пониженных напряжений (первая зона) А, зона повышенных напряжений Б, зона пониженных напряжений (вторая зона) В и зона напряжений, близких к первоначальным Г. Конкретное распределение этих зон зависит от строения, состава и свойства пород. Во всех случаях величины деформаций и разрушений в краевой зоне определяются отношениями интенсивности опорного давления к механическим характеристикам пласта, продолжительностью действия нагрузки и другими факторами.

Так же во всех случаях отжима краевой части угольных пластов (раздавливания их силами опорного давления) максимум давления перемещается дальше от груди забоя в глубь массива (рис. 4.2). При этом ширина призабойного пространства l_n сначала увеличивается на C_1 (ширину зоны явного отжима, т.е. визуально наблюдаемого), а затем на C_2 (ширину зоны уплотнения, т.е. инструментально определяемого отжима).

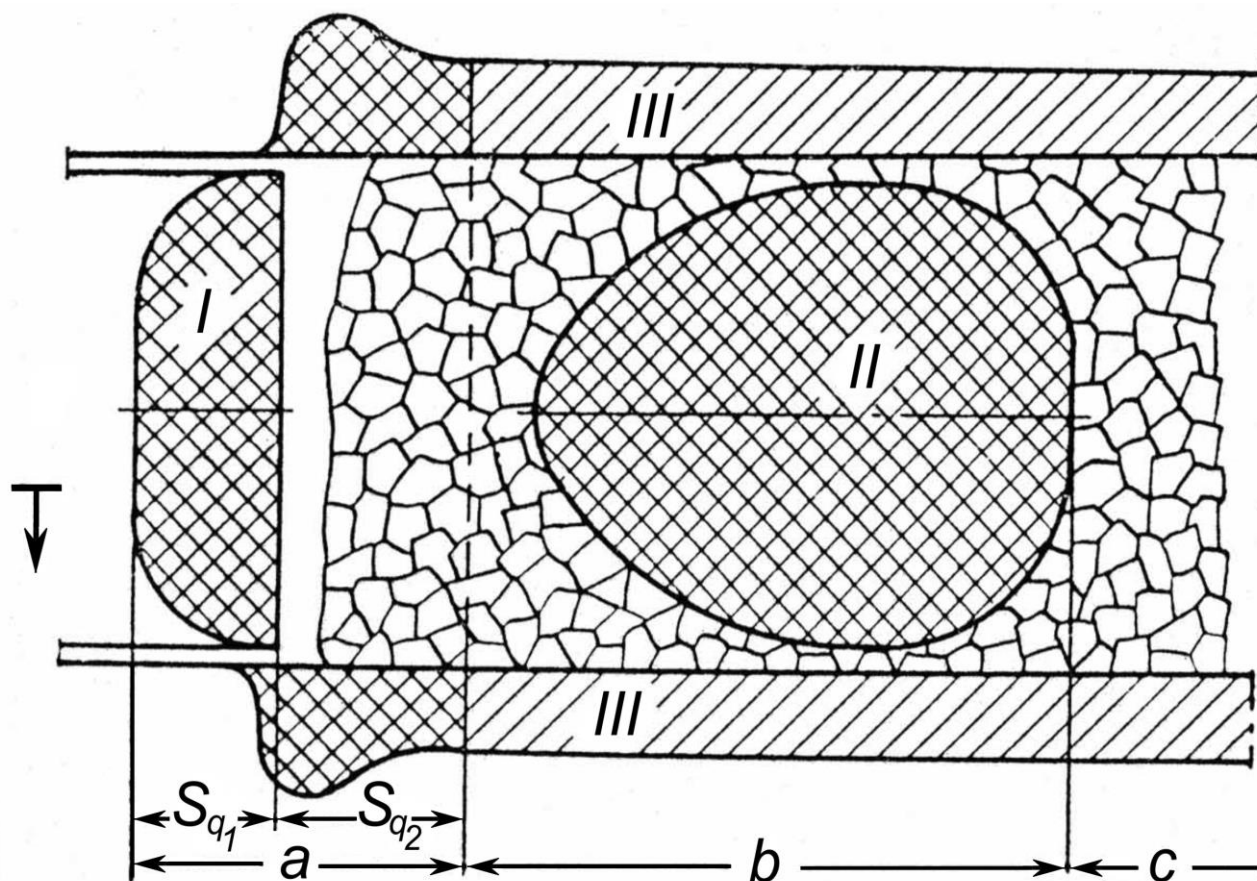


1–3 — эпюра опорного давления σ соответственно до раздавливания краевой зоны пласта, после раздавливания и в случае, если происходит лишь ее уплотнение; l_n — ширина зоны поддерживаемого призабойного пространства; Δh_k и Δh_n — уменьшение мощности пласта h_b при сжатии краевой зоны опорным давлением соответственно за счет опускания кровли и поднятия почвы; T и P — соответственно составляющая давления по напластованию и вертикальная

Рисунок 4.2 — Распределение опорного горного давления при отжиме краевой части пласта

Эпюра опорного давления все время перемещается, меняет свою форму, изменяются и ее параметры σ_{max} (максимально достигаемые нормальные напряжения) и S (ширина зоны повышенного опорного давления). О степени деформирования краевой зоны судят по характеру распределения опорного давления.

Общий же характер распределения опорного давления вблизи длинного очистного забоя для систем разработки по простиранию с полным обрушением кровли представлен на рис. 4.3.



S_{q1} — длина передней зоны опорного давления вдоль очистного забоя; S_{q2} — длина боковой зоны повышенного опорного давления вдоль подготовительной выработки в окрестности ее сопряжения с очистным забоем

Рисунок 4.3 — Общий характер распределения опорного давления в плоскости пологого пласта

В плоскости пласта выделяются три зоны опорного давления: передняя — I, задняя — II, боковая (по падению и восстанию) — III. Кроме того, выделяются зоны: динамического проявления опорного давления «а», затухания динамического проявления опорного давления «б», статического опорного давления «с». В зонах динамического проявления интенсивность опорного давления, равно как и характер его распределения, а также ширина охватываемой зоны изменяются. Скорость этих изменений не стабильна, изменения могут быть медленными, монотонными, а могут

носить и мгновенный ударный характер. Все зоны динамического опорного давления перемещаются по мере подвигания очистного забоя.

Надо заметить, что в выработанном пространстве лавы образуется зона повышенного горного давления независимо от способа управления боковыми породами полным обрушением или закладкой выработанного пространства. Эта зона также непрерывно перемещается одновременно с лавой.

Динамические процессы в задней зоне опорного давления имеют своеобразный характер и постепенно затухают.

По бокам выработанного пространства проходят две волны опорного давления. Первая волна — при проведении штреков, вторая — при подвигании лавы. Поэтому боковые стенки выработки чаще всего раздавливаются, что приводит к деформации пород. По некоторым данным ширина передней зоны опорного давления изменяется от 20 до 250 м и более. Ширина боковой зоны опорного давления (по падению и восставанию) изменяется от 15 до 50 м.

В пределах длины задней зоны опорного давления боковые зоны также испытывают затухание динамики.

Наиболее четко динамика опорного давления отмечается в передней зоне S_{q_1} и боковых зонах в пределах S_{q_2} . И только позади задней зоны опорного давления располагаются зоны статического опорного давления. При этом следует заметить, что зоны опорного давления по простиранию не имеют четкого разграничения.

И в заключение отметим, что в почве пласта вблизи забоя образуется зона разгрузки (рис. 4.4) так как нависающие породы кровли воспринимают на себя вес вышележащей толщи и передают его на краевые зоны опорного контура. Зоны разгрузки образуются также и вблизи боковых сторон контура отработываемой площади пласта.

На распределение опорного давления оказывают влияние параметры техники и технологии, так как в последствии техника определяет: **форму груди забоя, ширину захвата выемочной машины и скорость подвигания очистного забоя, а технология — способ управления кровлей.**

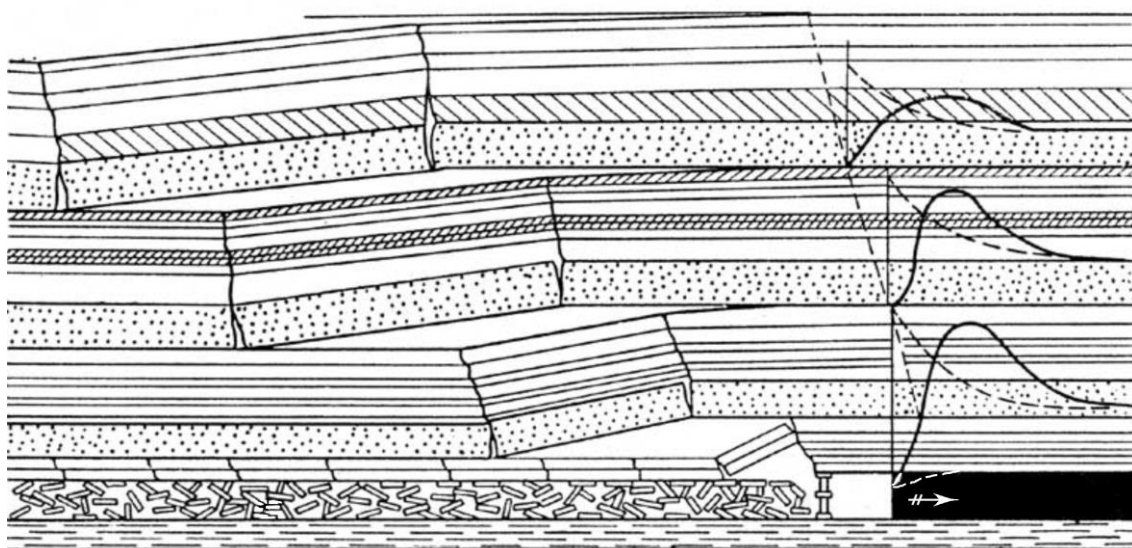


Рисунок 4.4 — Характер распределения опорного давления в среднем сечении впереди лавы

Форма груди забоя определяет главным образом устойчивость краевой части угольного пласта. Она не вносит качественных изменений в общие закономерности распределения опорного давления, однако чем ниже устойчивость краевой части, тем дальше максимум опорного давления перемещается вглубь массива и наоборот. Опять таки, при выемке угля с опережающим врубом происходит перераспределение напряжений с переносом максимума опорного давления вглубь массива.

Ширина захвата выемочной машины оказывает следующее влияние: обычно, чем больше ширина захвата, тем на какой-то период времени больше ширина рабочего пространства лавы, а, следовательно, больше размер консолю нависающих пород непосредственной кровли. При этом опорное давление возрастает, и нажим на краевую часть пласта увеличивается.

Переход технологических схем на узкозахватную выемку угля уменьшил динамику перераспределения опорного давления. В связи с тем, что исполнительные органы этих комбайнов в большинстве случаев производят выемку в отжатой зоне угольного массива, поэтому длина консолей нависающих пород кровли существенно не увеличивается и потому опорное давление резко не изменяется.

По данным Донуги *скорость подвигания очистного забоя* влияет следующим образом: увеличение скорости подвигания лавы с 3 до 20 м/сут в средних условиях Донбасса приводит к увеличению ширины зоны опорного давления в 1,6 раза, коэффициента концентрации опорных напряжений примерно в 2 раза. Максимум опорного давления приближается к забою. В выработанном же пространстве высота зоны обрушенных пород уменьшается с 3–4*m* (*m* — мощность пласта) до *m*.

Способ управления кровлей не вносит нового качества в распределение напряжений. При этом полная и плотная закладка выработанного пространства уменьшает динамику в аномалиях напряжений при переходе пород из зоны с всесторонним сжатием, в зоны с двухмерным напряженно-деформированным состоянием. Таким образом, деформации при сближении пород над закладочным массивом отличаются относительной плавностью хода.

4.4.2 Протекание геомеханических процессов в различных зонах проявления опорного давления

Вблизи контура отработанной площади образуются краевые зоны. Эти зоны представляют собой своеобразные штампы, от действия которых опорное давление распространяется в подстилающие породы, повышая вертикальные напряжения сравнительно с γH .

Как видно из рисунка (см. рис. 4.2), интенсивность и характер распределения опорного давления сильно меняется по мере деформирования краевой зоны. При каждом сжатии краевой зоны пласта опорным давлением происходят немедленные деформации и постепенно развиваются деформации ползучести. И в зависимости от соотношения величины опорного давления и механических характеристик пласта могут происходить либо уплотнения, либо разрушения

краевой зоны, но в общем случае могут образовываться две зоны: C_1 — зона разрушения, C_2 — зона уплотнения.

Раздавливание краевой зоны приводит к возрастанию пролета и поэтому к увеличению интенсивности и ширины зоны опорного давления. При этом максимум опорного давления удаляется от забоя. Если эпюра опорного давления до раздавливания краевой зоны имела вид кривой 1, то после раздавливания краевой зоны она приобретает вид кривой 2. В случаях же, когда краевая зона не раздавливается, а лишь уплотняется, эпюра опорного давления может приобретать вид кривой 3.

Следует особо подчеркнуть, что интенсивность деформирования и раздавливания краевой зоны непостоянна по всей длине лавы. Во многих случаях раздавливание краевой зоны происходит только в ее середине.

Когда напряжения в краевой зоне достигают предельного значения σ_{max} , в пласте развиваются трещины отжима в основном параллельные обнаженной поверхности. Разрушение угля в этом случае называют **отжимом**.

В последующей зоне опорного давления деформации не достигают предельных значений и уголь в ней не подвергается заметному разрушению. Однако даже в этом случае они (деформации) ослабляют краевую зону пласта, что приводит к уменьшению энергозатрат на разрушение угля при добыче. Таким образом, в зависимости от состояния краевой зоны пласта изменяется его сопротивляемость разрушению.

Но при всем при этом надо иметь в виду, что разрушение угольного пласта как несущей опоры ведет к повышенным опусканиям пород непосредственной кровли. В результате непосредственная кровля разрушается от изгиба слоев в призабойном, крепью неподдерживаемом, пространстве, и от сжатия в зоне высокой концентрации опорного давления. При выемке угля могут образовываться вывалы неустойчивых пород.

Процессы развития отжима в пласте и опускание кровли в призабойном пространстве быстротекущие в отличие от процессов постепенного прироста концентрации опорного давления над кромкой опоры угольного пласта. Это различие и определяет характерную мелкоструктурную форму разрушения непосредственной кровли и крупноструктурную — основной кровли.

В тех же случаях, когда раздавливание краевой зоны не происходит и её деформации ползучести невелики, то общий характер изменения эпюры опорного давления в зависимости от пролёта можно представить, как это изображено на рис. 4.5. Кривые 1, 2, 3 соответствуют пролётам l_1, l_2, l_3 и соответствующим им размерам зоны распространения опорного давления S_1, S_2, S_3 .

По мере увеличения пролёта выработки l возрастает интенсивность опорного давления σ_{max} , а при максимальной длине пролета S_3 максимум опорного давления σ_{max_3} приближается к краю угольного массива. Как правило, возрастают и размеры зоны распространения опорного давления S .

По мере увеличения пролёта выработки происходит быстрое нагружение массива вблизи опорного контура, а в момент обрушения пачек кровли происходит их ударная разгрузка.

Огромное влияние на интенсивность и характер распределения опорного давления оказывает глубина разработки. Влияние глубины аналогично влиянию пролёта выработки. С ростом глубины максимум опорного давления возрастает и перемещается в направлении забоя.

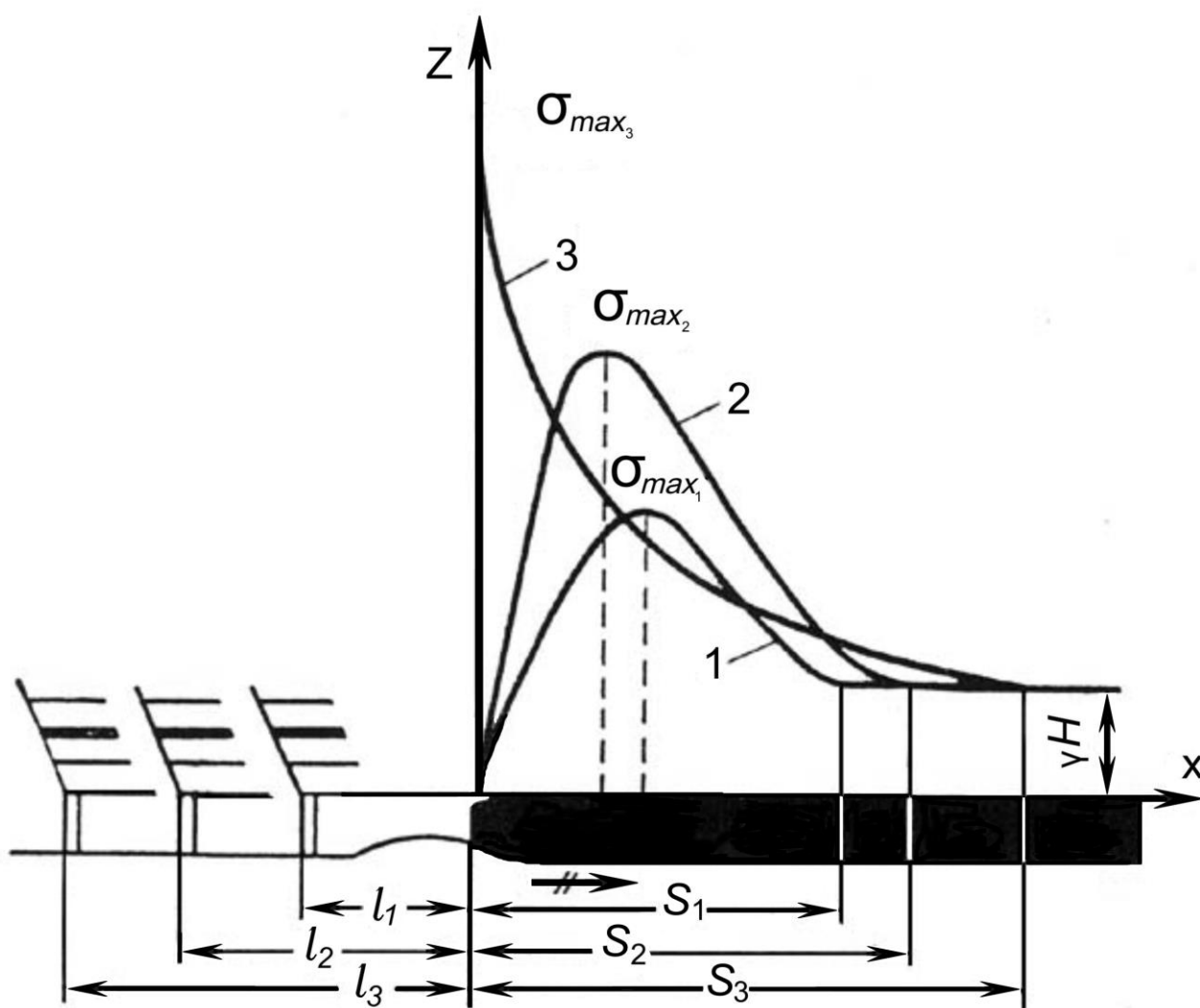


Рисунок 4.5 — Зависимость эпюры опорного давления впереди лавы от пролёта при отсутствии раздавливания краевой зоны

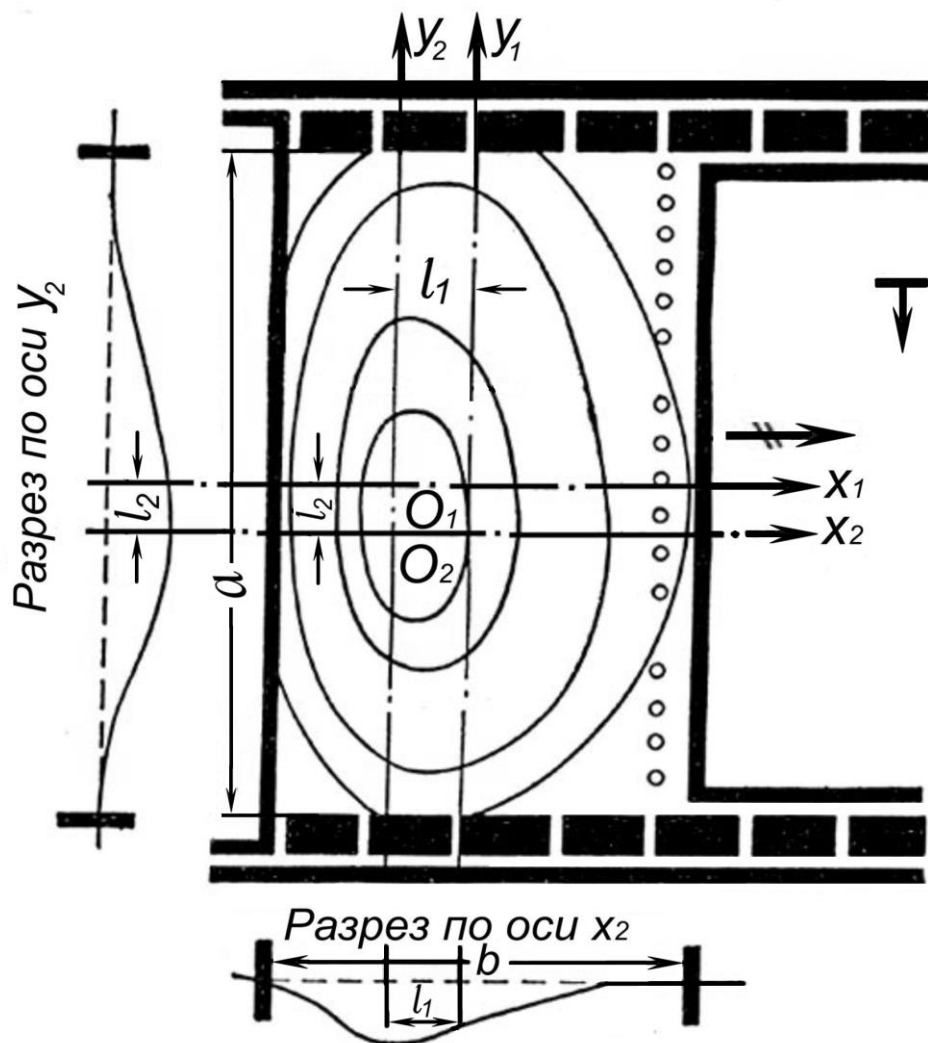
ТЕМА 5. ХАРАКТЕР ДЕФОРМАЦИЙ И РАЗРУШЕНИЙ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ И ОСНОВНОЙ КРОВЛИ

5.1 Характер деформаций и разрушений непосредственной кровли

В работе непосредственной кровли наблюдается два основных режима (стадии). *Первый* — начального движения, который охватывает период с момента проведения разрезной печи до первого обрушения непосредственной кровли.

Второй — установившегося движения, который начинается вслед за первым обрушением и продолжается до окончания отработки выемочного поля. Эта стадия характеризуется относительной ритмичностью процессов деформаций и разрушений пород.

Деформации слоев непосредственной кровли в режиме начального движения перед первым её обрушением имеют асимметрию изгиба, т.е. максимальный прогиб находится не в центре обнажения O_1 (рис. 5.1), а в точке O_2 , имеющей эксцентриситет по простиранию и падению. В общем случае $l_1 > l_2$. Место максимального прогиба O_2 непостоянно, а при подвигании очистного забоя может перемещаться, вплоть до момента первого обрушения кровли.



a, b — длина выработанного пространства соответственно по падению пласта и простиранию; O_1 — центр обнажения кровли в выработанном пространстве; O_2 — центр максимального прогиба кровли в выработанном пространстве; l_1, l_2 — отклонение центра максимального прогиба кровли относительно центра выработанного пространства соответственно по простиранию и падению пласта

Рисунок 2.6 — Характер деформаций непосредственной кровли

Форма первых обрушений близка к овалу. Основные трещины внутри овального контура распространяются по типу «закрытого конверта». Для условий пологого падения преобладает тип разрушений, показанный на рис. 5.2, где последовательность обрушений обозначена цифрами 1–4.

На стадии установившегося движения возможны два вида разрушения слоёв непосредственной кровли: первый — разрывные деформации в сочетании со скольжением призм, блоков и т.п.; второй — упругий изгиб породных слоёв. Это определяется главным образом прочностными и структурными характеристиками пород. В большинстве шахт Донбасса превалируют разрывные деформации слоёв непосредственной кровли, которые показаны на рис. 5.3.

При разрушении породы непосредственной кровли образуют зону интенсивного дробления, в которой в последующем происходит уплотнение. В этой зоне обрушения пород не вполне беспорядочны, блоки обрушившихся слоёв пород налегают друг на друга. Вследствие этого коэффициенты разрыхления самых нижних слоёв составляют примерно 2, а в верхних уменьшаются до 1,15.

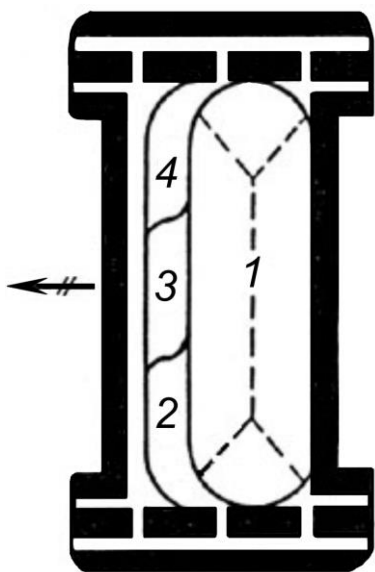


Рисунок 5.2 — Форма и типичная схема развития обрушений непосредственной кровли

В процессе обрушения слоёв кровли пролёты уменьшаются, происходит и уменьшение площадей обнажения верхних слоёв по сравнению с нижними. В режиме установившегося движения полного подбучивания пород кровли на пластах пологого падения не происходит. Условие прекращения обрушения по Г.Н.Кузнецову

$$h_{n+1} > h_c, \quad (2.4)$$

а фактическая высота зоны интенсивного разрыхления по А.А. Борисову

$$h_p = \frac{h_b - h_c}{K_{cp} - 1}, \quad (2.5)$$

где h_{n+1} — мощность слоя, ограничивающего зону интенсивного разрыхления;

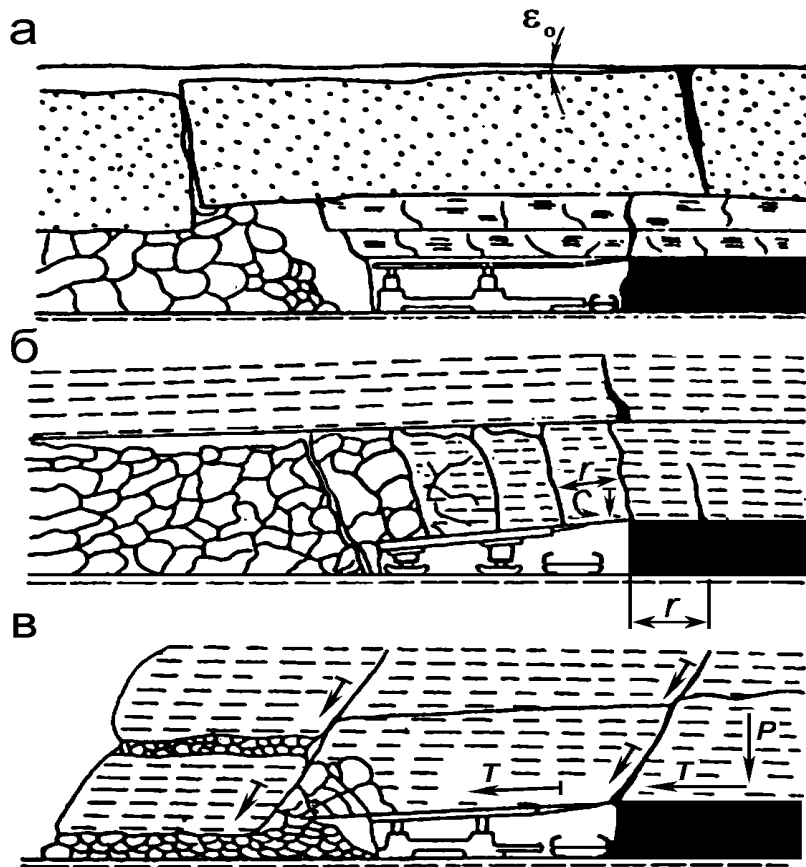
h_c — предел свободного опускания основной кровли;

h_b — вынимаемая мощность разрабатываемого пласта;

K_{cp} — средний коэффициент разрыхления.

Устойчивость (опускание) кровли в призабойном пространстве пологих пластов тесно и непосредственно связано с основными производственными процессами — выемкой угля комбайном, передвижкой крепи и конвейера и др. При выемке увеличивается площадь опусканий кровли в призабойном пространстве и позади него, а также возрастает интенсивность давления впереди забоя. Растут и деформации сжатия краевой зоны угольного пласта. 80–90% величины сближения боковых пород в лавах за цикл происходит при выемке угля и передвижке секций крепи.

По данным Донути 15÷45% общего опускания кровли происходит в момент выемки, 8÷30% — в процессе посадки кровли и 30÷35% — при отсутствии производственных процессов. Характер зоны влияния выемки на перемещение пород показан на рис. 5.4.



а — изгибные разрывы кровли с отжимом угля; б — срез со сдвигом непосредственной кровли; в — сдвиг слоёв кровли по кливажу; ε_0 — предельный угол наклона основной кровли перед обрушением; r — расстояние между трещинами (разломами) пород непосредственной кровли; P — вертикальная составляющая горного давления; T — составляющая горного давления по напластованию

Рисунок 5.3 — Разрывные деформации непосредственной кровли

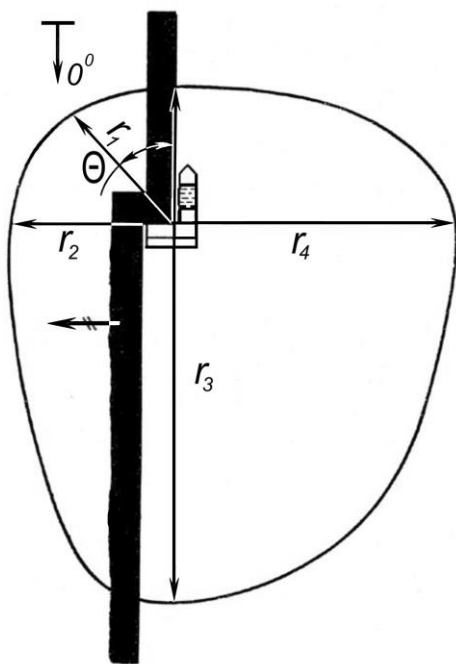


Рисунок 5.4 — Конфигурация зоны непосредственной кровли, подверженной активному опусканию слоёв вслед-

Размеры зоны влияния процесса выемки во многом зависит от геологических условий и технологии очистных работ и, прежде всего от глубины захвата, скорости подачи комбайна, способа управления кровлей, крепи очистного забоя и др. Ориентировочные значения размеров зоны влияния выемки для средних (типичных) условий таковы: $r_1 \approx r_2 = 5 \div 20$ м; $r_3 \approx 20 \div 60$ м; $r_4 \approx 20 \div 40$ м. Θ — угол между направлением r_1 и линией падения пласта.

Даже при простоях забоя скорость опускания кровли изменяется в широких пределах (в 2–4 и более раз). Это связано с тем, что в этот период продолжается взаимодействие вмещающих пород (включая и основную кровлю) и крепи. Это связано также с развитием ползучести пород кровли и деформаций крепи. Размер и скорость опускания кровли в зависимости от выемки, осадки основной

и посадки непосредственной кровли изменяются скачкообразно, достигая максимума в период осадки основной кровли

Опускание (устойчивость) кровли в призабойном пространстве существенно зависит от скорости движения комбайна. При любой ширине захвата с увеличением скорости движения комбайна величина опускания кровли уменьшается. Величина опускания кровли снижается при уменьшении ширины призабойного пространства и с уменьшением ширины захвата комбайна. Отсюда следует, что при снижении устойчивости кровли следует идти по пути уменьшения глубины захвата исполнительного органа комбайна, что позволит увеличить скорость подачи, а это в свою очередь приведет к сокращению времени нахождения кровли в неподкрепленном пространстве.

На процессы деформаций и разрушений горных пород большое влияние оказывает глубина работ. В условиях глубоких горизонтов непосредственная кровля как несущая конструкция к моменту выхода её в призабойное пространство практически теряет несущую способность, её обрушение во многих случаях происходит до передвижки крепи.

Если на малых глубинах интенсивность обрушений пород кровли в призабойном пространстве лав определяется главным образом, осадками основной кровли, на средних глубинах — обусловлена в равной степени осадками основной кровли и нарушенностью пород непосредственной кровли впереди забоя лавы трещинами эксплуатационного происхождения, то на больших глубинах разработки — нарушенностью пород непосредственной кровли впереди забоя лавы трещинами эксплуатационного происхождения.

С целью предотвращения обрушений пород кровли в лавах на больших глубинах ЛГИ (Ленинградский горный институт) предложены меры, сущность которых заключается в искусственном перераспределении напряжений впереди забоя лавы. Это перераспределение производится путём изменения податливости краевой зоны пласта известными техническими средствами, к примеру, созданием в пласте узких щелей, бурением по пласту скважин, рыхлением угля впереди забоя лавы и т.д.

5.2 Характер деформаций и разрушений основной кровли

В работе основной кровли также как и непосредственной выделяют два режима работы.

Первый — начального движения, который охватывает период от проведения разрезной печи до первого обрушения основной кровли.

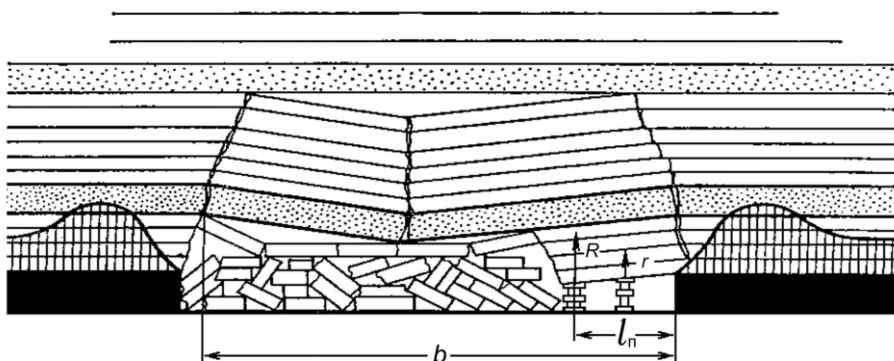
Второй — установившегося движения — период от первого обрушения основной кровли до момента окончания отработки выемочного поля.

В режиме начального движения типичной для деформации нетрещиноватой основной кровли является асимметрия изгиба по простиранию и падению. Изолинии прогибов кровли перед первым обрушением показаны на рис. 5.5. При этом следует заметить, что с увеличением прочности и упругих свойств кровли отношение эксцентриситетов e_1/e_2 возрастает.

В момент, когда достигается предельный пролёт основной кровли, происходит её обрушение. Это обрушение именуют *генеральным*. К моменту обрушения основная кровля обладает огромным запасом потенциальной энергии. При обрушении

освобождение этой энергии проявляется весьма бурно и нередко вызывает завалы лав.

Первое обрушение основной кровли подобно первому обрушению непосредственной имеет форму овала. Характер первого обрушения основной кровли в среднем сечении лавы показан на рис. 5.6. Основные трещины внутри овала располагаются, также по типу «закрытого конверта».



b — пролёт обрушения; l_n — ширина призабойного пространства; R и r — реакции крепи

Рисунок 5.5 — Характер первого обрушения основной кровли в срединном сечении (по простиранию) и распределение опорного давления на краевые зоны разрабатываемого пласта

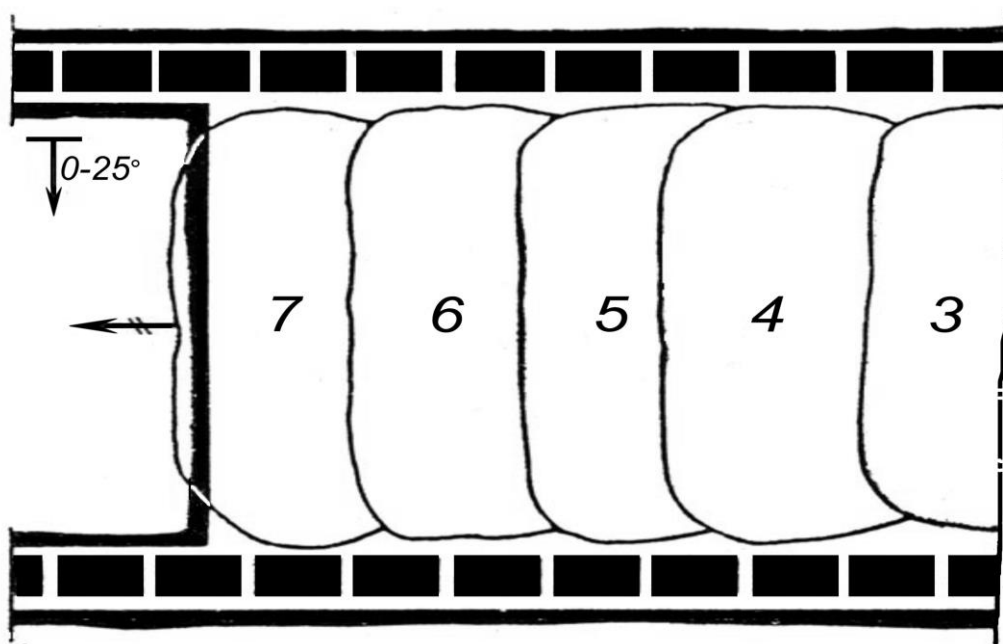


Рисунок 5.6 — Разломы основной кровли в режиме установившегося движения

В режиме установившегося движения разломы основной кровли происходят периодически (рис. 5.6), линии разломов повторяют форму переднего края линии первого обрушения.

Пролёт первого обрушения по простиранию назван *шагом начального обрушения основной кровли*, а в установившемся режиме пролёт кровли по простиранию именуется *шагом установившегося обрушения*. Соотношение между названными шагами обрушения колеблется в широких пределах от 3 до 13.

Шаг обрушения основной кровли в режиме установившегося движения устанавливается практическим путём по интенсивности осадок непосредственной кров-

ли. Установлено, что шаг обрушения основной кровли уменьшается с увеличением мощности пласта и длины лавы, но возрастает с увеличением мощности слоя кровли и уменьшается с глубиной работ.

Одной из важных характеристик основной кровли является *тяжесть её осадок*, которая определяется интенсивностью осадок

$$K_u = \frac{h_o \cdot f_o \cdot (m_{пл} + h_{н.к})}{h_{н.к} \cdot K_{р.к}}, \quad (2.12)$$

где h_o — мощность основной кровли, м;

f_o — коэффициент крепости основной кровли;

$m_{пл}$ — вынимаемая мощность угольного пласта, м;

$h_{н.к}$ — мощность непосредственной кровли, м;

$K_{р.к}$ — коэффициент разрыхления непосредственной кровли.

Важной величиной, определяющей предотвращение динамических осадков основной кровли, является коэффициент подбучивания основной кровли. Этот коэффициент представляет собой отношение существующей мощности непосредственной кровли $h_{н.к}$ к мощности непосредственной кровли, необходимой для предотвращения динамических осадков основной кровли — $h_{н.к.н}$. При $h_{н.к} > h_{н.к.н}$ возможность динамических осадков основной кровли можно считать устраненной.

ТЕМА 6. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРЕПИ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ С ВМЕЩАЮЩИМИ ПЛАСТ ПОРОДАМИ

Результат этого взаимодействия характеризуется несколькими показателями:

1. «состояние кровли» или удельная нарушенность кровли вывалами;
2. вертикальное относительное опускание кровли;
3. скорость опускания кровли над первым от забоя рядом крепи;
4. величина конвергенции кровли и почвы за выемочный цикл.

На характер и уровень взаимодействия крепи с боковыми породами первостепенное влияние оказывают горно-геологические условия и характеристики. Вынимаемая мощность пласта, устойчивость кровли, предел прочности пород почвы на вдавливание оказывают непосредственное влияние на вид и характер взаимодействия, то глубина работ, параметры геологических нарушений оказывают опосредованное влияние на взаимодействие крепи и кровли.

Ввиду многообразия горно-геомеханических условий и разнообразия технологий очистных работ в лавах, породы кровли, почвы, пласт и крепи образуют различные механические системы. В процессе подвигания забоев эти системы изменяются, что вызывает изменения условий работы крепей. В абсолютном большинстве случаев в работе этих систем основное значение имеет характер работы кровли. По характеру взаимодействия с кровлей выделяются следующие режимы работы крепи:

– *независимый*, когда крепь выдерживает давление только отделившейся части пород кровли и работает независимо от той части кровли, которая ещё сохраняет несущую способность;

– *совместный*, когда крепь и породы работают совместно против общей нагрузки;

– *комбинированный*, когда крепь частично выдерживает вес отделившихся пород (нижних слоёв) и при этом частично работает совместно с вышележащими слоями кровли;

– *переменный*, когда режим работы крепи меняется во времени, например, вначале крепь работает в совместном режиме, а затем в комбинированном. Вес отделившихся пород может в процессе работы возрастать, и крепь из комбинированного режима работы может перейти в независимый. Учитывая то обстоятельство, что независимый режим работы крепи является лишь частным случаем, правильно говорить не о нагрузках на крепь, а о реакциях крепи (R).

Отношение приращенной реакции крепи к приращению её просадки (перемещению опоры в направлении действия силы) называется *жесткостью крепи*, а обратное отношение — приращение просадки крепи к приращению её реакции называется *податливостью крепи*.

По величине жесткости λ все крепи условно делятся на три типа:

Первый — $0 < \lambda < \infty$. Такие крепи называются *крепями нарастающего сопротивления*;

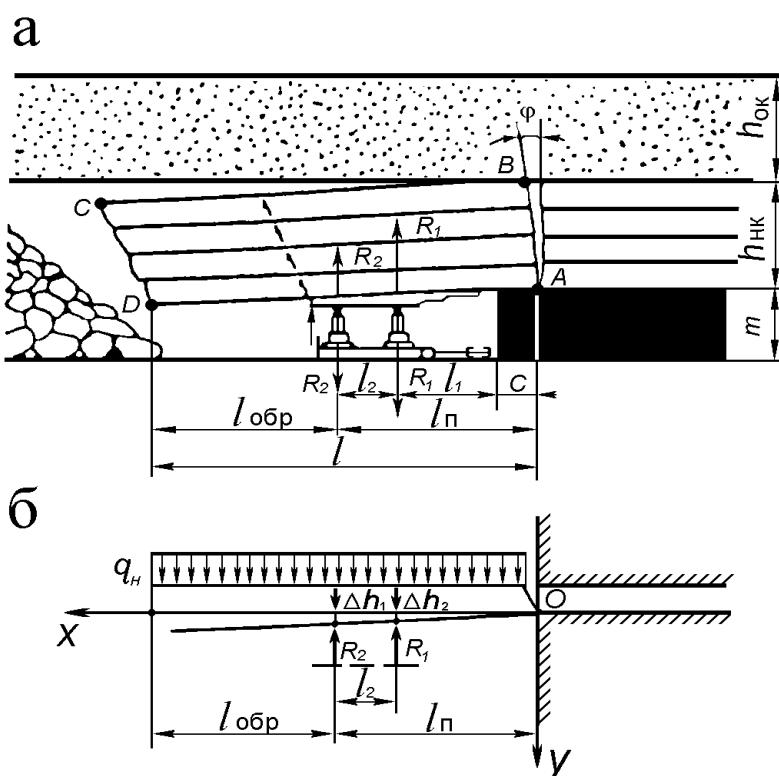
Второй — $\lambda \approx 0$. Такие крепи называют *крепями равного сопротивления*, у них $R = \text{const}$;

Третий — $\lambda \rightarrow \infty$. Такие крепи называются *жесткими*. Для всех трех типов крепи $R = f(\lambda)$. В характеристике крепи весьма большое значение имеет её начальный

распор или её начальное (установочное) сопротивление. Реакция одной и той же крепи, имеющей некоторую жесткость, зависят от начального распора. При большем первоначальном распоре будет большей и предельная реакция крепи. Это важно. Ведь при твердых слоистых нетрещиноватых породах кровли начальная реакция крепи должна предотвращать чрезмерный прогиб кровли, приводящий к преждевременному

расслоению пород и общему снижению их несущей способности.

Очевидно, что наиболее благоприятной для работы крепи будет схема совместной работы основной и непосредственной кровли, крепи, обрушенных пород, почвы пласта и краевой части угольного массива на стадии установившегося разрушения вмещающих пласт пород, при которой осадки основной кровли или совсем не проявляются, или проявляются не в динамическом режиме (рис. 6.1).



а — характер взаимодействия основной и непосредственной кровли; б — нагружение крепи в очистном забое

Рисунок 6.1 — Схема нагружения крепи в лаве при отсутствии осадки

Здесь нагрузки на крепь создают в основном породы непосредственной кровли мощностью более $4m$. По мере продвижения забоя, в разрушении пород устанавливается ритм, при котором шаг обрушения пород $l_{обр}$ не будет существенно изменяться, а небольшой поворот блока $ABCD$ будет происходить каждый раз на расстоянии $l_n + l_{обр}$.

В заключение следует отметить, что опускание непосредственной кровли характеризуется чередованием монотонных и скачкообразных опусканий. В стадии осадки основной кровли амплитуда опускания непосредственной кровли может

достичь десятков сантиметров, а иногда становится даже соизмеримой с рабочей мощностью пласта. В связи с этим крепи испытывают сложный режим комбинированного воздействия статической и ударной нагрузок, которые изменяются по скорости и интенсивности приложения. И это следует учитывать при расчете и выборе крепи.

Об устойчивости кровли в местах сопряжения очистных забоев с подготовительными выработками

Устойчивость кровли в местах сопряжения очистных забоев с подготовительными выработками заслуживает особого внимания. Здесь число обрушений кровли относительно всех обрушений кровли в лаве составляет до 25%, а при бесцеликовых способах охраны подготовительных выработок — до 45%. Следует заметить, что обрушения кровли происходят на всех участках геомеханического влияния сопряжения: непосредственно в створе с лавой, в подготовительной выработке впереди и позади очистного забоя, в нишах, на концевых участках лавы напротив ниш.

На концевых участках лавы смещения кровли меньше, чем на протяженных. Однако при меньших смещениях нарушенность кровли концевых участков больше, чем на протяженных участках в связи с разрушениями массива пород после проведения выработки и, особенно, в передней зоне опорного давления, а для вентиляционных выработок — в боковой зоне. С переходом на большие глубины размеры зоны опорного давления возрастают. Вот почему даже песчаники, другие крепкие пород на сопряжениях лав склонны к повышенному хрупкому разрушению, что также усложняет поддержание сопряжений лав.

Имеются сведения, что на скорость и величину опускания кровли, напряжений в кровле влияет направление выемки относительно подготовительной выработки, на основании чего рекомендовано вести выемку угля в направлении от выработки. Величины деформаций кровли и их знаки на концевых участках лав зависят также от удаленности места производства работ по выемке угля и посадке кровли. И ещё. Если на протяжённых участках лав основным влияющим фактором является предел прочности пород кровли на сжатие, то на концевых участках главными геологическими факторами являются мощность пласта, прочность пород, глубина разработки.

Вместе с тем, анализ показал, что основными геомеханическими причинами пониженной устойчивости кровли на сопряжениях являются:

- 1) продолжительное время нахождение значительной площади кровли в незакреплённом (ослабленном) состоянии в период выполнения концевых операций в лаве;
- 2) расслоение пород, вследствие чего уменьшаются мощности однородно «работающих» слоёв пород;
- 3) подрывка кровли подготовительных выработок;
- 4) трещинообразующее влияние буровзрывных работ при проведении выработок или при выемке ниш.

Из установленных закономерностей распределения горного давления, величина которого в кутках достигает $6\gamma H$, и механизма разрушения пород вытекают следующие направления повышения устойчивости сопряжений:

- 1) повышение прочности и податливости крепей подготовительных выработок;
- 2) анкерование кровли;
- 3) своевременное усиление сопряжений различными скрепляющими составами;
- 4) безнишевая выемка;
- 5) снижение растягивающих напряжений в породах, непосредственно прилегающих к очистной выработке по её периметру;
- 6) усиленная крепь сопряжения;
- 7) перенесение максимума опорного давления вперед и в стороны от забоев выработок. Последняя мера связана с искусственным перераспределением напряжений в массиве путём ослабления пласта. Ослабленный пласт, как было отмечено ранее, не допускает возникновения опасных концентраций напряжений в породах непосредственной кровли, расположенных над зоной ослабления, а повышенная деформационная способность пласта приводит к перемещению опасных напряжений вглубь массива.

ТЕМА 7. ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПЛАСТОВ КРУТОГО ПАДЕНИЯ

При разработке крутых пластов появляется ряд особенностей и отличий в проявлении горного давления. И, прежде всего в том, что силы веса пород разлагаются на две составляющие. Одна сила действует по нормали к напластованию (нормальная или поперечная), другая — в направлении слоистости (продольная составляющая).

Нормальная составляющая определяется как

$$P_{\alpha} = \frac{P_0}{\cos \alpha}, \quad (7.1)$$

где P_0 — нагрузка при горизонтальном залегании.

Таким образом, при $\alpha > 0$ нагрузка, вызывающая изгиб слоёв уменьшается.

Однако из сказанного не следует, что условия работы кровли на крутом падении улучшаются. Дело в том, что продольная составляющая оказывает влияние на условия деформирования и разрушения пород кровли, а затем и на их перемещение. И по мере увеличения угла падения пласта возрастает и значение продольной составляющей сил веса пород, приводящей к существенным изменениям их напряжённого состояния. Кровля, работающая как наклоненная однопролётная балка и находящаяся под действием сил собственного веса, испытывает изгиб и растяжение-сжатие. При этом, в нижней части балки преобладают сжимающие напряжения, а в верхней — растягивающие. Поскольку горные породы хуже работают на растяжение, чем на сжатие, то наибольшая опасность их разрушения будет в верхней части лавы, где преобладают растягивающие напряжения. При достижении предельного пролёта балка теряет несущую способность, разделяется на две части — верхнюю и нижнюю, при этом каждая часть балки испытывает поворот.

Расстояние от нижней заделки до места наибольшего опускания кровли (места раскрытия трещин) определяется как

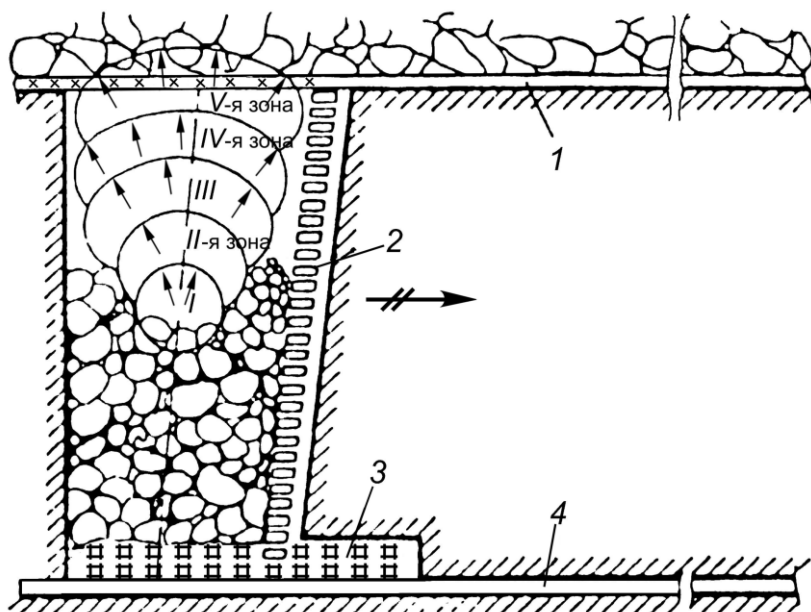
$$l_1 = \frac{\ell}{2} \cdot \left(1 + \frac{h}{\ell} \operatorname{tg} \alpha \right), \quad (7.2)$$

где ℓ — пролёт по падению, м;

h — мощность слоя, м.

С увеличением угла падения вплоть до $\operatorname{tg} \alpha = \ell/h$ место максимального опускания перемещается к верхней опоре.

После отхода очистного забоя от разрезной печи в выработанном пространстве обнажённые породы кровли и почвы начинают разрушаться и под действием собственной массы устремляются в нижнюю часть лавы, где самозакладывают и подбучивают кровлю и почву (рис. 7.1).



1 — вентиляционный штрек; 2 — очистной забой; 3 — магазинная печь;
4 — откаточный штрек

Рисунок 7.1 — Характер разрушения пород и их размещения в выработанных пространствах лав на пластах крутого падения

По мере дальнейшего подвигания лавы зона обрушенных пород постепенно перемещается из зоны I в зону V, а зона самозакладки пород поднимается выше. В зоне V имеет место «уход» вентиляционного штрека. На этом вторая стадия разрушения пород на пластах крутого падения заканчивается.

Обычно после обрушения вентиляционного штрека практически всё выработанное пространство заполняется обрушившимися породами, которые затем частично перепускаются вниз вслед за передвижкой секций крепи. И процессы перепуска обрушенных пород в нижнюю часть лавы происходят до тех пор, пока в верхней части лавы не произойдёт новое обрушение вентиляционного штрека и прилегающих к нему пород. При этом крепь очистного забоя, её оградительные элементы постоянно испытывают мощные ударные нагрузки от падающих глыб и блоков. А это значит, что ограждение должно быть прочным и эластичным.

При наличии слабых легкообрушающихся пород зона обрушения имеет небольшие размеры — 20–30 м ниже вентиляционного штрека. Она обеспечивает достаточным количеством материала зону самозакладки пород.

Подбучивание нижней части лавы, а также уменьшение пролётов обрушающихся слоёв приводит к тому, что обнажение непосредственной и основной кровли по падению резко уменьшается по сравнению с длиной

очистного забоя. В отличие от пологого падения коэффициент разрыхления пород вдоль забоя от откаточного штрека к вентиляционному изменяется в весьма широких пределах. Максимальное значение его будет в нижней части лавы, минимальное — в верхней.

Характер взаимодействия непосредственной и основной кровли в сечении 7 по падению схематично показан на рис. 7.2. По мере нарастания обнажений вмещающих пород деформации во многом похожи на деформации при отработке пологих пластов, однако действие продольной составляющей сил веса обуславливает развитие первого обрушения главным образом в верхней половине обнажения кровли и только частично в нижней. На большой глубине разработки процессы разрушения пород могут прекратиться при достижении слоя, обнажения которого окажутся меньше предельно допустимых b_0 . Таким слоем в основном бывает основная кровля или порода-мост. Значительная часть нижней половины обнажённой кровли над откаточным штреком не обрушается.

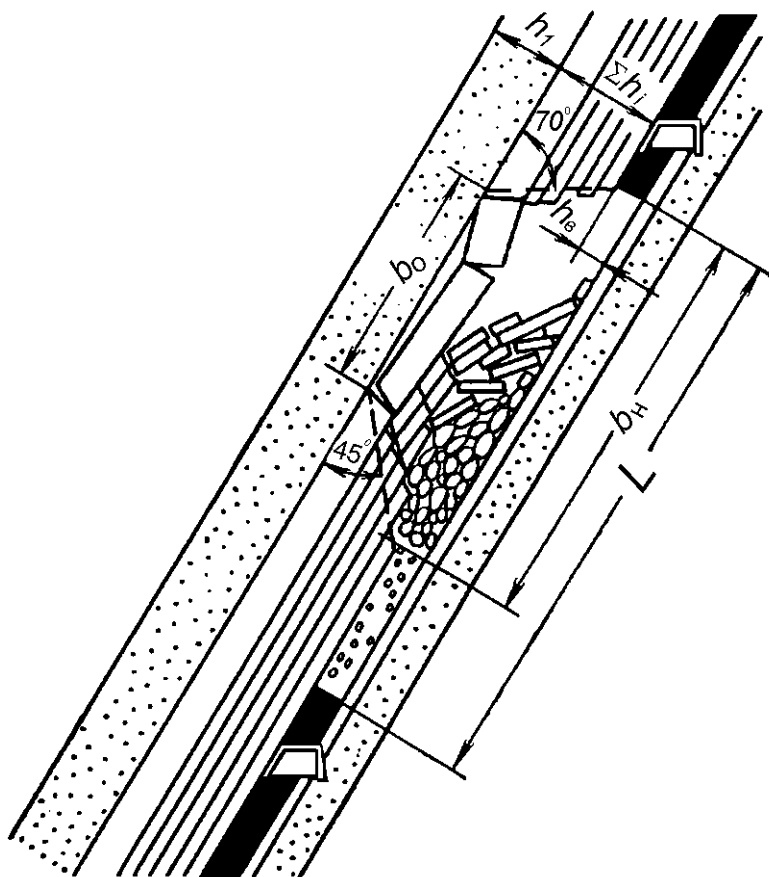


Рисунок 7.22 — Схема взаимодействия основной и непосредственной кровли при крутых пластах

При работе щитовых агрегатов вслед за подвигающейся крепью движутся (скатываются) и обрушенные породы (рис. 7.3). При этом воронкообразные накопления обрушенного материала, способного скатываться вслед за перемещениями щитовой крепи, до новой самозабутки пород кровли, присущи глинистым сланцам и подобным им породам. Породы-мосты не

разрушаются на элементы, а прогибаются блоками в направлении падения пласта. Применение щитовых агрегатов не эффективно, если обрушенные породы зажимаются нормальной составляющей тяжести пород обломившегося блока.

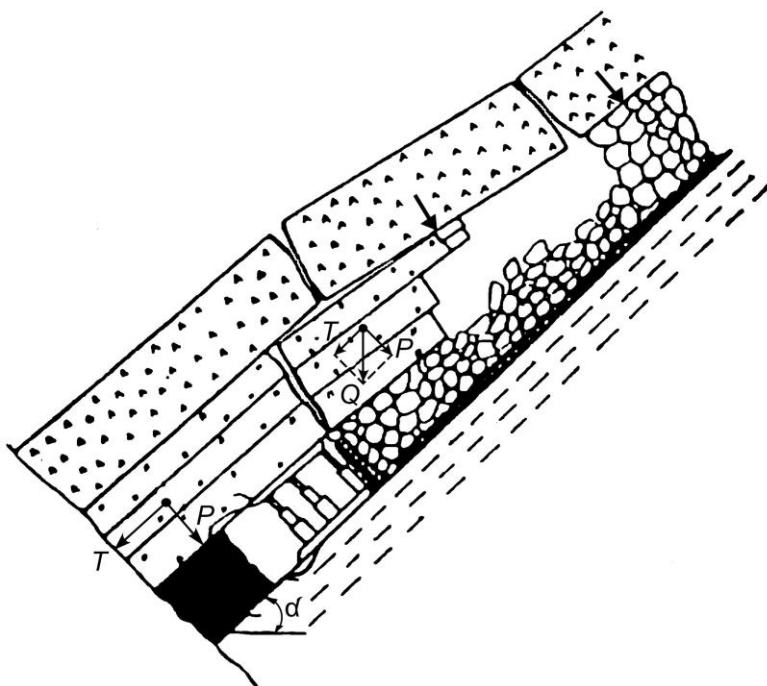


Рисунок 7.3 — Особенности разрушения пород при применении щитового агрегата типа АНЩ

При отработке выемочного поля прямым ходом и применении полного обрушения кровли надёжное поддержание вентиляционного штрека достигается только при полной самозакладке выработанного пространства. Но вследствие перемещения обрушившихся пород в нижнюю часть лавы минимальная мощность непосредственной кровли, необходимая для подбучивания основной кровли и целика под вентиляционным штреком, должна быть значительно больше, чем на пологом падении.

При отработке же выемочного поля обратным ходом, когда вентиляционный штрек не поддерживается, минимальная мощность непосредственной кровли может быть значительно меньшей, чем в первом случае, так как полость ниже породы-моста может оставаться не заполненной породой. А это значит, что при работе обратным ходом область применения способа управления кровлей полным обрушением значительно расширяется.

ТЕМА 8. ПРОЦЕССЫ ВЫЕМКИ, ПОГРУЗКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЯ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ

8.1 Погрузка и транспортирование угля в очистном забое при комбайновой выемке

Угольные комбайны осуществляют погрузку отбитого угля на конвейер исполнительными органами и специальными погрузочными устройствами в виде лемехов, подпорных и погрузочных щитков.

Ссыпание угля с конвейера, отжим угля, вывалы кусков породы и угля из кровли и другие причины не позволяют полностью зачистить почву между конвейером и забоем, в связи, с чем приходится прибегать к зачистке ее вручную.

Комбайны могут работать по челноковой (выемка угля вдоль лавы в обоих направлениях) и односторонней (с холостым перегонем в исходное положение) схемам, от которых во многом зависит трудоемкость погрузки и зачистки почвы от отбитого угля. Челноковая схема выемки требует большого объема ручного труда по зачистке почвы перед передвижкой конвейера.

При односторонней схеме выемки осуществляется механизированная зачистка угля при обратном ходе комбайна его исполнительным органом, исключается необходимость присутствия человека между забоем и конвейером, что снижает производственный травматизм от обрушения пород и угля, уменьшает в несколько раз трудоемкость ручных работ. При холостом перегоне комбайн своим исполнительным органом снимает “земник” и “присуху”, создавая благоприятные условия для передвижки конвейера. Кроме того, в период выемки угля рабочие находятся на свежей струе позади комбайна, при зачистке уголь смачивается вторично, что снижает запыленность.

Однако односторонняя выемка приводит к увеличению времени работы комбайна на один цикл (полосу), увеличивает пути передвижения рабочих по лаве.

Погрузочные устройства, агрегатированные с комбайном, требуют обслуживания при изменении направления выемки. В настоящее время забойные конвейеры со стороны забоя лавы оборудуются лемехами, которые внедряются по почве в отбитый уголь под действием домкратов передвижки, что дает возможность совместить процесс погрузки с передвижением рештачного става конвейера.

Фактическая производительность конвейера не должна быть меньше производительности комбайна. В противном случае конвейер не будет успевать транспортировать весь отбитый уголь. Полнота использования возможностей конвейера по его производительности зависит от направления движения комбайна. При встречном движении комбайна и цепи конвейера отбор угля от комбайна будет лучшим, а фактическая производительность конвейера меньше, чем при сонаправленном. При выборе конвейера следует руководствоваться следующим положением. Конвейер по производительности должен быть таким, чтобы он не сдерживал возможности комбайна при расчетной скорости его подачи и движении комбайна в любом направлении. В связи с этим необходимо определить скорость движения цепи конвейера относительно скорости движения комбайна:

$$V_o = V_{\Pi} \pm V_K, \quad (8.1)$$

где V_{Π} и V_K — соответственно скорости движения конвейера и комбайна; (встречное движение — знак плюс, попутное — знак минус), м/мин.

При определении необходимой производительности конвейера, относительную скорость между комбайном и скребками конвейера учитывают коэффициентом

$$K_{\Pi} = \frac{V_{\Pi}}{V_{\circ}}. \quad (8.2)$$

Тогда производительность конвейера должна быть

$$Q_{\Pi} > K_{\Pi}^{max} Q_{\kappa}, \quad (8.3)$$

где Q_{Π} — минутная производительность конвейера, т/мин;

K_{Π}^{max} — максимальное значение коэффициента учета относительной скорости движения цепи конвейера;

Q_{κ} — минутная производительность комбайна, т/мин.

Если номинальная производительность конвейера (при данной скорости движения цепи) меньше необходимой, нужно или увеличить скорость его цепи (при этом уменьшится значение коэффициента K_{Π}^{max}), или выбрать другой более производительный конвейер. Таким образом, должно выполняться условие

$$\frac{V_{\Pi}}{V_{\circ}^{min}} < \frac{Q_{\Pi}}{Q_{\kappa}}, \quad (8.4)$$

где V_{\circ}^{min} — минимальное значение скорости движения цепи конвейера относительно скорости движения комбайна, т.е. при попутном их движении, м/мин.

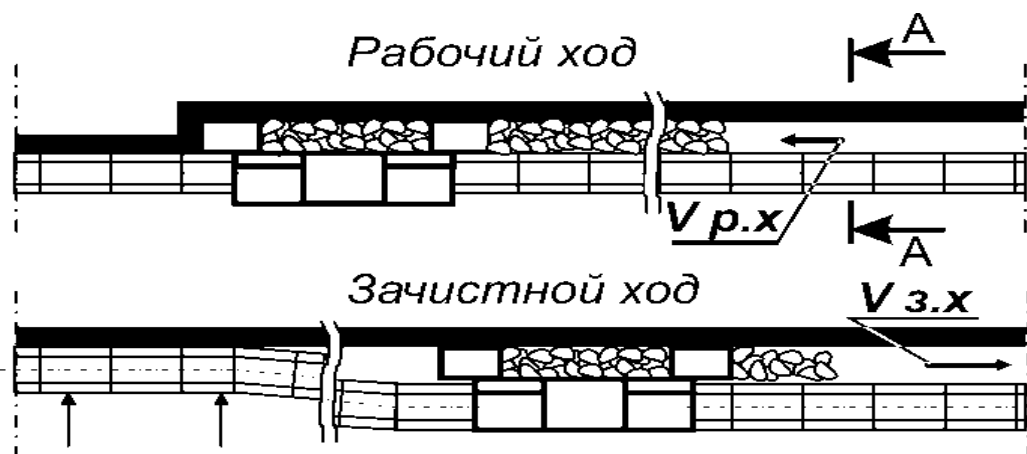
Следует отметить высокую надежность современных конвейеров. Однако слабым узлом остаются стыковочные устройства рештаков, так как конвейер служит одновременно базой для перемещения выемочных машин, балкой для передвижения секций механизированных крепей. Передвижка конвейера с изгибом также влияет на надежность работы конвейерного става. В связи с этим наиболее целесообразна фронтальная передвижка конвейера на забой. Для челноковой и односторонней выемки предусматриваются различные схемы погрузки угля на конвейер.

Уровень механизации навалки угля исполнительным органом при работе по челноковой схеме шнековых и барабанных комбайнов с подпорно-зачищающим щитом (лемехом) (рис. 8.1) составляет 92–95%. Однако остальной уголь, обрушающийся после прохода исполнительного органа, остается на почве, а это затрудняет передвижку конвейера. В таких случаях необходимо предусматривать применение забойных конвейеров со статическими погрузчиками, с так называемыми “лемешками”, осуществляющими самонавалку отбитого угля на конвейер при его передвижке на забой (рис. 8.2).

При работе по односторонней схеме комбайнами со шнековыми исполнительными органами при выемке у почвы пласта оставляется пачка угля мощностью, равной высоте применяющегося в лаве конвейера, что повышает эффективность погрузки при прямом ходе и исключает подштыбовку рештачного става. Затем, в процессе зачистного хода осуществляется выемка оставленной пачки угля у почвы и одновременная погрузка угля на конвейер двумя шнеками, идущими у почвы пласта. Остаток угля на почве не превышает 1,5% от всего объема разрушенного угля, который самопогружается конвейером при его передвижке (см. рис. 8.2). Эту схему следует применять в том случае, если мощность пласта не меньше суммарного размера диаметра шнека и высоты забойного конвейера.

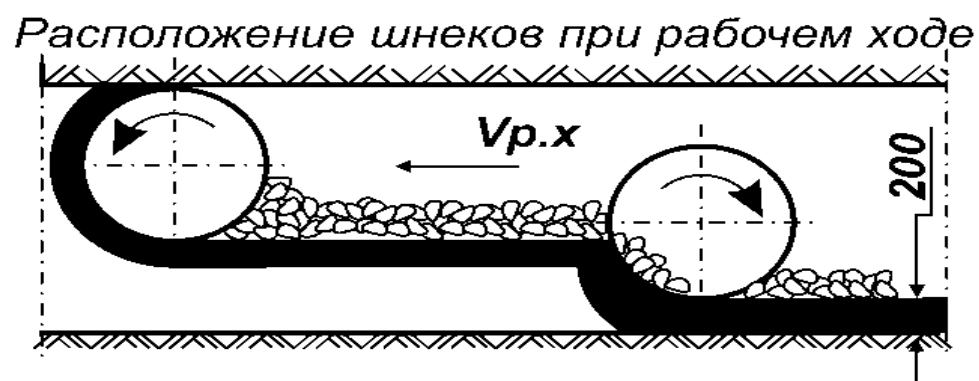
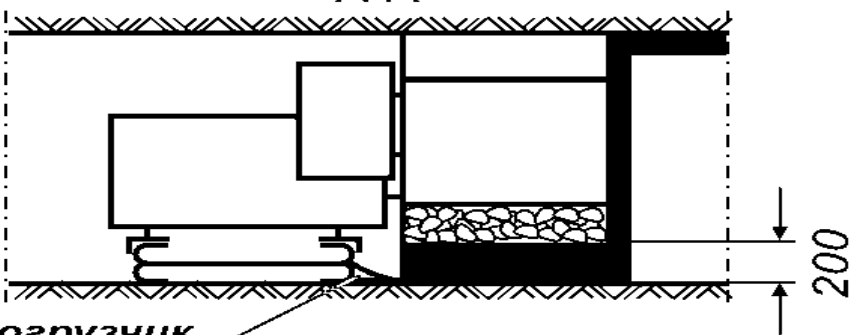


Рисунок 8.1 — Челноковая схема



А-А

Погрузчик



Расположение шнеков при зачистном ходе

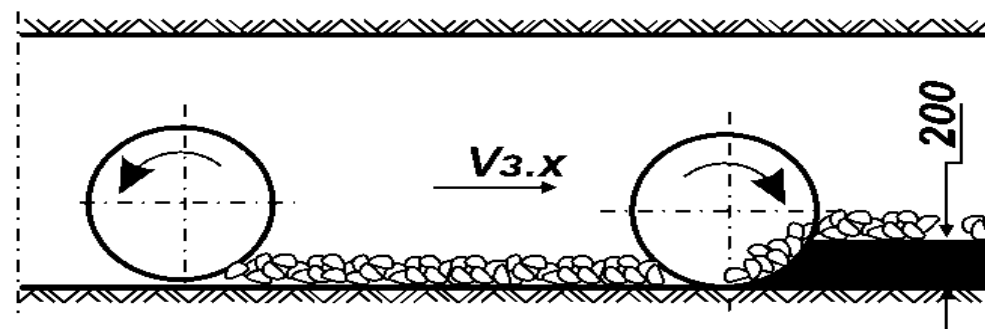


Рисунок 8.2 — Односторонняя выемка с обратным зачистным ходом

8.2 ВЫЕМКА УГЛЯ ОЧИСТНЫМИ КОМБАЙНАМИ

8.2.1. Технологическая связь производственных процессов со средствами выемки и транспортирования

В качестве основных выемочных машин, осуществляющих отбойку и погрузку угля, служат узкозахватные комбайны и струги. Таким способом добывается более 70% всего угля. Остальную часть вынимают широкозахватными комбайнами, отбойными молотками, бурошнековыми машинами, скреперостругами, буровзрывным способом, гидравлическим и др.

Технологические схемы производственных процессов в очистных забоях всецело зависят от типа средств выемки угля, транспортирования его по лаве, крепления забоя и управления боковыми породами.

В основном наибольшее распространение получила поточно-циклическая технология, когда необходимы перерывы в выемке угля для выполнения концевых операций с выемочной машиной, конвейером, крепью штреков и другим оборудованием.

При прочих равных условиях выемка и транспортирование отбитого угля, их трудоемкость и затраты времени определяют нагрузку на очистной забой и технико-экономические показатели его работы.

8.2.2. Очистные комбайны, их классификационные и технологические характеристики

Очистной комбайн — комбинированная горная машина, одновременно выполняющая операции по отделению угля от массива, его разрушению и погрузке на конвейер.

Очистные комбайны классифицируются:

- *по углу падения*: комбайны для пластов с углом падения до 35° и — свыше 35°;
- *по мощности пласта*: согласно классификации угольных пластов по мощности 0,70–1,20 м, 1,21–2,50 м, 2,51–5,00 м;
- *по величине захвата*: широкозахватные (более 1 м) (рис.8.3) и узкозахватные комбайны (рис. 8.4);
- *по схеме работы*: работающие по односторонней схеме с холостым перегоном в исходное положение (рис. 8.5) и двусторонней схеме с разворотами по концам очистного забоя (рис. 8.6); по челноковой схеме с предварительной выемкой опережающих ниш (рис. 8.7); по челноковой схеме с самозарубкой; по челноковой схеме с выходом исполнительных органов в прилегающие горные выработки;
- *по способу перемещения*: по почве пласта или по раме конвейера;
- *по системе перемещения*: подача канатная, цепная и бесцепная;
- *по типу исполнительных органов*: комбайны барабанные, шнековые;
- *по количеству исполнительных органов*: с одним или двумя исполнительными органами;
- *по месторасположению исполнительных органов*: одностороннее, центральное и разнесенное расположение исполнительных органов.

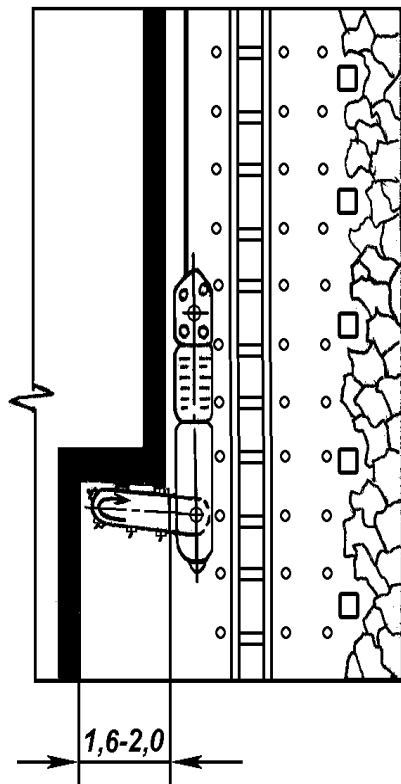


Рисунок 8.3 — Схема работы широкозахватного комбайна

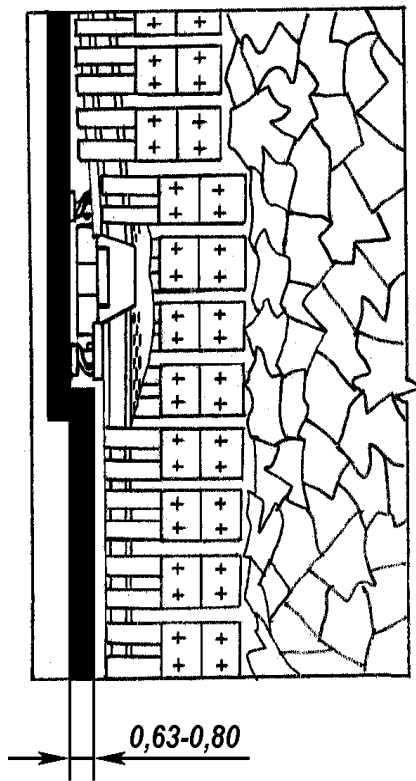


Рисунок 8.4 — Схема работы узкозахватного комбайна

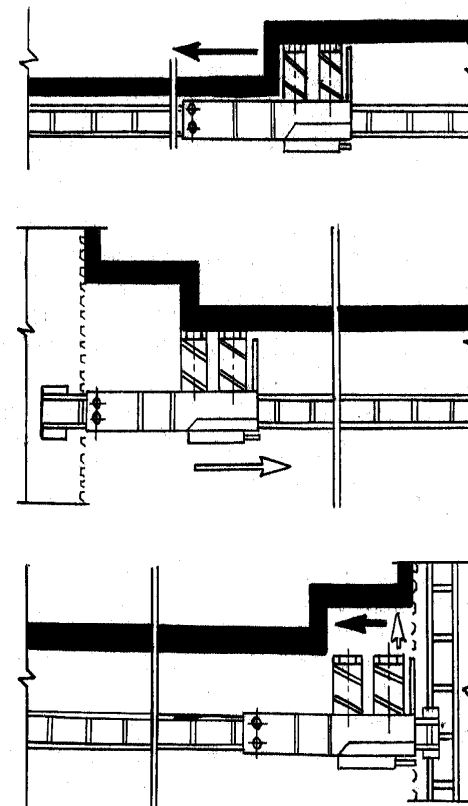


Рисунок 8.5 — Односторонняя схема работы комбайна

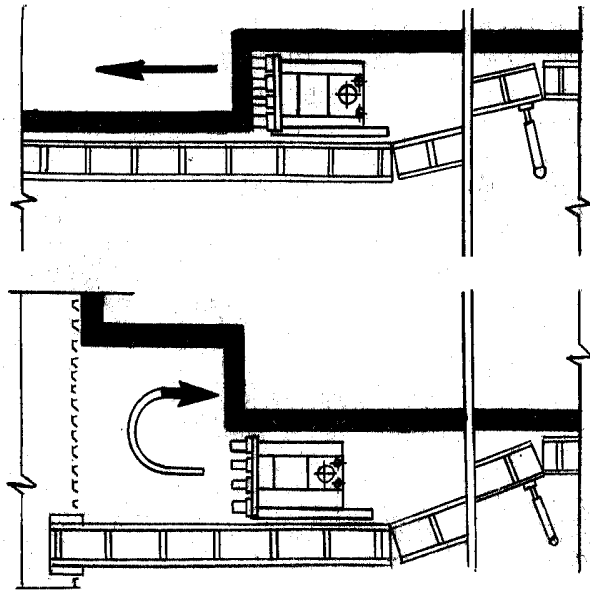


Рисунок 8.6 — Двусторонняя схема работы комбайна

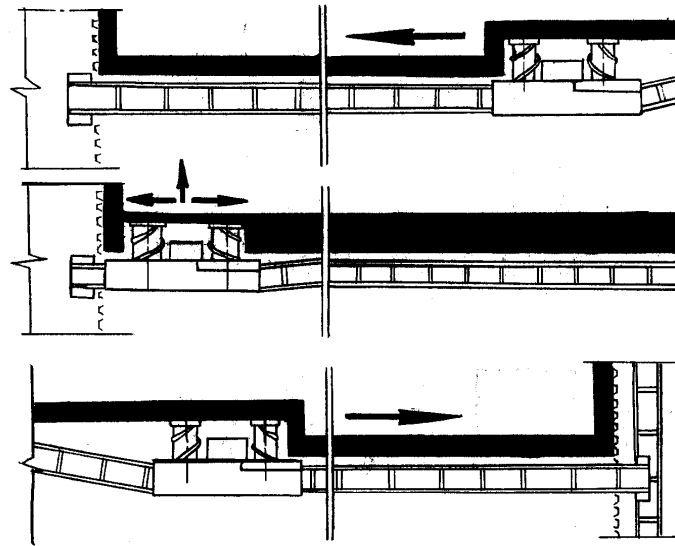


Рисунок 8.7 — Челноковая схема работы комбайна

8.2.3 Угольные комбайны для тонких пластов пологого и наклонного падения

Отечественное очистное комбайностроение серийного производства начато широкозахватным комбайном “Донбасс-1”, который предназначен для пологих и наклонных пластов мощностью 0,8...1,5 м, для углей средней крепости и средней устойчивости пород кровли.

На базе этого комбайна были созданы “Донбасс-2”, КР-62, “Донбасс-6 и 7”, ЛГД-2, ДУ-1 и 3, которые были уже узкозахватными, с захватом 1 м.

В настоящее время серийно выпускаемый комбайн этой серии “Кировец-2К” с захватом 1,0; 1,65; 1,8 м предназначен для выемки пологих пластов мощностью 0,6...1,0 м с углями средней крепости.

Исполнительный орган комбайна — кольцевой бар (см. рис. 8.3). Погрузка угля на конвейер осуществляется подсоединенным к нему грузчиком. Режущая цепь кольцевого бара образует замкнутую щель у почвы, кровли и на границе захвата исполнительного органа. Уголь разрушается под действием собственной массы либо скребками кольцевого грузчика.

Комбайн 2КЦТГ предназначен для широкозахватной выемки пологих пластов мощностью 0,55...0,75 м. Работает с шириной захвата 1,6 м в «лоб» уступа забоя по двусторонней схеме, т.е. в двух направлениях с разворотом на 180° в начале и в конце очистного забоя и перестановкой при этом резцов и направляющей лыжи (см. рис. 8.6). Исполнительный орган — четыре буроскалывающие коронки и оконтуривающий кольцевой бар с режущей цепью. Погрузка угля на конвейер и оконтуривание заходки осуществляется бесконечной врубово-погрузочной цепью, расположенной в кольцевом баре несколько позади коронок. Более интенсивной навалке отбитого угля на конвейер способствует то, что направление вращения буроскалывающих коронок совпадает с направлением движения нижней ветви врубово-погрузочной цепи. Перемещается комбайн посредством гидравлического механизма подачи и цепи, растянутой вдоль забоя и закрепленной по концам лавы.

В настоящее время широкозахватные комбайны почти полностью вытеснены более совершенными узкозахватными комбайнами, исполнительные органы которых отделяют от массива уголь в зоне его отжима и имеют ширину захвата не более 1,0 м, что дает возможность применения безразборных скребковых конвейеров.

Комбайн 1К101У предназначен для выемки углей на пластах мощностью 0,75...1,2 м с углом падения до 35° и сопротивляемостью угля резанию до 270 кН/м. Работает по челноковой схеме с рамы конвейера (см. рис. 8.7). Исполнительный орган — два регулируемых самозарубывающихся шнека, расположенных на одном конце комбайна (рис. 8.8). При работе комбайна передний шнек относительно направления движения расположен у кровли пласта, а задний — у почвы пласта, что облегчает погрузку разрушенного угля на конвейер. Ширина захвата — 0,63 и 0,8 м.

На базе 1К101У создан комбайн 1К101УД, который имеет вынесенную систему подачи и шнеки у него размещены с двух сторон.

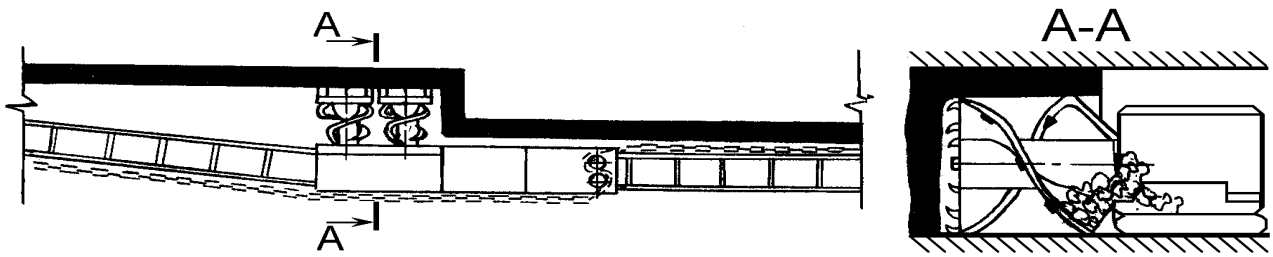


Рисунок 8.8 — Расположение комбайна 1К101У в очистном забое

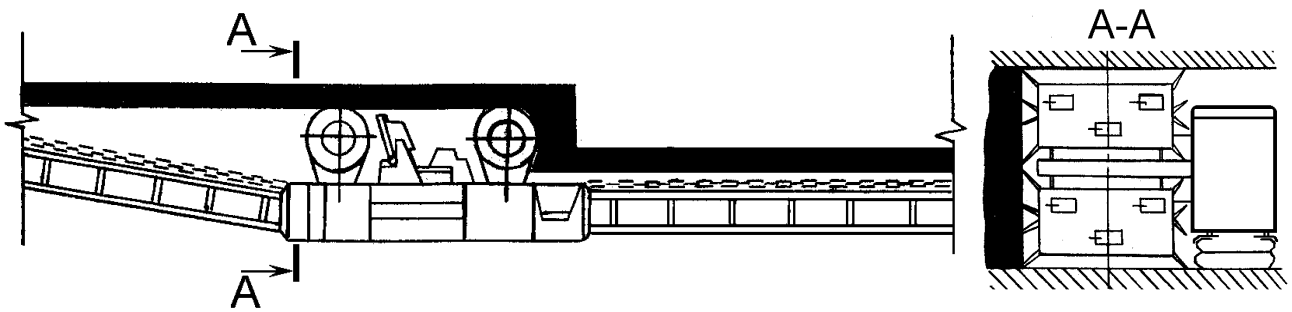
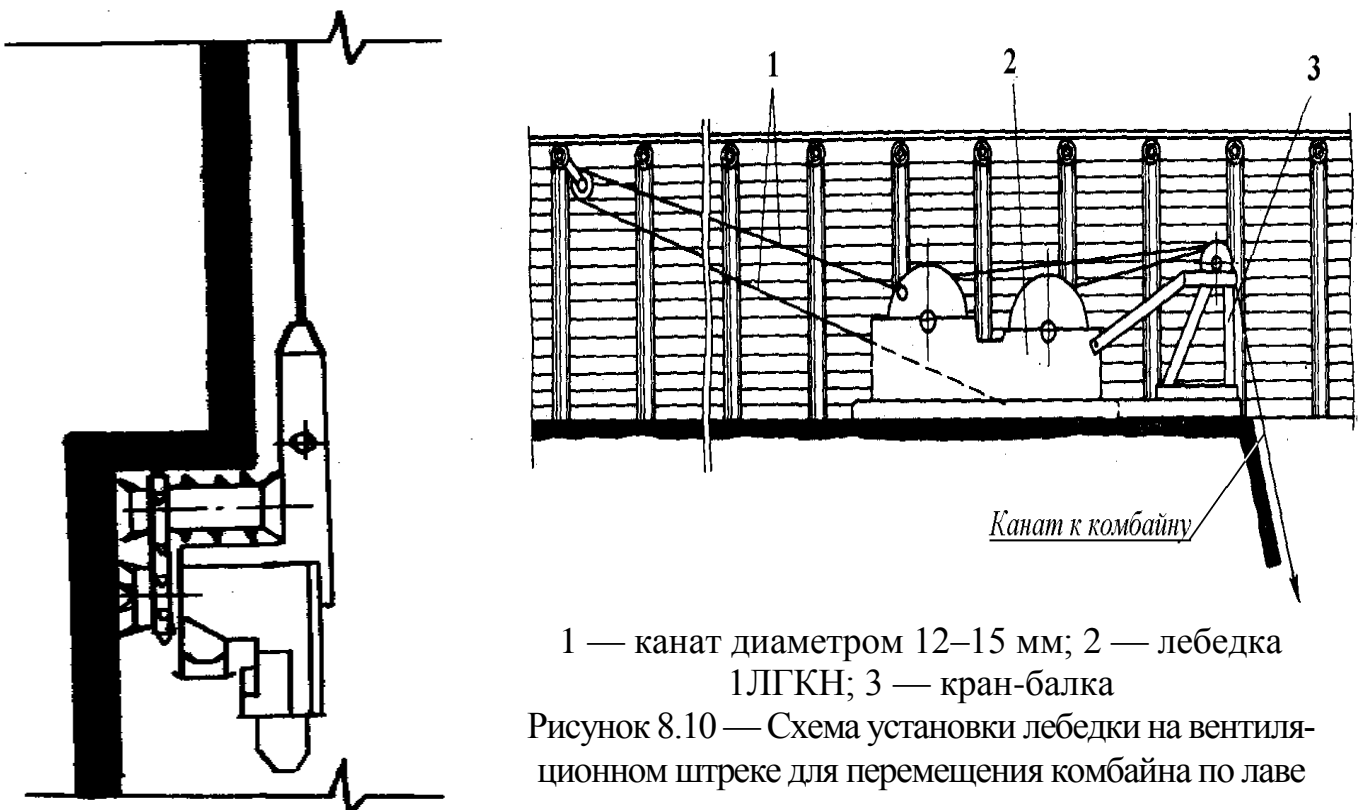


Рисунок 8.9 — Расположение комбайна КА90 в очистном забое



- 1 — канат диаметром 12–15 мм; 2 — лебедка 1ЛГКН; 3 — кран-балка

Рисунок 8.10 — Схема установки лебедки на вентиляционном штреке для перемещения комбайна по лаве

Рисунок 8.10 — Комбайн «Темп-1»

Комбайн 1К101УД-4 с разнесёнными исполнительными органами резания предназначен для выемки угля в очистных забоях пологих и наклонных пластов с углом падения до 35° , а также по восстанию и падению с углом до 10° при сопротивляемости угля резанию до 360 кН/м.

Комбайн с вынесенной системой подачи ВСП обеспечивает челноковую безнишевую выемку угля в правом или левом забое в комплексе 1МКД90 или 1МКД80 с рамы изгибающегося конвейера СП202В1 и СП250.

При углах падения пласта свыше 9° комбайн должен применяться с предохранительной лебёдкой.

Комбайн К103. Горно-геологические условия применения такие же, как и для комбайна 1К101У. Ширина захвата — 0,8 м. Исполнительный орган — два шнека, расположенных симметрично по концам комбайна. Благодаря тому, что система подачи комбайна вынесена на приводные головки конвейера, длина машины — 3,2 м, он хорошо вписывается в условия тонкого пласта при неустойчивой его гипсометрии.

При работе комбайн опирается со стороны забоя на зачистной лемех конвейера посредством двух регулируемых по высоте гидроцилиндров, а со стороны выработанного пространства — на круглую направляющую, установленную на завальной стороне конвейера. Комбайн работает без ниш при вынесенных на штреки головках конвейера.

Управление комбайна осуществляется с пульта, размещенного на его портале.

Комбайн КА90. Горно-геологические условия применения аналогичны 1К101У и К-103. Исполнительный орган комбайна состоит из двух барабанов с вертикальной осью вращения, размещенных по концам машины, внутри барабана имеется гидродомкрат раздвижки по мощности пласта (рис. 8.9).

Особенностью комбайна КА90 является разрушение угольного массива по напластованию, что обеспечивает более низкую по сравнению со шнековыми комбайнами энергоёмкость разрушения, лучшую сортность угля и устойчивую работу при отбойке крепких углей. Регулирование барабанов относительно почвы пласта осуществляется изменением положения комбайна относительно става конвейера двумя гидродомкратами.

Между барабанами расположены подгребные устройства для зачистки и погрузки угля на конвейер.

Компоновка комбайна предусматривает расположение его корпуса с завальной стороны конвейера.

Такое расположение корпуса, а также конструкция исполнительного органа обеспечивают возможность фронтальной зарубки комбайна из-под крепи в любом месте лавы (работающие барабаны при передвижке конвейера на забой). Длина комбайна — 5,0 м. Комбайн передвигается по ставу конвейера с помощью ВСП.

Комбайн МК67М предназначен для аналогичных горно-геологических условий. Его особенностями являются наличие одного, расположенного в средней части комбайна, телескопического барабана на вертикальной оси, оснащенной двухсторонними резцами; нижнего, верхнего и выдвигного барабанов, подвешенных на баре. Комбайн опирается на раму конвейера четырьмя опорными лыжами с гидроцилиндрами. Для улучшения погрузки угля комбайн оснащен погрузочным щитком, забойные опорные лыжи регулируются по высоте гидродомкратами. Комбайн

МК67М требует сооружения ниш, однако зарубка его осуществляется фронтально в любом месте лавы. Длина комбайна — 6,2 м.

8.2.4 Угольные комбайны для средней мощности пластов пологого и наклонного падения

В этих горно-геологических условиях наибольшее распространение получили комбайны 2К52МУ, ГШ68 и РКУ.

Комбайн 2К52МУ по конструктивным особенностям принципиально не отличается от комбайна 1К101У и предназначается для выемки пластов мощностью 1,1...1,9 м.

Комбайны 1ГШ68, 1ГШ68Е, 2ГШ68Б с шириной захвата 0,63 и 0,80 м предназначены для выемки угольных пластов мощностью 1,25...2,50 м с углом падения до 35° и сопротивляемостью угля резанию до 300 кН/м. Работают комбайны по челноковой схеме с рамы конвейера без вынесенной системы подачи.

Исполнительные органы представляют собой два шнека разных диаметров, которые располагаются по концам комбайна. Комбайн опирается на раму конвейера четырьмя опорными лыжами.

Шнеки самозарубывающиеся по фронтальной схеме (при передвижке конвейера на забой).

В отличие от других комбайнов 1ГШ68Е работает при напряжении в электросети 1140В, а 2ГШ68Б имеет бесцепной механизм подачи.

Очистной узкозахватный комбайн ГШ200Б с разнесёнными шнековыми исполнительными органами предназначен для выемки угля в очистных забоях,двигающихся по простиранию пластов мощностью 0,95...1,5 м с углом падения до 35°, а также в забоях,двигающихся по восстанию и падению при угле падения пластов до 10°, при сопротивляемости угля резанию до 360 кН/м.

В комбайне применяются два электрических бесцепных механизма подачи на базе асинхронного электродвигателя переменного тока и электромагнитного тормоза.

Два гидромеханических стояночных тормоза обеспечивают надёжное удержание комбайна при технологических остановках, при аварийном отключении электроэнергии и удерживают комбайн от сползания со скоростью, превышающей максимальную допустимую скорость подачи.

Комбайн ГШ200Б эксплуатируется при углах падения пласта 9 град. и выше без предохранительной лебёдки.

Комбайн применяется в составе комплексов 1МКД90, 2МКД90, 1МКТ, КМК98Д, КМ88, 1МКД80, 2МКД80 и с индивидуальной крепью при наличии навесного оборудования с рейкой 1БСП.

Комбайн ГШ200Б унифицирован с комбайнами ГШ200В, РКУ.

Комбайны очистные узкозахватные ГШ500 с разнесёнными шнековыми исполнительными органами предназначены для выемки угля в очистных забоях пластов мощностью 1,3–2,7 м, с углом падения до 35°, при сопротивляемости угля резанию до 360 кН/м.

Применяются в механизированных комплексах типа 2КМ87, 2КМТ, 3МКД90 и др., оборудованных конвейерами СП87ПМ, СПЦ273 с рейкой 3БСП (5БСП) бесцепной системы подачи.

Комбайны оснащены двумя бесцепными электрическими механизмами подачи.

Приводы исполнительных органов оснащены двумя электродвигателями с водяным охлаждением, установленными непосредственно на блоках резания, таким образом достигается наименьшая длина корпуса комбайна по сравнению с другими комбайнами для аналогичной области применения.

Блоки резания и подачи имеют независимый электропривод, позволяющий всю мощность электродвигателей резания использовать на разрушение забоя.

Корпус комбайна выполнен в виде сварной металлоконструкции коробчатой формы с отсеками для установки отдельных блоков, такая конструкция упрощает техническое обслуживание и сокращает время замены сборочных единиц и деталей, так как для демонтажа отдельных блоков не требуется расстыковка корпуса комбайна.

В последнее время выпускаются *комбайны унифицированного ряда РКУ* пяти основных типоразмеров — РКУ 10, 13, 16, 20, 25, предназначенные для механизации выемки углей на пластах мощностью 1,1...4,5 м, с углом падения до 35° и сопротивляемостью угля резанию до 300 кН/м.

Выемка угля может производиться, как по челноковой схеме работы, так и по односторонней — с рамы передвижного забойного конвейера.

Шнеки симметрично расположены по концам корпуса машины, что обеспечивает работу в лаве без подготовки ниш при условии размещения приводных головок конвейера в штреках. Зарубка комбайна может осуществляться как “косыми заездами”, так и фронтально во время передвижки конвейера на забой.

Возможна компоновка комбайнов РКУ10 и РКУ13 с одним шнеком для работы с двухкомбайновой выемкой и в условиях слабых пород кровли.

Комбайны оснащены бесцепными механизмами подачи (перекачивание зубчатых колес механизма подачи по цевочной рейке, закрепленной на завальной стороне забойного конвейера). Механизмы подачи оснащены фрикционными тормозными устройствами, удерживающими комбайн в аварийных ситуациях. Комбайн работает без предохранительной лебедки.

Регулирование скорости подачи комбайна автоматическое, в соответствии с изменением нагрузки на электродвигатель.

В Донбассе применяются комбайны РКУ-10 (мощность пластов 1,1...1,8 м) и РКУ-13 (мощность пластов 1,2...2,2 м) с шириной захвата — 0,63 м.

8.2.5 Угольные комбайны для крутонаклонного и крутого падения

Комбайн “Темп-1” предназначен для выемки угля на пластах 0,6...1,2 м с углом падения более 30° и сопротивляемостью резанию до 300 кН/м при боковых породах не ниже средней устойчивости.

Исполнительный орган состоит из нерегулируемого (разрушающего пласт у почвы пласта) барабана, соединенного баром и режущей цепью с регулируемым по высоте отстающим барабаном. Комбайн работает по односторонней схеме снизу вверх в уступе забоя с почвы пласта без специальной машинной дороги в правом и левом забое (рис. 8.10).

Перемещение комбайна по лаве производится с помощью двухбарабанной лебедки (рис. 8.11), установленной на вентиляционном штреке (лебедка имеет три ра-

бочих и одну маневровую скорости подачи). При обрыве тягового каната комбайн удерживается предохранительным канатом этой же лебедки.

Комбайн “Поиск-2” — предназначен для выемки весьма тонких крутонаклонных и крутых пластов мощностью 0,4...0,7 м при сопротивляемости угля резанию до 300 кН/м в лавах,двигающихся по простиранию.

Комбайн работает по односторонней схеме снизу вверх с почвы пласта с самостоятельной выгрузкой угля; предусмотрено раздельное ведение процессов выемки угля и крепления после возвращения комбайна в исходное положение (в нижнюю нишу). Ширина захвата комбайна — 0,9 м, длина ниши — 5 м.

Комбайн оснащен исполнительным органом, состоящим из двух барабанов с горизонтальной осью вращения, расположенных по концам машины. Между барабанами исполнительного органа установлены два расштыбовщика и тетка для угля в виде открытого сверху желоба, что улучшает транспортировку угля, отбитого опережающим барабаном.

При выемке угля опережающий барабан, разрушая пласт, образует у почвы щель высотой 0,33 м на всю ширину захвата. Верхняя часть пласта разрушается отстающим барабаном.

Комбайн перемещается вдоль забоя канатом двухбарабанной лебедки аналогично комбайну «Темп-1».

8.2.6 Определение скорости подачи и теоретической производительности очистного комбайна

Алгоритм расчета скорости подачи комбайна основывается на горно-геологических и технологических характеристиках конкретных условий выемки и табличных параметрах комбайна.

Исходными данными являются: минимальная (m_{min}), максимальная (m_{max}) и средняя мощность (\bar{m}) угольного пласта и его угол падения (α), сопротивляемость угля резанию (A) в неотжатой зоне, хрупкость угля, его плотность, тип комбайна и ширина его захвата (r).

Определяется коэффициент отжима и сопротивляемость угля резанию в призабойном пространстве ($A_{пр}$).

Возможная скорость подачи конкретного комбайна по мощности привода $V_{п.пр}$ (м/мин) — величина табличная, поэтому возможная скорость комбайна при фактической мощности пласта и при табличных значениях сопротивляемости угля резанию определяется по ближайшим к $A_{пр}$ значениям (по меньшему и большему значению).

Пример. Определить скорость подачи комбайна 1К101У, осуществляющего выемку угля в лаве,двигающейся по простиранию пласта. Средняя мощность пласта $\bar{m}=1,0$ м, $m_{min}=0,9$ м, $m_{max}=1,1$ м, угол падения — 12° . Сопротивляемость угля резанию в неотжатой зоне — $A=3$ кН/см. Уголь хрупкий, плотность $\gamma=1,4$ т/м³. Ширина захвата комбайна — $r=0,8$ м.

Коэффициент отжима определяется по формуле

$$\dot{h}_{\square} = 0,48 + \frac{0,8 - 0,1 \times 1,0}{0,8 + 1,0} = 0,87.$$

Сопротивляемость угля резанию в призабойной зоне пласта по формуле

$$A_{\text{пр}}=0,87 \times 3=2,6.$$

Согласно технической характеристике комбайна 1К101У возможная скорость подачи по мощности привода $V_{\text{п.пр}}$ (при сопротивляемости угля резанию $A_{\text{р}}^{\text{с}} = 2 \text{ кН/см}$ равна $2,7 \dots 1,8 \text{ м/мин}$, а при $A_{\text{р}}^{\text{н}} = 3 \text{ кН/см}$ равна $1,5 \dots 1,0 \text{ м/мин}$).

Возможная скорость подачи комбайна по мощности привода при $A_{\text{пр}}^{\text{с}} = 2 \text{ кН/см}$ и $\bar{m} = 1,0 \text{ м}$ определяется по формуле

$$V_{\text{п.пр}} = V_{\text{п.пр.1}} - \frac{\bar{m} - m_{\text{min}}}{m_{\text{max}} - m_{\text{min}}} (V_{\text{п.пр.1}} - V_{\text{п.пр.2}}), \quad (8.5)$$

$$V_{\text{п.пр}}^{\text{с}} = 2,7 - \frac{1,0 - 0,9}{1,1 - 0,9} (2,7 - 1,8) = 2,2 \text{ м/мин.}$$

При $A_{\text{пр}}^{\text{н}} = 3 \text{ кН/см}$

$$V_{\text{п.пр}}^{\text{н}} = 1,5 - \frac{1,0 - 0,9}{1,1 - 0,9} (1,5 - 1,0) = 1,3 \text{ м/мин.}$$

Возможная скорость подачи комбайна по мощности привода $V_{\text{п.пр}}$ при $A_{\text{пр}} = 2,6 \text{ Н/см}$ и $\bar{m} = 1,0 \text{ м}$ определяется по формуле

$$V_{\text{п.пр}} = V_{\text{п.пр}}^{\text{с}} - \frac{A_{\text{пр}} - A_{\text{пр}}^{\text{с}}}{A_{\text{пр}}^{\text{н}} - A_{\text{пр}}^{\text{с}}} (V_{\text{п.пр}}^{\text{с}} - V_{\text{п.пр}}^{\text{н}}), \quad (8.6)$$

$$V_{\text{п.пр}} = 2,2 - \frac{2,6 - 2}{3 - 2} (2,2 - 1,3) = 1,7 \text{ м/мин.}$$

4. Составляющая силы резания определяется в направлении подачи комбайна $F_{\text{п}}$ (кН) при фактическом значении сопротивляемости угля резанию $A_{\text{пр}}$ по формуле

$$F_{\text{п}} = F_{\text{п}}^{\text{с}} - \frac{A_{\text{пр}} - A_{\text{пр}}^{\text{с}}}{A_{\text{пр}}^{\text{н}} - A_{\text{пр}}^{\text{с}}} (F_{\text{п}}^{\text{с}} - F_{\text{п}}^{\text{н}}), \quad (8.7)$$

где $F_{\text{п}}^{\text{с}}, F_{\text{п}}^{\text{н}}$ — составляющие силы резания в направлении подачи комбайна, кН, соответствующие $A_{\text{р}}^{\text{с}}$ и $A_{\text{р}}^{\text{н}}$ (табличные данные по технической характеристике комбайна).

5. Рассчитывается возможная скорость подачи комбайна по допустимому тяговому усилию механизма подачи $V_{\text{п.т.}}$ для комбайна 1К101У максимальное тяговое усилие $F_{\text{т}} = 120 \text{ кН}$

$$V_{\text{п.т.}} = \frac{V_{\text{п.пр}}}{0,1 F_{\text{п}}} [0,1 F_{\text{т}} - 1,4 G (0,2 + 0,016 \alpha)], \quad (8.8)$$

где G — масса комбайна, т;

α — угол падения пласта, град.

Продолжение примера. Определяем $F_{\text{п}}$ для комбайна 1К101У $F_{\text{п}}^{\text{с}}$ при $A_{\text{пр}}^{\text{с}} = 2 \text{ кН/см}$ равна 35 кН , $F_{\text{п}}^{\text{н}}$ при $A_{\text{пр}}^{\text{н}} = 3 \text{ кН/см}$ равна 37 кН .

Тогда

$$F_{\text{п}} = 35 - \frac{2,6 - 2}{3 - 2} (35 - 37) = 38 \text{ кН.}$$

По расчетной величине $F_{\text{п}}$ определяем возможную скорость подачи комбайна по допустимому тяговому усилию механизма подачи $V_{\text{п.т.}}$. Масса комбайна 1К101У $G=9,7$ т.

$$V_{\text{п.т.}} = \frac{1,7}{0,1 \times 38} [0,1 \times 120 - 1,4 \times 9,7(0,2 + 0,016 \times 12)] = 3,7 \text{ м/мин.}$$

Возможную скорость подачи комбайна по тяговому усилию механизма подачи $V_{\text{п.т.}}=3,7$ м/мин сравниваем с технически допустимой $V_{\text{п.доп}}$ (из технической характеристики комбайна 1К101У), которая при тяговом усилии $F_{\text{т}}=120$ кН составляет 4,5 м/мин.

Таким образом, скорость подачи комбайна устанавливается из соотношения

$$V_{\text{п}} = \min \{ V_{\text{п.пр.}}; V_{\text{п.т.}}; V_{\text{п.доп}} \} k_{\text{у.ук}}, \quad (8.9)$$

где $k_{\text{у.ук}}$ — коэффициент увеличения скорости подачи комбайна при выемке вязких, хрупких и весьма хрупких углей (соответственно 1,00; 1,15; 1,30). Для наших условий $k_{\text{у.ук}}=1,15$.

Тогда

$$V_{\text{п}} = \min \{ 1,7; 3,7; 4,5 \} 1,15 = 1,95 \text{ м/мин.}$$

Однако скорость подачи комбайна может сдерживаться другими технологическими процессами, например, креплением.

Скорость крепления при индивидуальной крепи определяется по формуле

$$V_{\text{кр.инд.}} = \frac{l_{\text{кр}} n_{\text{кр}}}{N_{\text{кр}}}, \quad (8.10)$$

где $l_{\text{кр}}$ — расстояние между комплектами крепи по падению пласта, м;

$n_{\text{кр}}$ — число рабочих, занятых на креплении забоя непосредственно за комбайном;

$N_{\text{кр}}$ — норматив затрат труда на крепление забоя непосредственно за комбайном, чел.-мин на раму.

Скорость крепления очистного забоя механизированной крепью определяется по формуле

$$V_{\text{кр.мех.}} = \frac{l_{\text{кр}}}{t_{\text{кр}}}, \quad (8.11)$$

где $l_{\text{кр}}$ — расстояние между центрами секций крепи вдоль лавы, м;

$t_{\text{кр}}$ — время передвижки одной секции, мин.

Скорость подачи комбайна окончательно принимается из условия

$$V_{\text{к}} = \min \{ V_{\text{к}}; V_{\text{кр.мех.}} (V_{\text{кр.инд.}}) \}. \quad (8.12)$$

Расчетная скорость подачи комбайна не может быть выше максимальной, приведенной в технической характеристике. Фактическая или эксплуатационная скорость подачи определяется по хронометражным наблюдениям в конкретном забое и меньше расчетной, так как все факторы учесть в расчетах невозможно.

Теоретическая производительность комбайна определяется (т/мин) по формуле

$$g = \bar{m} \gamma V_{\text{к}}. \quad (8.13)$$

ТЕМА 9. ПРОЦЕССЫ ВЫЕМКИ, ПОГРУЗКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЯ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СТРУГОВ И СКРЕПЕРОСТРУГОВ

В соответствующих геологических условиях струговая выемка по сравнению с комбайновой имеет ряд преимуществ. Это объясняется, во-первых, тем, что обслуживание и эксплуатация струга проще и надежнее, так как по лаве движется только струг, а приводы находятся в концах лавы. Во-вторых, разрушение угля осуществляется крупным сколом с меньшим выходом мелких фракций. В-третьих, рабочие по обслуживанию лавы не передвигаются вдоль забоя, что весьма важно в условиях тонких пластов.

Струговая технология выемки успешно применяется при разработке мягких и трещиноватых углей, иногда и крепких, но только хрупких, с выраженным кливажем и устойчивыми боковыми породами.

Контакт между пластом и породами кровли и почвы должен быть слабым. Эффективность строгания возрастает в условиях интенсивного отжима.

В настоящее время применяются струговые установки СО75М, СН75М, УСБ2 и скрепероструговая установка УС2У.

Струговая установка СО75М предназначена для механизации выемки угля в лавах на пластах мощностью 0,6...1,4 м, с углом падения до 25° при работе по простиранию (до 5° по падению и до 8° по восстанию), при сопротивляемости угля резанию 2,5 кН/см, самообрушающейся верхней пачкой, устойчивой непосредственной и легкообрушающейся основной кровлей, при спокойной гипсометрии пласта. Струг работает в комплексе с крепью 1МК98 и МК87УМС или с индивидуальной крепью.

Толщина снимаемой стружки 50–70 мм, скорость движения струга — 0,78; 1,53 м/с, производительность — 3,8–6,4 т/мин. Линию очистного забоя целесообразно располагать под углом 5...30° относительно кливажных трещин. Струг выполнен в виде трех шарнирно соединенных плит, что позволяет лучше приспособливаться к неровностям почвы пласта.

Направленное движение струга обеспечивает рештачный став специального скребкового конвейера с высотой боковых рештаков 190 мм, под которым свободно проходит опорная плита струга. Плита выходит с завальной стороны конвейера, и к ее концам крепятся концы нижней рабочей ветви тяговой цепи. Обе ветви цепи размещены внутри бортов конвейера со стороны выработанного пространства. За счет сменных приставок высота струга ступенчато регулируется в пределах 0,36...0,56 м.

Базой струговой установки является скребковый конвейер, оснащенный верхним и нижним приводами, опирающимися на опорные балки, по которым перемещаются приводы при передвижке. Приводы струга размещены с завальной стороны конвейера.

В процессе работы струговой установки гидродомкраты постоянно включены в положение, соответствующее передвижке конвейера и прижатию струга к забою (рис. 9.1).

В конечных положениях струг автоматически останавливается и реверсируется. Связь машиниста и его помощника, находящихся соответственно на погрузочном

пункте и на другом приводе струга, осуществляется телефонной и световой сигнализацией.

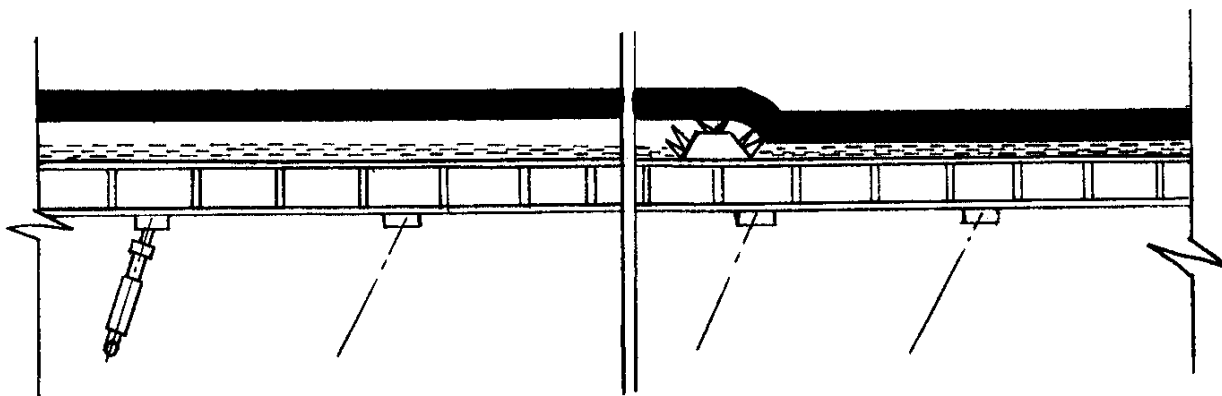


Рисунок 9.1 — Схема работы струговой установки

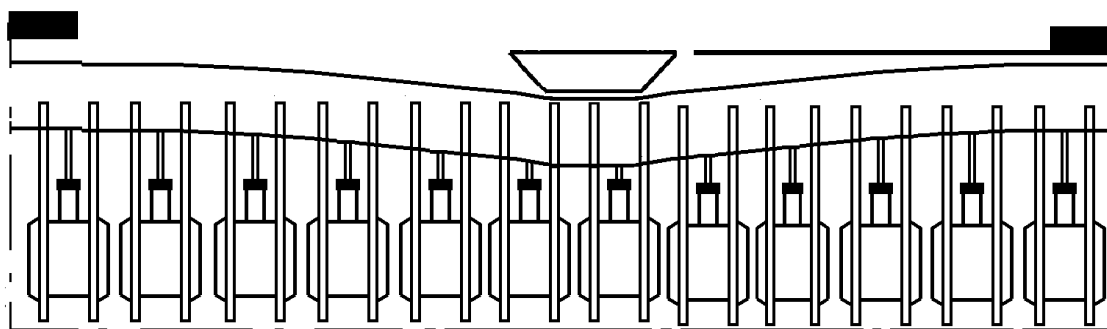


Рисунок 9.2 — Отжатие рештаков конвейера от очистного забоя при проходе струга

Толщина стружки регулируется сменными ограничителями, укрепленными на струге. Шаг установки гидродомкратов передвижки конвейера — 3 м.

Для размещения приводных головок в штреках используют гидрофицированные столы.

Струговая установка СН75М по условиям применения аналогична СО75М, отличается она конструктивным исполнением собственно струга и способом передачи усилий гидродомкратов на наклонные направляющие установки, по которым перемещается струг.

Со стороны забоя решетчатый став конвейера, оснащается специальными наклонными направляющими, внутри которых размещаются обе ветви струговой цепи.

Особенность технологической схемы работы струговой установки СН75М заключается в отсутствии отжатия (“дыхания”) конвейера при проходе струга, что повышает долговечность рештачного става (рис. 9.2).

Струг установлен на наклонной направляющей таким образом, что за габариты направляющей плиты выступают только его резцы, в результате чего при движении струга пласт разрушается на глубину вылета резцов, при этом отжима (“дыхания”) става конвейера не происходит.

По мере подвигания средней части периодически осуществляется передвижка концевых оборудования, в том числе гидрофицированных столов с приводами струга и конвейера.

Струговая установка УСБ2 в отличие от СО75М и СН75М применяется на пластах мощностью 0,9...2,0 м. Исключением являются угольные пласты, имеющие слабую почву, которая разрушается легче, чем нижняя пачка пласта, поэтому в этих случаях струг может зарываться в почву и зольность отбитого угля при этом увеличивается.

При высоте струга более 1,2 м его конструкция позволяет вести двухслойную выемку угля с сохранением устойчивости и обеспечением равномерного грузопотока угля. В целом работа этой струговой установки аналогична работе установки СО75М.

Выемка угля скреперостругами

Установка скрепероструготаранная УСЗ предназначена для механизации выемки и доставки угля в лавах на пластах мощностью 0,4...1,2 м с углом падения до 90°, при сопротивляемости пласта резанию до 2 кН/см (при работе со стругом) или до 3 кН/см (при работе с тараном).

Применяется в лавах с кровлей не ниже средней устойчивости и с крепкой почвой, где не могут работать комбайны или струги в связи с малой мощностью пласта или геологическими нарушениями.

Тип исполнительного органа (скрепероструг, струг или таран) выбирается в зависимости от условий применения.

Установка УСЗ состоит из одной или двух приводных станций, исполнительного органа, тяговой цепи, удерживающих гидродомкратов (на штреках) и блока управления.

На пластах с углом падения до 35° исполнительный орган — скрепероструга представляет собой набор скреперных ящиков, служащих для отбойки угля от массива и перемещения его вдоль лавы.

На пластах с углом падения свыше 35° и крепких углях в качестве исполнительного органа применяется таран, представляющий собой сварную конструкцию, оснащенную ножами и резцами.

На пластах с углом падения свыше 25° и сопротивляемостью угля резанию до 2,0 кН/см для отбойки угля применяется струг, состоящий из головной, концевой и промежуточной секций, шарнирно соединенных между собой. Секции снабжены поворотными резцовыми головками, обеспечивающими отбойку угля при движении струга в обоих направлениях.

Скрепероструготаранная установка работает в бесстоечном призабойном пространстве шириной не менее 1,0 м. Прижатие к забою обеспечивается приводными станциями. Пост управления комплектуется аппаратурой контроля местонахождения и управления приводом исполнительного органа.

Скрепероструговая выемка, в широких масштабах апробированная на шахтах Донбасса — весьма перспективная технология для создания технологических схем ведения горных работ, которые позволяют вынимать тонкие пласты без присутствия рабочих в очистном пространстве. Скрепероструговые установки эксплуатировались на шахтах ФРГ, Бельгии, ЧССР, в рудниках ГДР.

Основное достоинство скрепероструговых установок заключается в их простоте, надежности, достаточно высокой производительности в условиях тонких пластов.

В настоящее время серийно изготавливается, разработанная Луганским филиалом ШахНИУИ имени А.М.Терпигорева, скрепероструготаранная установка УС-3, представленная на рис. 3. Она позволяет разрабатывать пласты мощностью 0,4...0,8 м, высокогазоносные, опасные по внезапным выбросам угля и газа, с повышенным пылеобразованием при выемке, при сопротивлении угля резанию до 2 кН/см. Установки выпускаются в трех исполнениях: с зачистной балкой и без нее для углов падения пласта до 40°, для пластов с падением 35...90° с таранной приставкой. Исполнительный орган прижимается к забою перемещением приводной станции и обводного устройства по штрекам с опережением линии лавы на 0,5...1,0 м. Приводная станция крепится с помощью распорного устройства. В зависимости от условий работы она может располагаться как на вентиляционном, так и на откаточном штреке. При выгрузке угля в вагонетки величина подрывки почвы должна быть не менее 1,4 м.

При расположении приводной станции на откаточном штреке, обводной ролик удерживается и передвигается в верхней части лавы, удерживающим устройством, для которого необходима ниша размером 3,0 м по падению и простиранию пласта.

При расположении обводного ролика на штреке используется обводная станция, а для удержания обводного ролика в нижней части лавы — анкерное устройство. Передвижка приводной станции и обводного устройства осуществляется вспомогательными лебедками.

Производительность установки УС-3 составляет 1,35 т/мин; скорость движения скреперных ящиков по лаве 2,25 м/с; мощность двигателя 160 кВт.

Установка применяется в лавах длиной до 200 м с кровлей и почвой не ниже средней крепости. Скрепероструговые ящики требуют бесстоечного пространства в призабойной части лавы шириной не менее 1,0 м. Отбитый исполнительным органом уголь доставляется к откаточному штреку на пологом падении скреперостругами, а на наклонном и крутом падении — самотеком.

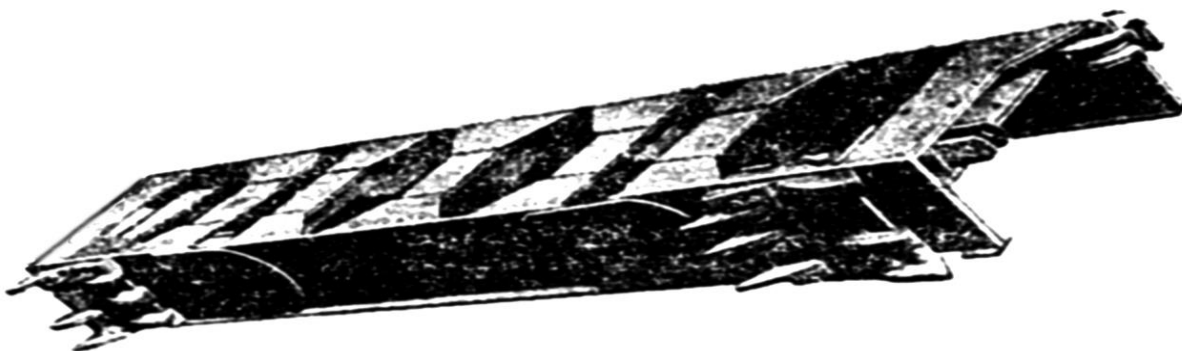
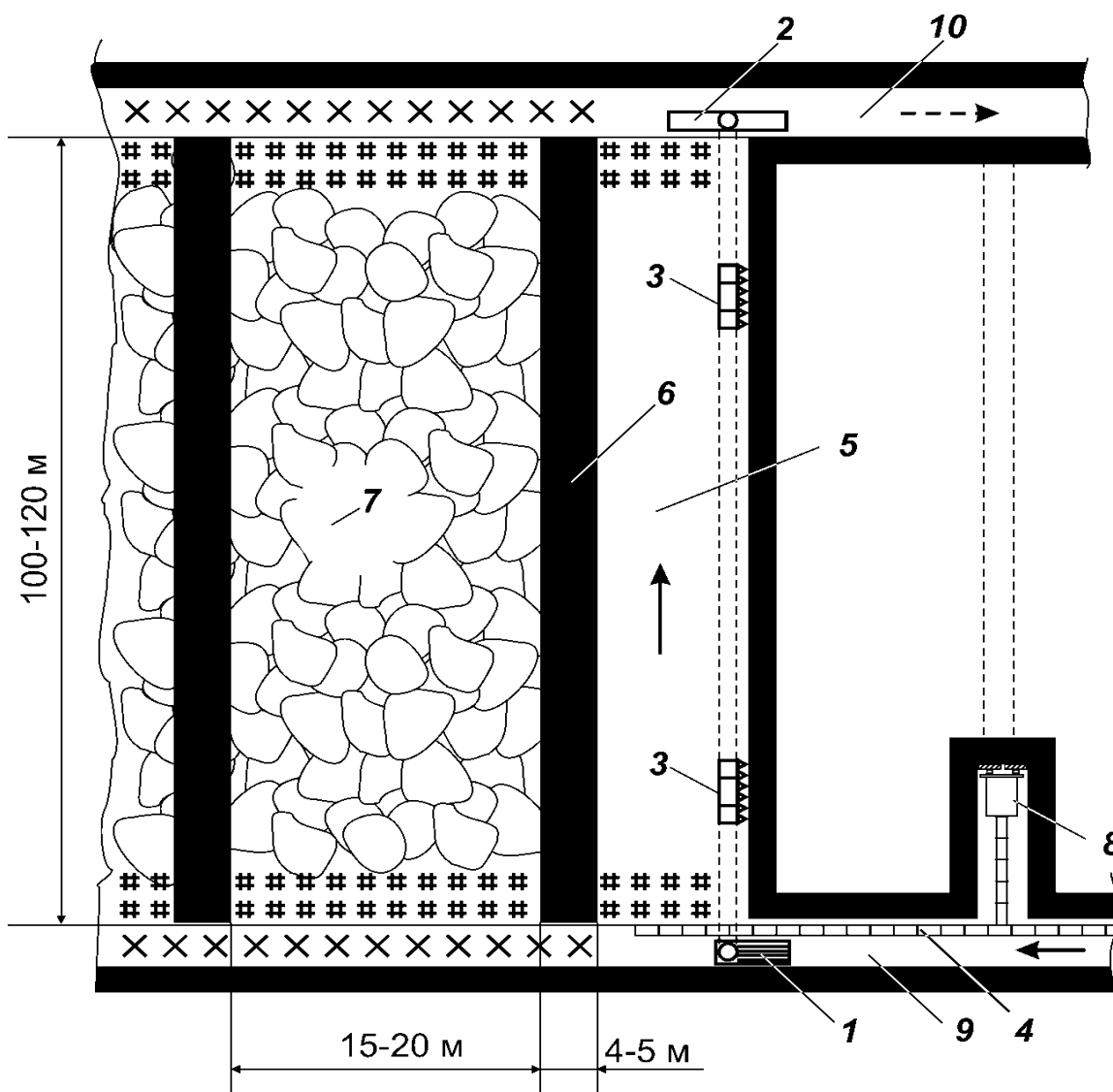
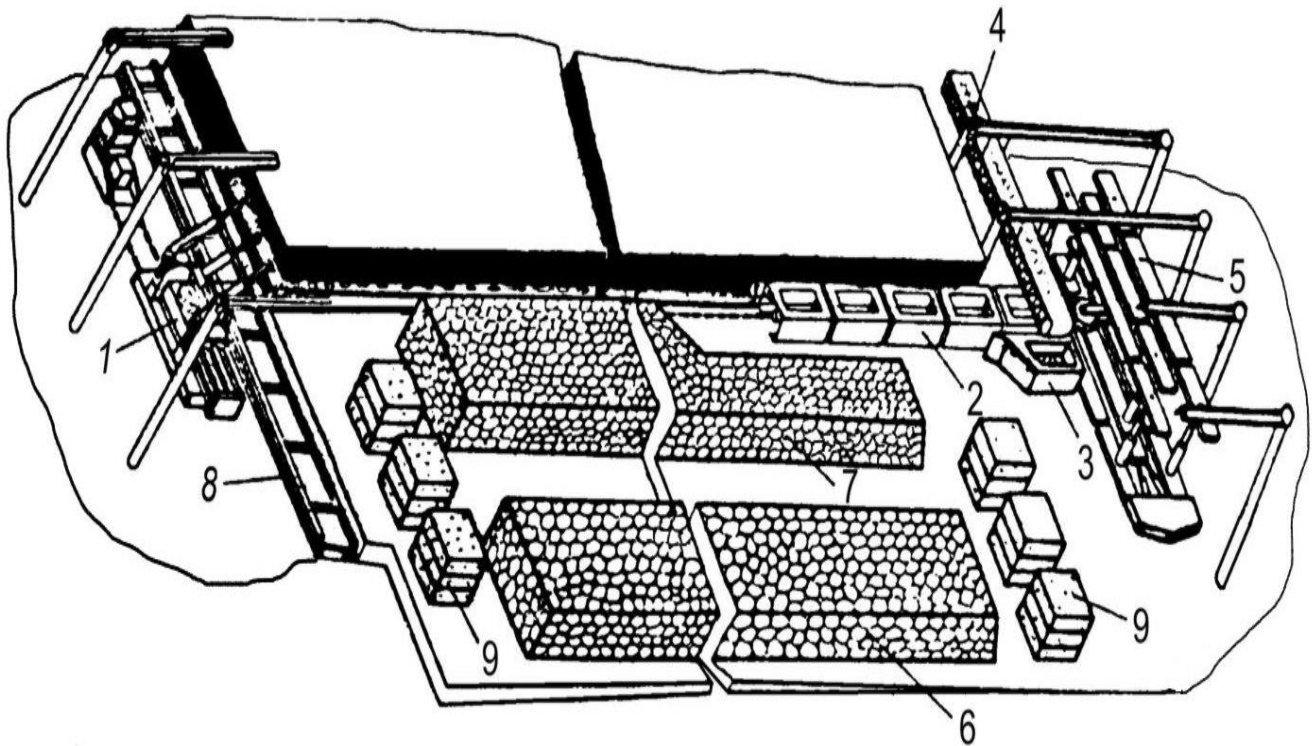


Рисунок 9.3 — Общий вид скрепероструготаранной установки



1 — приводная станция; 2 — обводная станция; 3 — скреперные ящики; 4 — конвейер; 5 — призабойное пространство; 6 — целик; 7 — отработанная камера; 8 — нарезной комбайн; 9 — конвейерный штрек; 10 — вентиляционный штрек

Рисунок 9.4 — Технологическая схема безлюдной выемки скрепероструготаранной установкой в лавах-камерах



1 — приводная станция; 2 — скреперный ящик; 3 — породная приставка; 4 — породный конвейер; 5 — крепь сопряжения с обводной станцией; 6 — породная полоса; 7 — выкладываемая полоса; 8 — угольный конвейер; 9 — железобетонные плиты

Рисунок 9.5 — Технологическая схема безлюдной выемки с выкладкой породных полос

Определение рациональных технических и технологических параметров струговых установок

Техническими и технологическими параметрами струговой установки являются: **высота и скорость движения струга, скорость движения цепи скребкового конвейера, толщина стружки и теоретическая производительность струговой установки.**

Для конкретного типа струговой установки необходимы следующие исходные данные: мощность пласта, m ; сопротивляемость угля резанию в неотжатом массиве, A_p ; плотность угля в массиве, γ , плотность угля в разрыхленном состоянии, γ' , длина лавы, $l_{л}$.

1. Толщина стружки определяется по сопротивляемости угля резанию для всех значений высоты струга (H_c) в пределах вынимаемого пласта по формуле

$$h_c = \frac{1}{100} (13,5\theta - 2,25A_p - 6,90H_c). \quad (9.1)$$

2. Толщина стружки по приемной способности конвейера (h_k) определяется при различных соотношениях скоростей движения струга (V_c) и конвейера (V_k) в режимах (для всех значений высоты струга)

$$\left. \begin{array}{l} V_c < V_k; \\ V_k < V_c < 2V_k; \\ 2V_k < V_c < 3V_k. \end{array} \right\} \quad (9.2)$$

3. Теоретически производительность струговой установки определяется толщиной стружки, рассчитанной по сопротивляемости угля резанию и приемной способности конвейера.

4. Рациональные технические и технологические параметры струговой установки устанавливаются в следующей последовательности:

– наибольшее значение теоретической производительности по сопротивляемости пласта резанию при данной высоте струга и величины стружки

$$g = g_c^{max} \leq g_k, \quad (9.3)$$

где g_c^{max} и g_k — соответственно максимальная производительность струговой установки по сопротивляемости угля резанию и приемной способности конвейера;

– режим работы струговой установки и возможной высоты струга.

Если рациональным режимом работы струговой установки является режим $V_k < V_c < 2V_k$, то необходимо определить продолжительность паузы ($t_{п}$) для частичной разгрузки конвейера перед реверсом

$$t_{п} = \frac{l_{л}(V_c - V_k)}{V_c V_k}. \quad (9.4)$$

ТЕМА 10. ПРОЦЕСС ВЫЕМКИ УГЛЯ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ ОТБОЙНЫМИ МОЛОТКАМИ НА КРУТОМ И КРУТОНАКЛОННОМ ПАДЕНИИ

Отбойные молотки в качестве средств механизации выемки угля на пологом падении применяются крайне редко. В основном они используются при выполнении вспомогательных операций — выемка ниш, оформление забоя, подрывка боковых пород.

Широкое применение в настоящее время они находят при разработке крутых пластов (до 70% общей добычи угля). Хотя технология выемки угля с использованием отбойных молотков морально устарела, обладает высокой трудоемкостью, большим расходом лесоматериалов (до 80 м³ на 1000 т добычи), но, в то же время, она является универсальной, пригодной практически во всех сложнейших горно-геологических условиях крутого падения. В обозримом будущем трудно предположить, что ей найдется альтернатива.

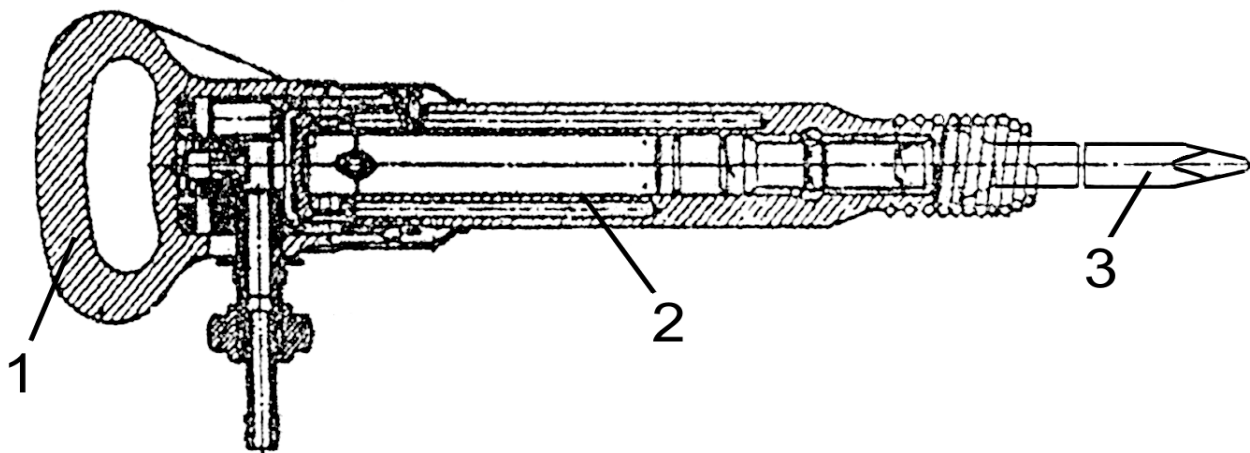
Отбойный молоток представляет собой поршневую пневматическую машину ударного действия с клапанным воздухораспределением рис.10.1. В настоящее время для отбойки угля мягкой и средней крепости, а также мягких пород применяются молотки МО5ПМ и МО6ПМ. Если требуется большая сила удара, применяются молотки МО7ПМ. Перечисленные молотки выполнены по одной конструктивной схеме и отличаются только длиной ствола и ударника; основное положение при работе молотка — вертикально вниз. Работают молотки при давлении воздуха 0,3...0,5 МПа при частоте 1100...1500 ударов в минуту и расходе воздуха 1,5 м³/мин. Масса молотков от 7,8 до 9,0 кг.

Выемка угля молотками на крутом падении ведется в потолкоуступном забое. Профессия рабочего, осуществляющего выемку, — забойщик на отбойных молотках VI разряда. Перед началом работы он должен осмотреть забой и привести его в безопасное состояние, проверить состояние отбойного молотка, подсоединить шланг к магистрали и продуть его, после чего вставить пику и опробовать молоток на холостом ходу. Согласно ПБ при углах падения более 25° и высоте уступа более 10 м обязательно применение предохранительных полков. Поэтому перед началом работы забойщик на необходимом расстоянии от ножки вышележащего уступа должен устроить сплошной предохранительный полк из досок и обаполов, а в нижней части уступа — решетчатый предохранительный полк.

Выемка угля отбойными молотками в уступе производится, как правило, одним рабочим, иногда практикуется спаренная работа (один осуществляет выемку угля, другой крепит уступ).

Выемку угля в уступе забойщик начинает с производства так называемого “подбоя”. Для этого сверху вниз по почве пласта вынимается узкая щель глубиной 0,2–0,3 м и длиной 2 м. Она необходима для образования дополнительной обнаженной плоскости, которая приводит к уменьшению крепости угля за счет действия сил горного давления и облегчает дальнейшую выемку угля.

Согласно ПБ выемка угля в уступе разрешается только сверху вниз.



1 — пусковой механизм с рукояткой; 2 —
воздушнораспределительноударный механизм; 3 — рабочий инструмент

Рисунок 10.1 — Схема устройства отбойного молотка

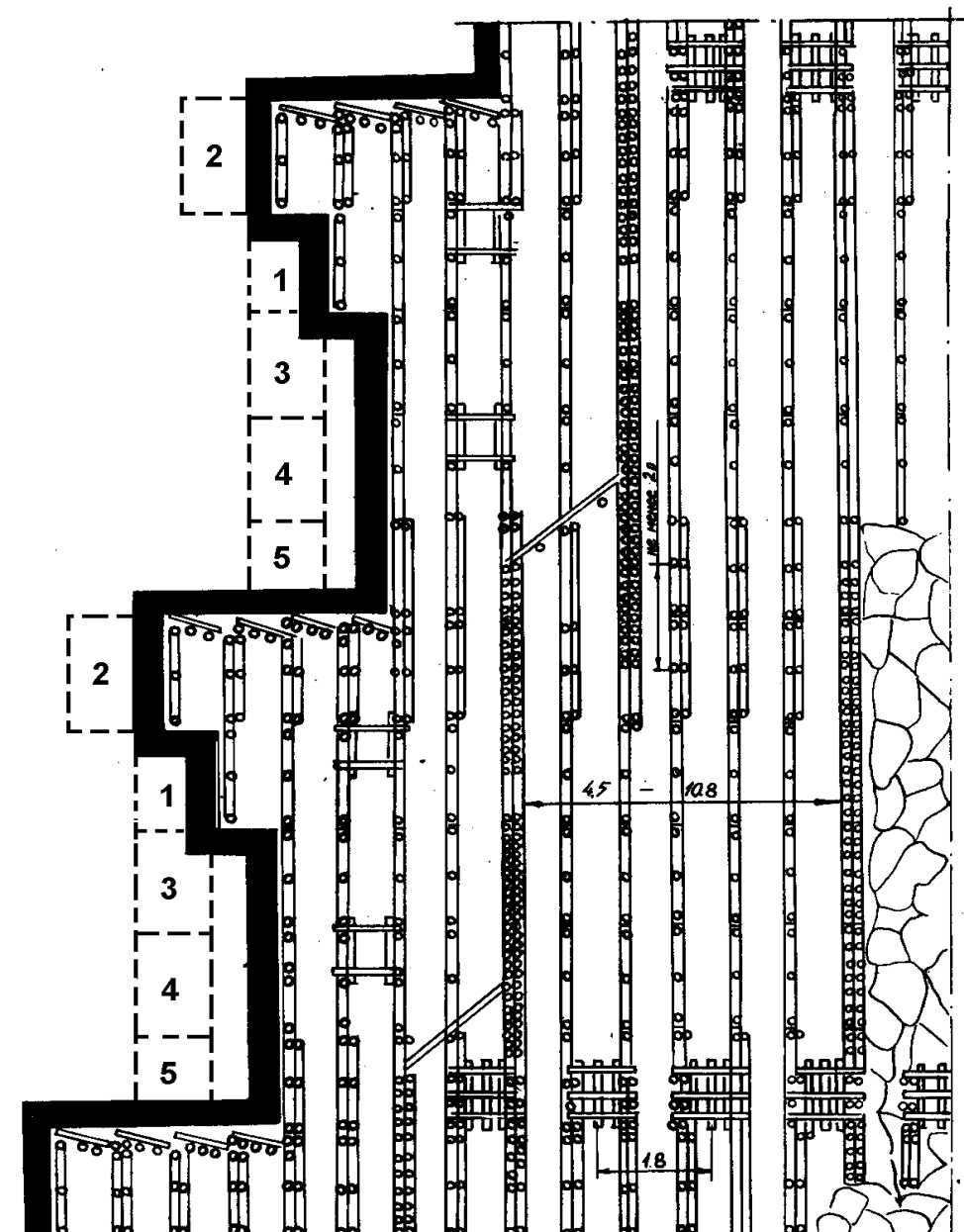


Рисунок 10.2 — Порядок выемки угля в уступах

Выемка угля осуществляется полосами шириной по простиранию пласта 0,9 м и длиной по падению пласта 2 м (т.е. на длину одного распила или обапола с тремя стойками, такая полоса получило профессиональное название — “конь”, поэтому так сложилось, что длина уступа по падению измеряется количеством «коней», т.е. количеством комплектов крепи). Первым вынимается так называемый “горловой конь”, а затем спасательная ниша (“куток”) (рис. 10.2). Правилами безопасности запрещается выемка угля без создания спасательной ниши, которая служит для временного нахождения рабочих в аварийных ситуациях (обрушение кровли, сползание почвы и т.д.). Благодаря наличию этих ниш тысячи рабочих были спасены при завалах лавы и внезапных выбросах угля и газа. Спасательная ниша обладает повышенной устойчивостью, потому что с трех сторон находится массив угля и в ней устанавливается двойная крепь.

Иногда на особо опасных пластах приходится делать двойные спасательные ниши (2 м по падению и 1,8 м по простиранию).

После выемки “коня” забойщик обязан закрепить его согласно паспорту крепления. Запрещается выемка очередного “коня” без закрепления предыдущего. При неустойчивых вмещающих породах выемка осуществляется участками длиной 1 м по падению и шириной 0,45 м (полполоски) по простиранию. После выемки всего “коня” под прикрытием временной крепи возводится постоянная, а временная удаляется.

По мере выемки угля рабочий производит пропуск угля в пределах рабочего места, смазку отбойного молотка, замену пики, наблюдает за состоянием воздухопроводного шланга. Он обязан постоянно следить за состоянием кровли и при необходимости возводить предохранительную крепь.

В конце смены рабочий отсоединяет молоток, сматывает шланг и убирает инструмент.

Размер выемочного уступа по падению h_y определяется из условия снятия одним забойщиком за одну смену полосы угля по всей длине уступа с некоторым перевыполнением плана

$$h_y = \frac{N_b k_n n}{r m \rho}, \quad (10.1)$$

где N_b — норма выработки на отбойку и крепление лавы (10...20 т);

k_n — коэффициент перевыполнения плана (1,10...1,15);

n — количество рабочих в одном уступе, чел.;

r — ширина снимаемой полосы (0,9 м);

m — мощность пласта, м;

ρ — плотность угля, т/м³.

Норма выработки зависит от категории угля по отбойности, мощности и угла падения пласта, длины уступа, плотности угля, наличия прослоек и ложной кровли, а также от паспорта крепления.

Длина уступа в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий колеблется от 8 до 20 м. Ширина уступа b_y (ширина ножки) колеблется от 1,8 до 4,5 м. При ширине уступа меньше 1,8 м возможно травмирование рабочего углем, отбитым в выше расположенном уступе, при ширине уступа более 4,5 м

происходит посадка стоек крепи в пределах рабочего пространства, ухудшаются условия поддержания и управление кровлей.

Количество выемочных уступов в лаве определяется по формуле

$$n_y = \frac{H_э - h_{\text{маг}} - \sum h_{\text{ц}} - h_{\text{п}} - h_{\text{ош}}}{h_y}, \quad (10.2)$$

где $H_э$ — наклонная высота этажа, м;

$h_{\text{маг}}$ — высота уступа-магазина, м;

$\sum h_{\text{ц}}$ — суммарная высота целика, м;

$h_{\text{п}}, h_{\text{ош}}$ — соответственно, высота просека и откаточного штрека, м.

Полученное число уступов корректируется так, чтобы размер уступа по падению был кратен 2 м, а число уступов было целым числом

$$h_y n_y = H_э - h_{\text{маг}} - \sum h_{\text{ц}} - h_{\text{п}} - h_{\text{ош}}. \quad (10.3)$$

Правая часть данного уравнения величина постоянная. Если при корректировке не удастся получить тождество, то необходимо изменить высоту уступа-магазина или высоту целиков.

Выемка угля осуществляется в три смены на неопасных по выбросам пластах и в две — на опасных. Одна смена отводится при этом на проведение противовыбросных мероприятий и одна смена — ремонтная, когда осуществляется доставка леса в лаву на сутки, выкладка костров, перенос воздушной магистрали, разделка запасных выходов.

Добыча угля из молотковой лавы составляет 150...200 т/сут при производительности труда забойщика около 10 т.

Отработка крутых пластов с применением отбойных молотков ведется потолкоуступным забоем, подвигающимся по простиранию пласта.

Лавы при этом разбиваются на уступы высотой 8–14 м. По длине лавы располагают 8–12 выемочных уступов и один магазинный, высотой 10–20 м и шириной 3,6–5,4 м. В каждом уступе вынимается полоса угля шириной 0,9 м. Для отбойки угля применяют пневматические отбойные молотки М05ПМ, М06ПМ и М07ПМ.

Перед началом работы горнорабочий очистного забоя осматривает и приводит в безопасное состояние рабочее место, подсоединяет шланг к магистрали и продувает его, после чего вставляет пику в отбойный молоток и опробует его на холостом ходу.

Выемка угля в уступе начинается с так называемого «горлового коня» (второго по порядковому номеру «коня», начиная сверху уступа). После снятия полосы угля длиной 2 м и крепления забоя рабочий переходит на выемку спасательной ниши ("кутка"). Крепление забоя и спасательной ниши выполняется в соответствии с паспортом крепления лавы. По мере выемки угля рабочий производит смазку отбойного молотка, замену пики, следит за состоянием кровли и при необходимости возводит предохранительную крепь, наблюдает за состоянием воздухопроводного шланга.

Количественный состав рабочих бригады в комбайновой и молотковой лавы приведен в таблице 10.1.

Таблица 10.1 — Количественный состав рабочих бригады в комбайновой и молотковой лавах

Профессия	Выполняемые функции	Количество исполнителей в лаве	
		комбайновой	молотковой
Машинист комбайна	Управление комбайном при выемке, спуске и заводке его в исходное положение и контроль за состоянием шлангов, кабелей и подтягивание их	1	—
Забойщик	Выемка угля и крепление в уступах	2–5	10–14
ГРОЗ	Крепление призабойного пространства	5–6	—
ГРОЗ	Доставка лесоматериалов, управление кровлей: — с вентиляционного штрека; — с откаточного штрека	5–6	6–8
		4–5	4–6
ГР	Насыпка угля	1	1
Итого		18–24	21–29

Порядок выемки угля и планограмма работ при выемке угля отбойным молотком в уступе на крутых пластах приведена на рисунке 10.3.

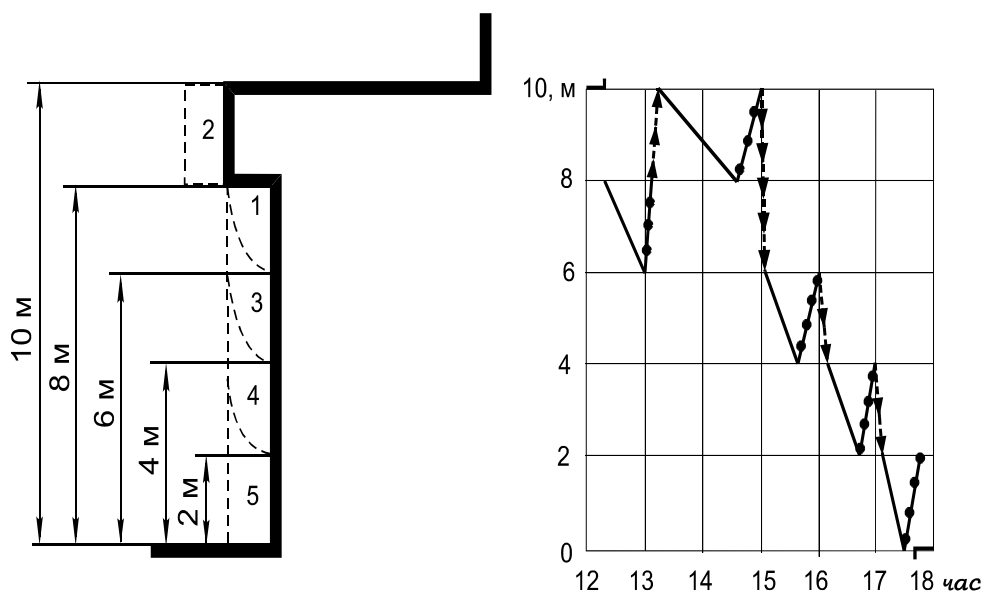


Рисунок 10.3 — Планограмма работ при выемке угля отбойным молотком в уступе на крутых пластах

ТЕМА 11. ТЕХНОЛОГИЯ КОРОТКОЗАБОЙНОЙ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Мировой опыт подземной разработки угольных месторождений в качестве технологии выемки использует два основных направления: длинные и короткие очистные забои, в которых применяется соответствующая им техника.

Длиннозабойная технология очистных работ, оборудованных гидрофицированными комплексами, используется большинством угледобывающих стран мира. Это направление считается основным.

При выемке весьма тонких пластов 0,5...0,7 м мощность выступает основным фактором, ограничивающим применение комплексов с гидрофицированной крепью. Трудность заключается в загромождении рабочего пространства до такой степени, что обслуживание сложного комплекса машин становится невозможным. В этих условиях их эксплуатация будет ненадежной и, потребует присутствия людей в лаве. Минимальная мощность пласта, при которой возможно применение комплекса с гидрофицированной крепью, может быть определена суммой следующих величин

$$m_{min} = П + Т + Н + О + К,$$

где П — минимально допустимая высота рабочего пространства для передвижения обслуживающего персонала;

Т — толщина верхнего перекрытия секция крепи;

Н — неровности почвы и кровли, засорение почвы угольной и породной мелочью;

О — опускание кровли;

К — отклонение мощности пласта в сторону уменьшения от средней минимальной величины.

Эти величины для различных геологических условий будут иметь различные значения, однако нижний предел для разных типов крепи находится в диапазоне 0,7...0,8 м. В этой связи комплексная механизация весьма тонких пластов на базе гидрофицированных крепей становится невозможной. Для этих условий единственным выходом является применение бурошнековых комплексов и других короткозабойных технологических схем выемки угля современными комплексами для коротких забоев, камер, заходок и полос. Основное достоинство таких технологических схем состоит в том, что горного давления передается не на искусственные сооружения (секции крепи), а на естественные опоры (целики угля) или закладочный массив.

Выемочный комплекс для короткозабойной технологии из-за отсутствия сложной многосекционной крепи конструктивно становится значительно проще, приобретает большую маневренность и может лучше приспособливаться к возможным изменениям геологических условий. Как показывают лабораторные и натурные исследования, при управлении кровлей, оставляемыми в выработанном пространстве целиками или прочными породными полосами, абсолютные смещения кровли и их скорость в несколько раз меньше чем при полном обрушении кровли. Увеличение высоты призабойного пространства за счет отсутствия верхнего перекрытия крепи и меньшего опускания кровли создает условия для проектирования выемочной машины большей мощности. Отсутствие сложной многоэлементной крепи значительно упрощает и удешевляет систему автоматизации комплекса для коротких забоев.

Таким образом, в силу малой трудоемкости работ по управлению кровлей, более простой конструкции комплекса, легче поддающегося автоматизации, технологические схемы с оставлением в выработанном пространстве целиков являются перспективными при отработке весьма тонких пластов. Именно на этом принципе базируются технологические схемы безлюдной выемки.

Технология угледобычи в коротких забоях (камерах, заходках, коротких столбах) существенно отличается от технологии добычи в длинных забоях. Основная особенность и преимущество короткозабойной технологии заключается в упрощении или даже в полном устранении работ по креплению и управлению кровлей. Это преимущество создает благоприятные условия для комплексной механизации и автоматизации всех работ в очистном забое.

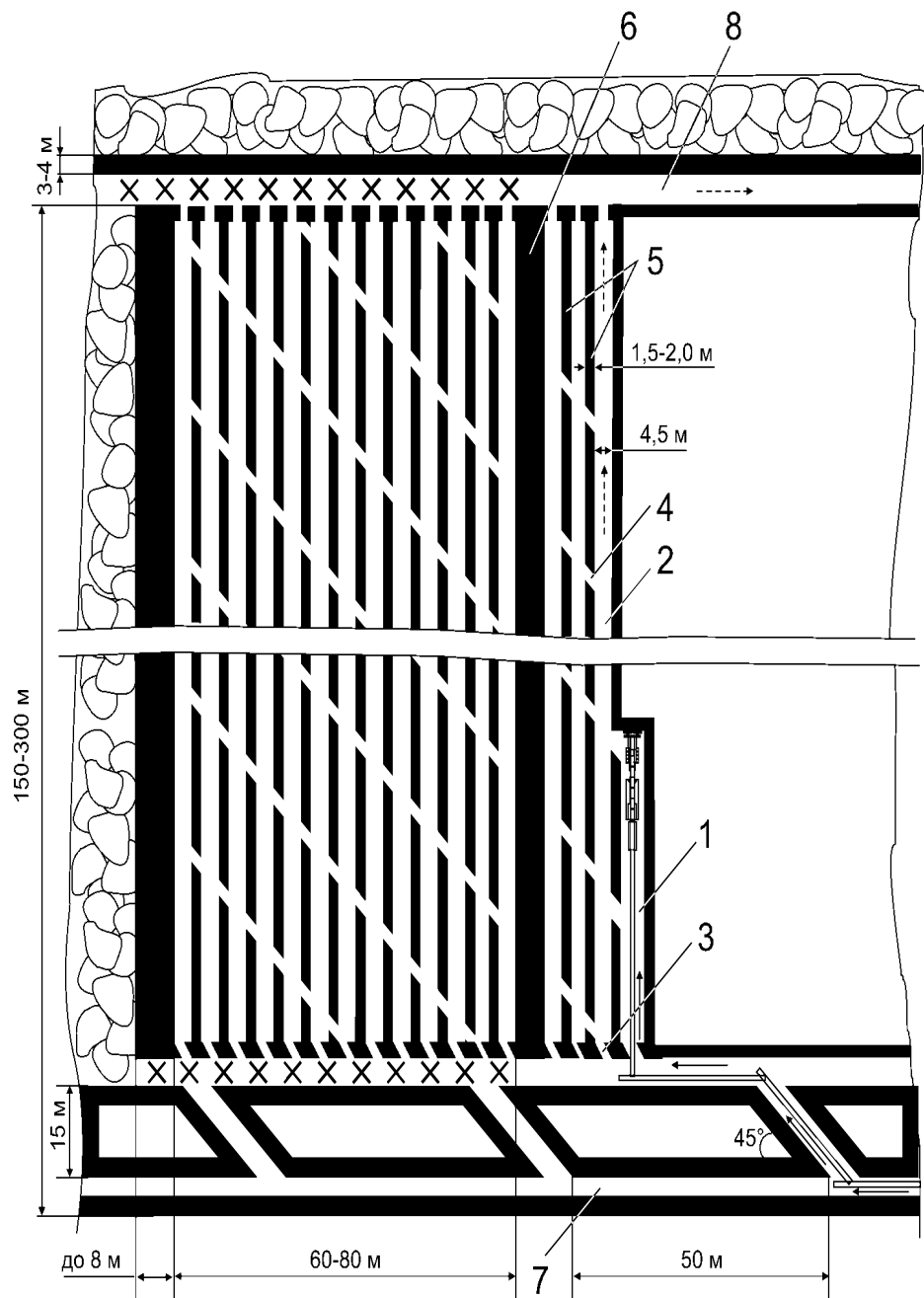
Короткозабойные технологии используются при камерной и камерно-столбовой системах разработки.

При камерной системе разработке камеры в основном располагают по восстанию (рис. 11.1), в отдельных случаях могут располагаться по простиранию или диагонально. Перед началом проведения камеры вначале с транспортной выработки проводят так называемую горловину, которая представляет собой узкий заезд шириной 2,5–3,0 м. После удаления от транспортной выработки на расстояние до 5 м, их расширяют до ширины камеры 4,5 м, а при весьма устойчивых породах кровли и больше. Выемку угля в камере производят комбайном фронтального действия, общий вид которого показан на рис. 11.2. Крепление камеры осуществляют анкерной крепью. Одна из распространенных конструкций анкера приведена на рис. 11.3, которую устанавливают с помощью самоходных гидравлических станков.

В кровле камеры устанавливают по два анкера (рис. 11.4). Они располагаются с наклоном в сторону целиков под углом 45° и скрепляются между собой стяжной гайкой. Такая установка анкеров позволяет перераспределить напряжения в боковых породах над камерой и таким образом повысить устойчивость кровли.

Одновременно в работе могут находиться несколько камер, это увеличивает нагрузку на выемочный участок и увеличивает темпы его отработки. Для уменьшения нагрузки на целики между камерами шириной 1,5–2,0 м через 60–80 м оставляют барьерные целики шириной до 8 м.

При камерно-столбовой системе разработки предусматривается вначале проведение камеры и затем извлечение целиков (столбов) заходками. Выемочный комплекс состоит из комбайна, телескопического конвейера, самоходной вагонетки (рис. 11.5) и самоходного станка (рис. 11.6) для бурения шпуров под анкерную крепь. Манипуляторы для бурения шпуров под анкера могут быть смонтированы на корпусе комбайна. Пример технологической схемы короткозабойной технологии изображен на рис. 11.7



1 — рабочая камера; 2 — отработанная камера; 3 — горловина камеры;
 4 — вентиляционная сбойка; 5 — целик между камерами; 6 — барьерный целик;
 7 — транспортный штрек; 8 — вентиляционный штрек

Рисунок 11.1 — Камерная система разработки

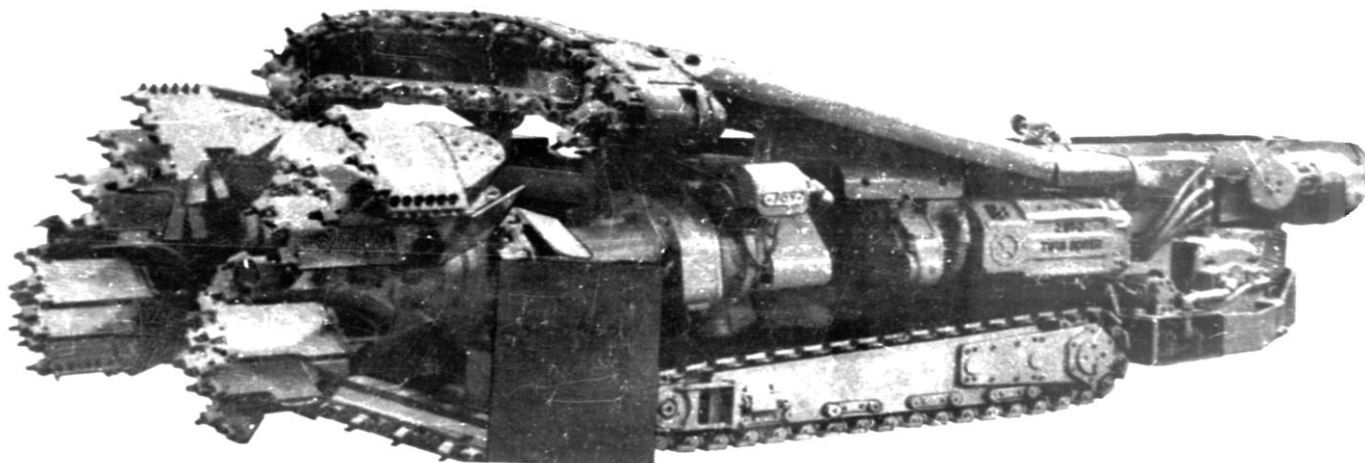


Рисунок 11.2 — Общий вид комбайна 2BT-2 фирмы «Джой»



Рисунок 11.3 — Конструкция анкерной крепи фирмы «Огайо
Брасс компани»

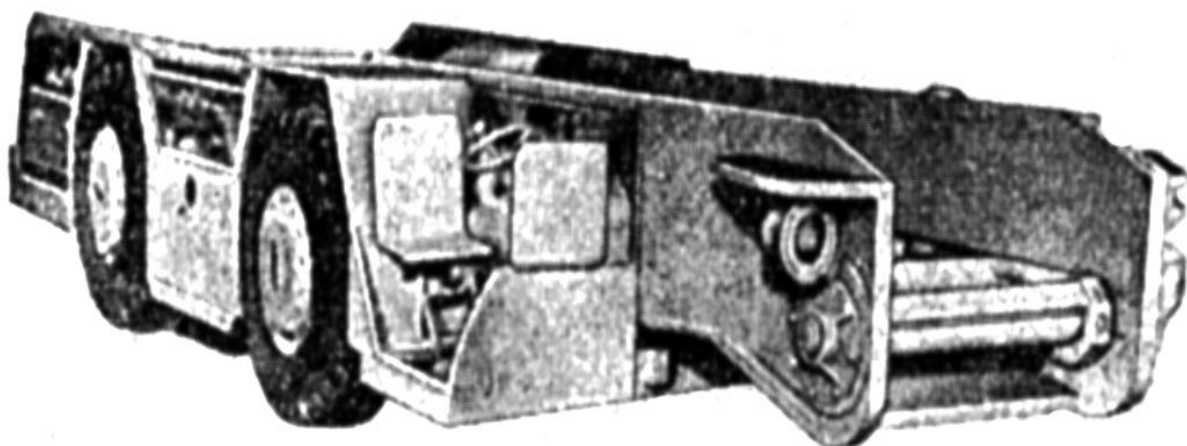


Рисунок 11.5 — Самоходная вагонетка

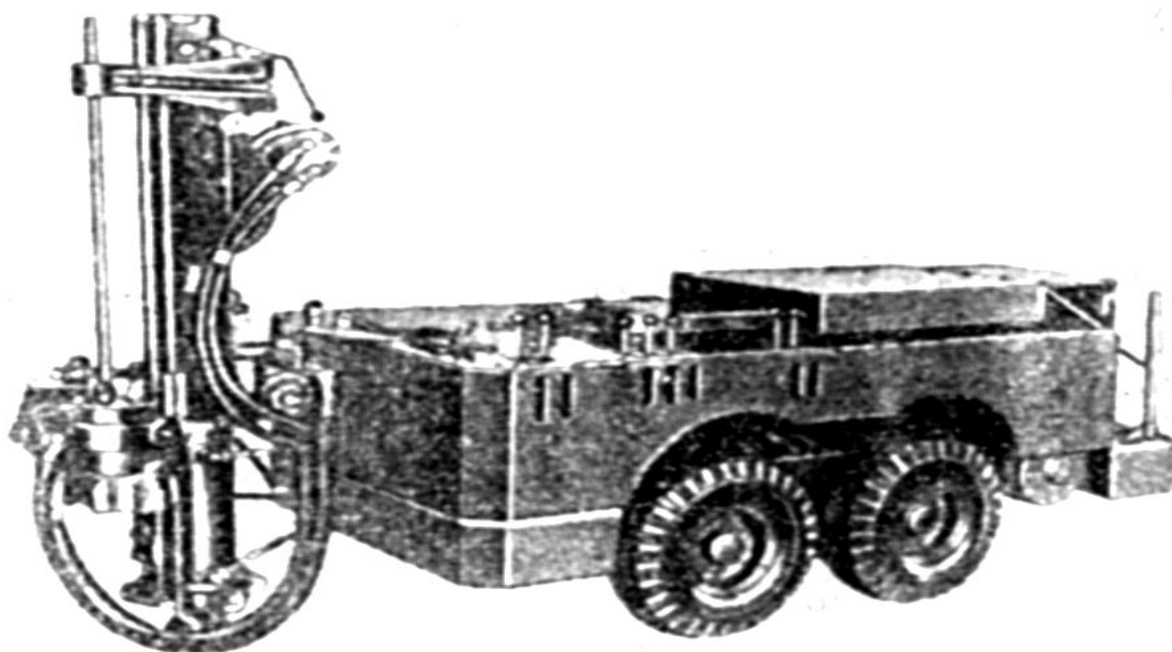
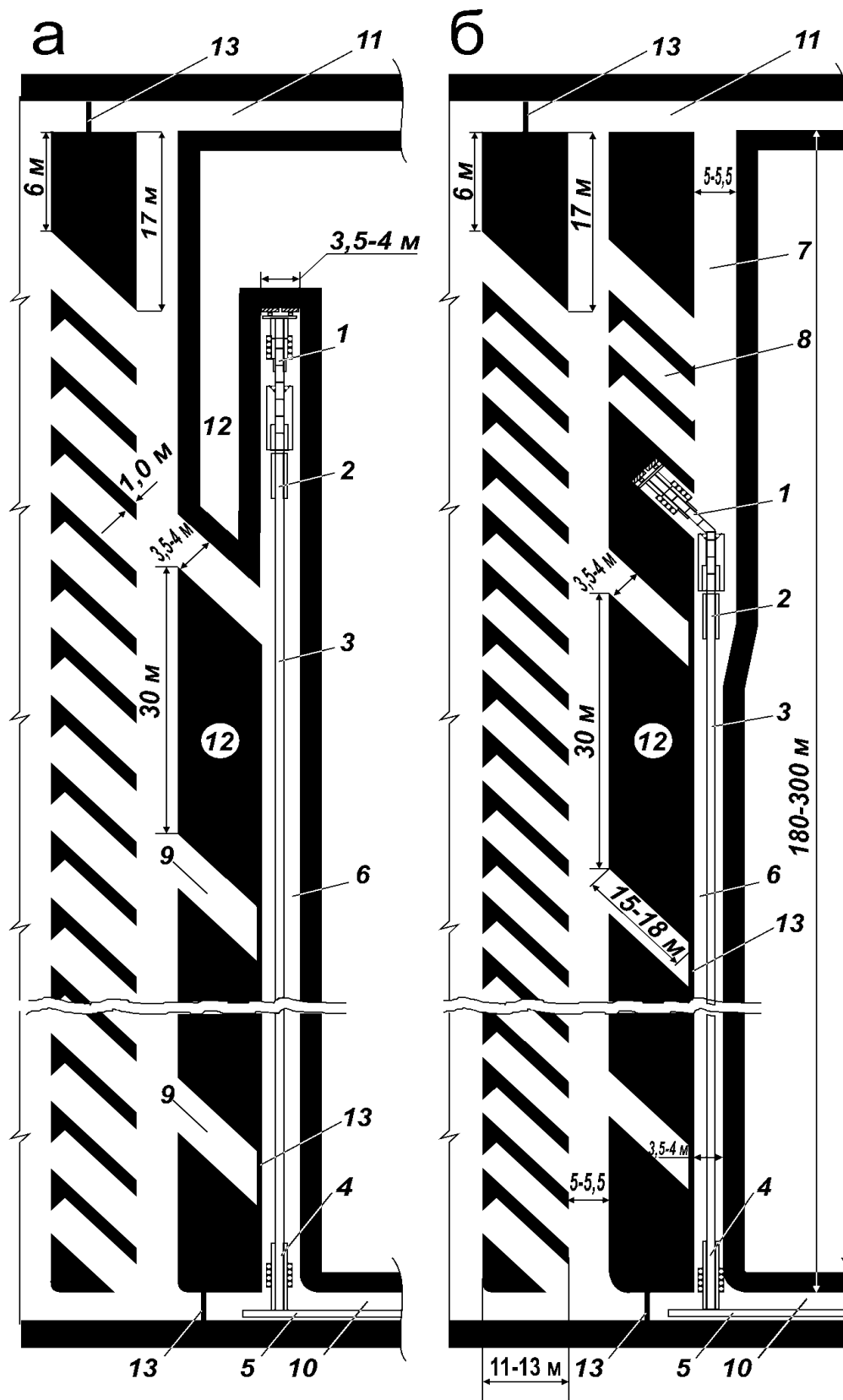


Рисунок 11.6 — Самоходный станок для бурения шпуров под анкерную крепь



- 1 — комбайн; 2 — приемная головка телескопического конвейера; 3 — телескопический конвейер; 4 — приводная головка конвейера; 5 — штрековый конвейер; 6 — камера; 7 — расширенная камера; 8 — заходка; 9 — вентиляционная сбойка между камерами; 10 — транспортный штрек; 11 — вентиляционный штрек; 12 — столб угля между камерами; 13 — вентиляционная перемычка

Рисунок 11.7 — Технологическая схема выемки пласта короткозабойным комплексом:
 а — при проведении камеры и оконтуривании столба;
 б — при расширении камеры и выемке столба заходками

Сначала осуществляется выемка угля в камере, проводимой от конвейерного штрека до вентиляционного. Затем в обратном порядке заходками отрабатывается междукамерный столб шириной 10...15 м. Ширина заходок 3,5...4,0 м. Ширина оставляемых между заходками целиков в пределах до 1,0 м. Крезь в заходках отсутствует. Камеры крепятся анкерной крепью. Режущий орган комбайна бурового типа с оконтуривающими режущими цепями. Комбайн фронтального действия обрабатывает исполнительным органом все сечение камеры или заходки без перестановок и маневров.

При данной технологии большую часть запасов, вынимают машинами с дистанционным управлением из камеры, без присутствия рабочих. Выемка пласта камерно-столбовой системой разработки начинается с прохождения камеры шириной 3,5...4,0 м комбайном от конвейерного штрека до вентиляционного. При выемке первых метров камеры уголь передается на штрековый конвейер непосредственно комбайном, а по мере удаления камеры — самоходной вагонеткой. В этот период выемки комплекс обслуживают четверо-пятеро рабочих: машинист комбайна, его помощник, машинист самоходной вагонетки и один-два вспомогательных рабочих, которые следят за погрузкой угля на конвейерном штреке. Когда комбайн удалится от конвейерного штрека на расстояние более 20 м, приступают к монтажу телескопического конвейера. Для этого возле комбайна монтируют самоходную натяжную станцию, принимающую уголь от комбайна, в устье камеры — приводную станцию конвейера. При выемке угля в камере работы ведутся поочередно: две смены — выемка, одна — для крепления. До начала отработки столба камеру расширяют до 5,0...5,5 м с целью создания пространства для маневров комбайна при зарубке в новую заходку. При отработке столба между камерами обратным ходом, выемка угля в заходках осуществляется в течение трех смен. Четвертая смена ремонтно-подготовительная. Крезь в заходках не устанавливается.

При короткозабойной технологии угледобычи управление кровлей, как процесс отсутствует. Кровля постоянно опускается на оставляемые целики угля между заходками, что не требует прямых трудовых затрат. В этом заключается высокая эффективность короткозабойной технологии угледобычи. При испытании короткозабойной технологии на шахте «Белицкая» в Добропольском районе средняя производительность труда по участку достигла 15...25 т на выход, в отдельные периоды 40...43 т.

Потери угля в технологических целиках между заходками были равны 20%. При отработке целого ряда столбов фактически потери составили 16...17%. Такой уровень потерь экономически оправдывается существенным повышением производительности труда по участку по сравнению с обычной технологией. Нужно отметить, что короткозабойная технология выгодна на пластах с не самовозгорающимся углем и не опасных по внезапным выбросам угля и газа.

И тем не менее короткозабойная технология угледобычи пока еще не нашла широкого распространения и не создана для нее высокоэффективная отечественная техника. И связано это в известной мере видимо с тем, что «Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт» (§81) предписывают «Применение систем разработки с короткими очистными забоями допускается при отработке выемочных полей с неправильными контурами, погашении целиков угля, на участках тектонических нарушений и сложной гипсометрии, когда отработка пласта другими системами экономически невыгодна».

ТЕМА 12. ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

Выемка угля с применением гидромеханизации заключается в использовании кинетической энергии струи воды, направленной на угольный забой с помощью специального устройства — гидромонитора. Принципиальная схема гидравлической добычи угля показана на рис. 12.1.

Гидравлическая добыча угля производится следующим образом. Вода под давлением 10–16 МПа по высоконапорному трубопроводу 1 поступает в гидромонитор 2, который формирует струю и направляет ее на забой. Отбитый уголь смывается потоком воды и во взвешенном состоянии по желобам 3, проложенным по системе горных выработок шахты, поступает в подземный пульпосборник 4. Из пульпосборника пульпа с помощью углесосов 5 или других средств гидроподъема по пульпопроводу 6 выдается на поверхность и поступает в обезвоживающую установку 7. Обезвоженный уголь после просушки подается в железнодорожные вагоны, отжатая вода поступает в отстойник 8. Отстоявшаяся вода с помощью высоконапорной насосной установки 9 подается к гидромонитору.

Процесс отбойки угля от угольного массива может производиться следующими способами:

— непосредственно струей воды из гидромонитора, т.е. *гидравлическая выемка угля*;

— с помощью буровзрывных работ с последующим смывом угля гидромониторной струей;

— с помощью комбайнов, механически разрушающих пласт с последующим гидросмывом и гидротранспортом угля, т.е. так называемая *механогидравлическая выемка угля*.

Основными средствами механизации гидродобычи являются **гидромониторы и механогидравлические комбайны**.

Гидромонитор — это специальное устройство необходимое для формирования струи воды и управления ею при выемке угля.

Гидромониторы имеют несколько разновидностей. По способу управления гидромониторы подразделяются на гидромониторы с *ручным, моторным, дистанционным и программным управлением*. По характеру перемещения при выемке угля — на *переносные, самоходные, передвижные с помощью гидропередвижчиков и подвесные*.

Внешний вид гидромонитора с ручным управлением РГМ-1м показан на рис. 12.2. Гидромонитор состоит из салазок 1, подводящей трубы 2 и полой вертикальной оси 3, вокруг которой может поворачиваться подвижная часть гидромонитора — ствол 4 с насадкой 5. Для подъема и опускания ствола 4 имеется редуктор 6 со штурвалом. Повороты ствола гидромонитора в горизонтальной плоскости производят штурвалом, используемым как водило.

Основной недостаток описанной конструкции гидромонитора — большая трудоемкость управления и опасность воздействия на гидромониторщика отраженной струи воды, отбитых частиц угля.

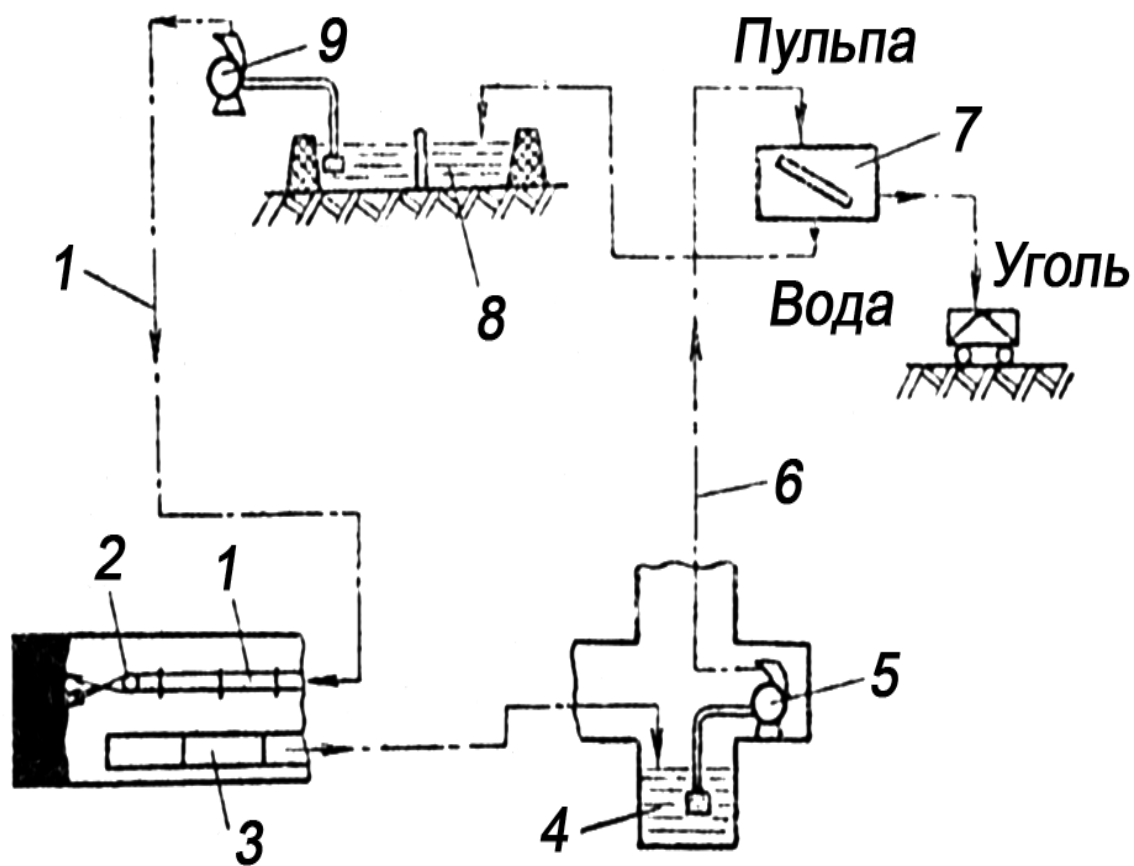


Рисунок 12.1 — Принципиальная схема гидравлической добычи угля

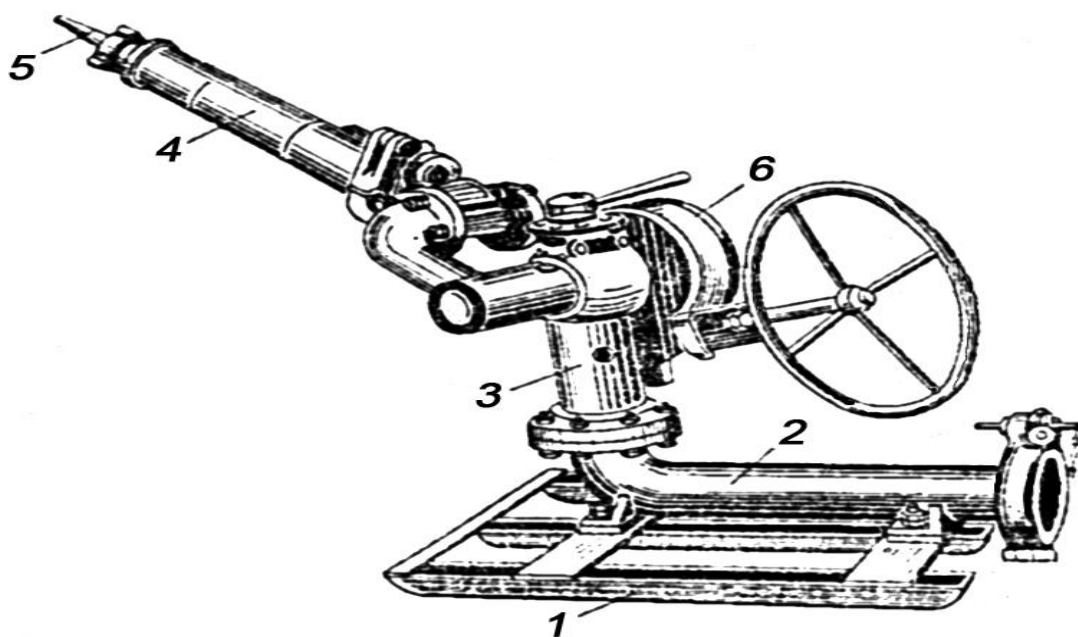


Рисунок 12.2 — Общий вид гидромонитора РГМ-1м

Эти недостатки устраняются применением самоходных гидромониторов с дистанционным управлением. Дистанционное управление монитором осуществляется с расстояния 10–15 м.

На гидрошахтах применяют гидромониторы ГМДЦ-3м, ГМДЦ-5, 12ГД-2 и 12ГП-1. Гидромонитор последней конструкции оборудован гусеничным механизмом передвижения. Нижним пределом мощности пласта для гидромониторов являются: для ГМДЦ-4 — 0,8 м, для 12ГД-2 — 0,95 м, для самоходного 12ГП-1 — 1,2 м. Эти типы конструкций гидромониторов работают на давлениях воды 10...16 МПа.

Разработанные УкрНИИгидроуголь гидромониторные агрегаты ГВД и АГС могут эксплуатироваться при давлении воды до 16 МПа. Это оборудование может применяться в широком диапазоне условий: от весьма тонких пластов до средней мощности при любых углах падения и при боковых породах не ниже средней устойчивости. Гидромониторный агрегат АГС может эксплуатироваться на пластах и пропластках мощностью более 0,3 м с углами падения 10...90°; агрегат ГВД — соответственно 0,7...1,5 м и 6...50°.

Механогидравлические машины — это выемочные и проходческие комбайны, в которых в качестве привода используются гидротурбины и за счет этого они имеют меньший вес и упрощенную пусковую аппаратуру. Они используются для гидродобычи угля. Транспортировка угля при этом осуществляется отработанной водой. В качестве машин для механогидравлического способа добычи угля применяют комбайны ПКГ-4, КГ, ЛМГП-5, К-56МГ и др.

Технологические схемы гидравлической добычи угля предусматривают следующие варианты работ:

1) уголь отбивают гидромонитором, установленным в подготовительной выработке; размер очистного забоя в этом случае не превышает радиус эффективного действия гидромониторной струи;

2) уголь отбивают механогидравлическим способом с помощью самоходных комбайнов в коротких очистных забоях;

3) уголь вынимают механическим комбайном, перемещающимся вдоль длинного очистного забоя; транспортировка отбитого угля по лаве гидравлическая.

Гидравлическая добыча угля с помощью гидромониторов осуществляется в коротких очистных забоях, независимо от угла падения и мощности пласта.

Подготовительные работы заключаются в нарезке столбов по простиранию или падению пласта. На пологих пластах применяют столбы по восстанию, на наклонных и крутых — по простиранию. Технология выемки угля в столбах по восстанию показана на рис. 12.3. Столб шириной 12–13 м разрабатывают в направлении сверху вниз. Длина столба равна наклонной высоте этажа. Гидромонитор установлен в центральной печи и вынимает уголь в левой и правой частях столба.

На работах в одном столбе занято два человека — гидромониторщик и его помощник. Они выполняют следующие операции: гидромониторную отбойку и смыв угля, укорачивание водоводов и желобов, перемещение гидромонитора на новую позицию, доставку демонтированных труб и желобов на штрек.

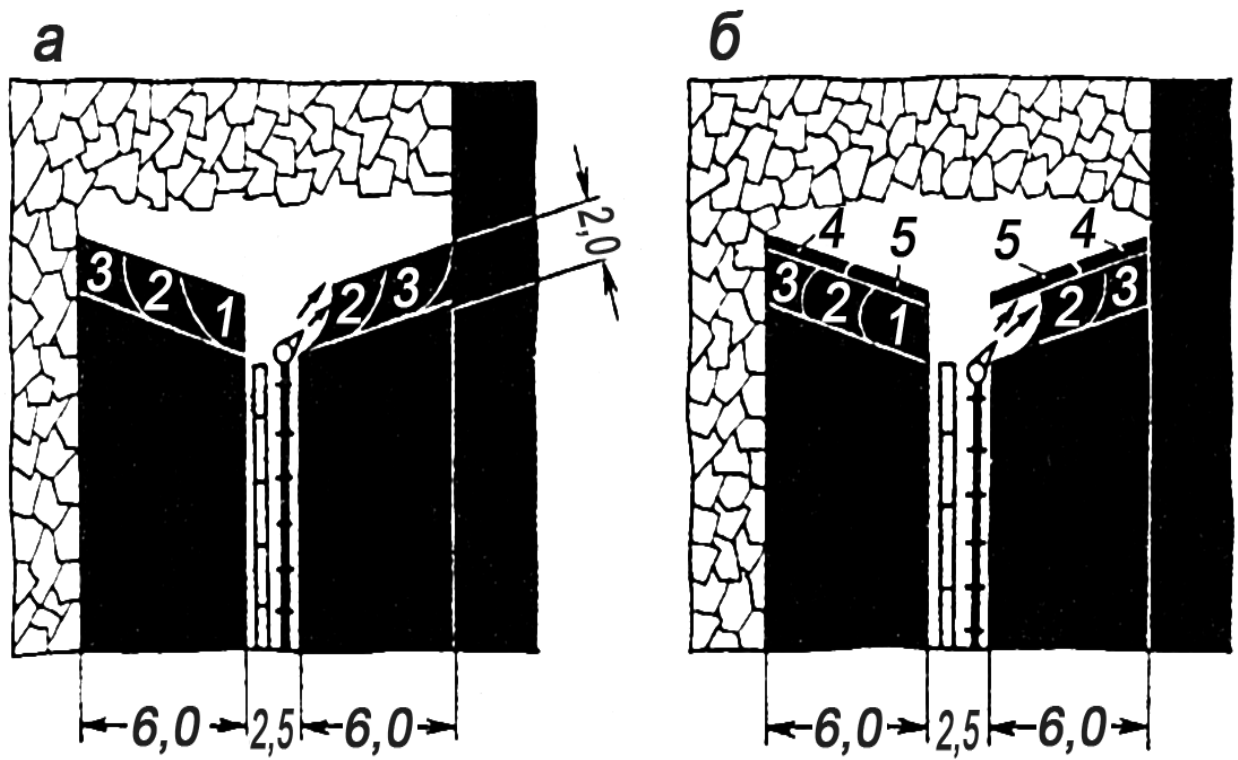


Рисунок 12.3 — Технология выемки угля гидромониторами в столбах по восстанию

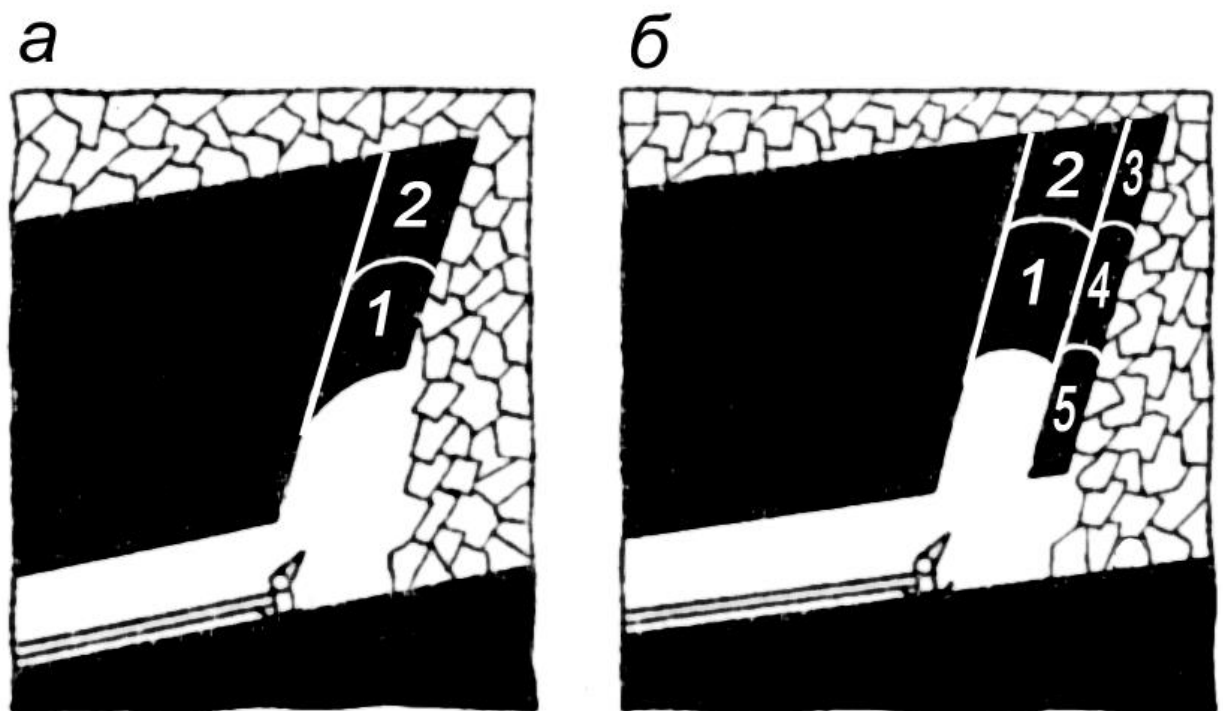


Рисунок 12.4 — Технология выемки угля гидромониторами в столбах по простиранью

Место установки гидромонитора и сопряжение печи с очистным пространством крепят усиленной крепью. После подготовки рабочего места, установки светильника, расчистки русла для пульпы, начинается выемка угля.

Выемку угля можно производить в открытых (рис. 12.3а) и закрытых (рис. 12.3б) заходках. Открытые заходки применяют при устойчивой кровле и крепких, вязких углях. При неустойчивой кровле более целесообразны закрытые заходки. Последовательность выемки заходов показана цифрами.

Наиболее трудоемким является создание вруба. Производительность гидромониторщика при этом в 10 раз ниже, чем при отбойке угля. Вруб может быть горизонтальным или вертикальным. Выбор вруба зависит от наличия в пласте мягких пачек угля и кливажных трещин. При крепких углях применяют предварительное ослабление угольного массива буровзрывным способом.

Отбитый уголь по желобам направляют в смеси с водой по системе горных выработок на этажный штрек и далее к пульпосборнику.

Уголь в столбах по простиранию (рис. 12.4) вынимают так же открытыми (а) и закрытыми (б) заходками. Однако в этом случае заходки только односторонние. Длина столба 300–400 м. Состав работ такой же, как и при выемке столбов по восстанию.

Таким образом, очистные работы характеризуются определенной простотой, малооперационностью, отсутствием работ по креплению и управлению кровлей в очистном забое. Производительность труда рабочего очистного забоя составляет 13–15 т, сменная добыча угля из одного забоя 26–30 т.

Наряду с этим, данная технология угледобычи характеризуется большими потерями угля (20–40%), значительной трудоемкостью подготовительных работ по нарезке столбов.

ТЕМА 13. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫЕМКИ УГЛЯ БУРОШНЕКОВЫМИ УСТАНОВКАМИ

Первые бурошнековые установки (БШУ) в шахтных условиях начали эксплуатироваться в 1950 г. на шахте "Пайканти" (штат Кентуки, США). В последующие годы ряд американских фирм начали серийно изготавливать бурошнековые машины, которые применяются для выемки угля в шахтах и в разрезах. В небольших объемах этот способ угледобычи используется на шахтах Англии, Франции, Германии и Австрии. В этих странах БШУ эксплуатируются, как правило, для выемки пластов мощностью 0,8...1,2 м. При этом достигаются высокие технико-экономические показатели: сменная нагрузка на установку находится в пределах 100...120 т, производительность труда по участку 30...40 т на выход, потери угля составляют 30...35%.

У нас работы по созданию бурошнековых машин начались в 1959 г. в ИГД им. А.А.Скочинского. После целого ряда совершенствований были созданы установки БУГ-3, а затем БШУ (рис. 13.1). Предназначена БШУ для выемки угля без присутствия человека в очистном забое на пластах 0,6...0,85 м с углом падения до 15° при сопротивляемости угля резанию до 255 кН/м. Она рекомендуется для выемки в первую очередь пластов со слабыми породами кровли и с геологическими нарушениями, а также могут быть использованы для селективной выемки угля из пластов с породными прослойками и для частичного погашения охранных целиков различного назначения.

В состав установки входят:

— бурошнековая машина, располагаемая в подготовительной выработке (штрек, ходок) и предназначенная для привода исполнительного органа включающего шнековый бур, буровые коронки;

— шнековый бур, состоящий из отдельных шнековых секций и служащий для подачи буровых коронок на забой, передачи на них крутящегося момента, а также транспортирования угля от буровых коронок в подготовительную выработку;

— приспособление для наращивания и складирования шнековых секций шнекового бура, включающее таль гидравлическую и монорельсовый гидравлический подъемник, прикрепляемый к верхнякам крепи выработки;

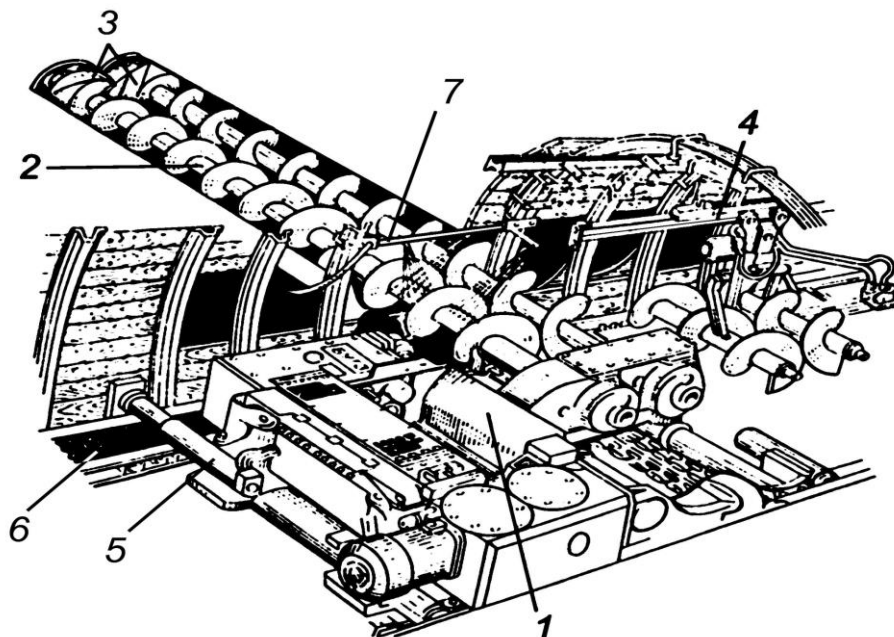
— устройство для ориентации бурошнековой машины перед забуриванием;

— система пылеподавления и проветривания скважин.

Расположение оборудования при бурошнековой выемке угля показано на рис.13.2.

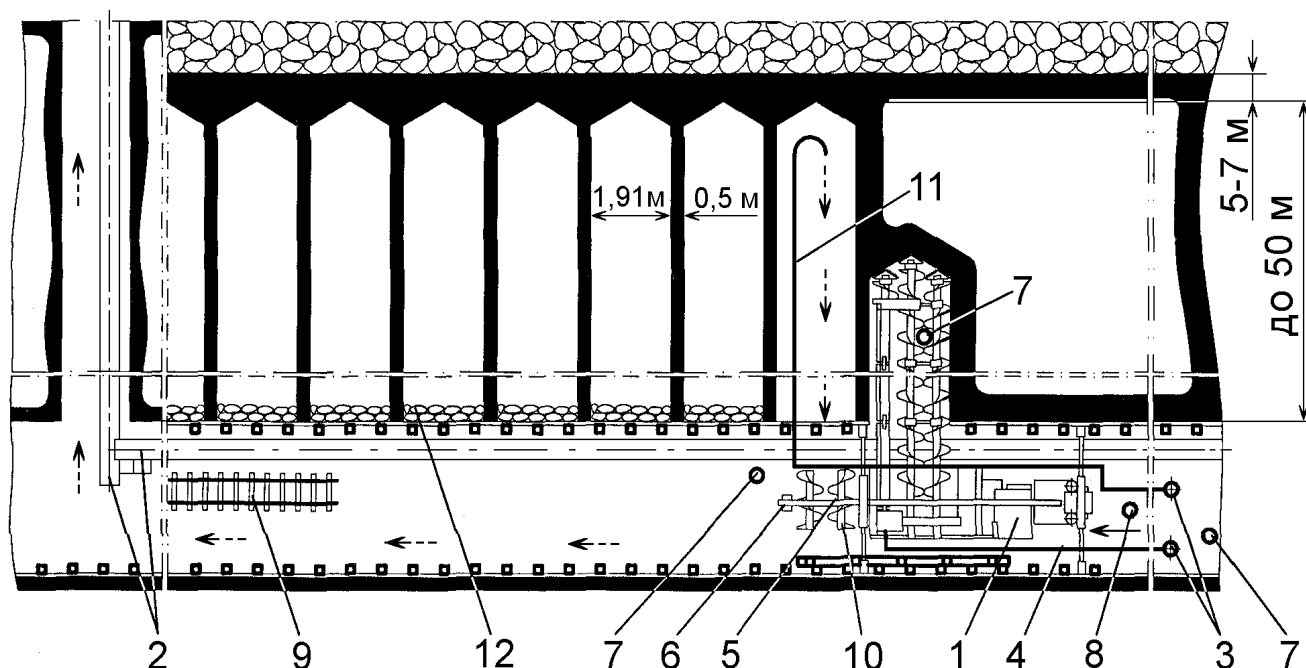
Установка выбурирует спаренные скважины шириной 1165, 1265 и 1340 мм при диаметре буровых коронок соответственно 525, 625 и 700 мм. Длина спаренных скважин до 50 м. Между скважинами оставляется целик угля шириной до 0,5 м. По длине скважина не добурируется до выработанного пространства на 5–7 м. Установка БШУ имеет гусеничный механизм передвижения, что создает необходимую маневренность при эксплуатации. Диапазон бесступенчатого регулирования скорости передач 0...6 м/мин; мощность двигателей 100 кВт; расчетная производительность до 1,2 т/мин.

Опыт эксплуатации бурошнековых установок показал, что они эффективны при отработке весьма тонких пластов в сложных геологических условиях.



1 — корпус бурошнековой машины; 2 — шнековый секционный став; 3 — буровая коронка; 4 — монорельсовый гидравлический подъемник; 5 — распорные домкраты; 6 — скребковый конвейер; 7 — система пылеподавления

Рисунок 13.1 — Схема бурошнековой установки (БШУ)



1 — бурошнековая машина; 2 — конвейер; 3 — вентилятор местного проветривания; 4 — вентиляционный трубопровод; 5 — монорельс; 6 — тельфер; 7 — датчики АКМ; 8 — датчики ИСНВ; 9 — напочвенная дорожка; 10 — секционные шнеки; 11 — жесткий вентиляционный трубопровод; 12 — воздухонепроницаемая перемычка

Рисунок 13.2 — Расположение технологического оборудования при бурошнековой выемке угля

Обслуживают БШУ трое рабочих: машинист, помощник машиниста и оператор погрузочного пункта. Машинист наряду с управлением машиной принимает участие в наращивании и извлечении шнекового бура. Помощник машиниста управляя подъемником штанг занимается наращиванием, извлечением и складированием шнекового бура. Оператор погрузочного пункта следит за угольным потоком, а также помогает первым двум членам сменного звена. На рис. 13.3 изображен рекомендуемый график организации работ и выходов рабочих для одной машины.





Извлечение (демонтаж) буровых шнековых штанг выполняется после достижения скважиной проектной глубины и расштыбовки скважин. Извлекаемые штанги складировются на монорельс. Опыт разработки пластов с устойчивыми боковыми породами показывает, что в таких условиях штанги можно складировать в пробуренной скважине, извлекая их по мере бурения новых скважин. Это позволяет совместить процесс бурения и извлечения. При такой схеме штанги извлекаются маневровой лебедкой, устанавливаемой в выработке вблизи от машины.

Кроме указанных операций рабочего цикла, на бурошнековом участке необходимо периодически выполнять ряд вспомогательных работ по погашению штреков, переноске монорельса и перегружателя, по укорачиванию конвейеров, доставке материалов. Конструкция бурошнековой машины позволяет из одной позиции бурить скважины в одну и другую стороны выработки, что очень важно для снижения объемов проходимых выработок.

Для достижения большей производительности на одной выработке лучше размещать несколько машин. Планировка горных работ при бурошнековой выемке должна предусматривать максимальную концентрацию очистной выемки с целью получения оптимальных нагрузок на выработку и участок. Схемы подготовки шахтного поля принципиально не отличаются при бурошнековой выемке от схем при обычной технологии. На рис. 13.4 и 13.5 изображены технологические схемы при погоризонтной и панельной схемах подготовки шахтного поля. Отработка столбов по восстанию и падению или ярусов при панельной подготовке предусматривается четырьмя машинами одновременно при этом каждая из машин работает по односторонней схеме.

При бурошнековой выемке весьма тонких пластов породы от проведения штреков (ходков) можно закладывать полностью или частично в скважины. Донгипроуглемаш разработал бурозакладочный комплекс (БЗК), состоящий из пневмозакладочной установки "Титан" и бурошнековой машины. При использовании такого комплекса порода, получаемая при проведении выработки, предварительно измельчается в дробилке до крупности 80 мм. Сжатым воздухом она транспортируется к устьям скважин и заполняет до 20 м их длины.

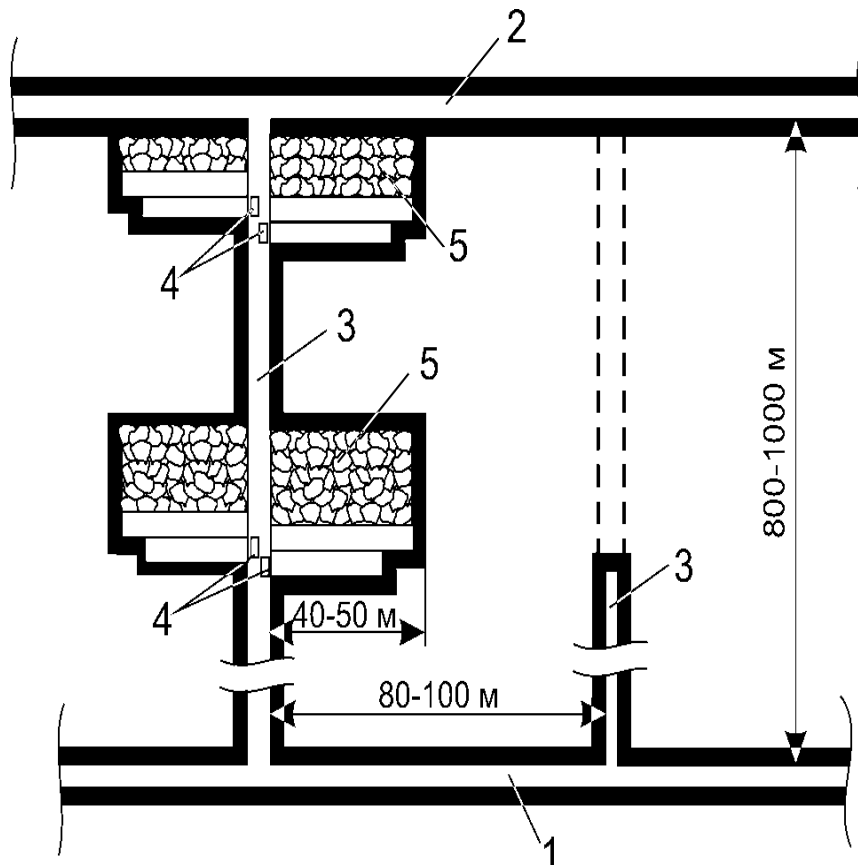
Условные обозначения:

-  – бурение скважин
-  – извлечение штанг
-  – передвижка машины
-  – ремонт оборудования



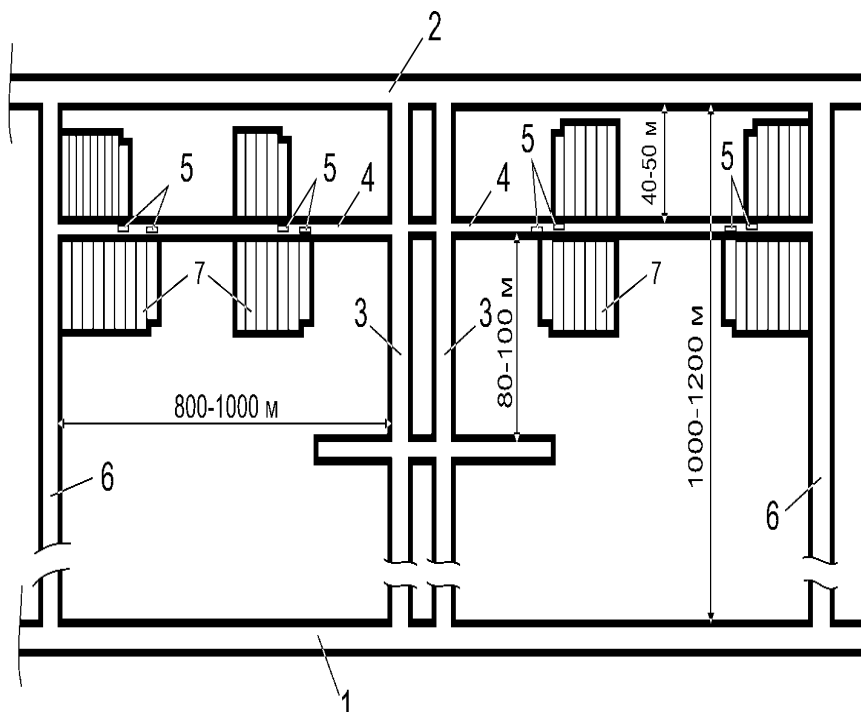
Рабочие	Кол-во чел. в смену					I смена	II смена	III смена	IV смена
	I	II	III	IV	сут				
Машинист	1	1	1	1	4				
Пом. машиниста	1	1	1	1	4				
Оператор	1	1	1	1	4				
ИТОГО	3	3	3	3	12				

Рисунок 13.3 — График организации работ при бурошнековой выемке угля



1 — основной откаточный штрек; 2 — основной вентиляционный штрек; 3 — выемочный ходок; 4 — бурошнековые установки; 5 — выработанное пространство

Рисун13.4 — Технологическая схема при погоризонтной подготовке шахтного поля



1 — основной откаточный штрек; 2 — основной вентиляционный штрек; 3 — ходки; 4 — выемочные штреки; 5 — бурошнековые установки; 6 — вентиляционные ходки

Рисунок 13.5 — Технологическая схема при панельной подготовке шахтного поля

ТЕМА 14. КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КРЕПЕЙ. РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ИНДИВИДУАЛЬНОМ КРЕПЛЕНИИ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ

14.1 Крепи для очистных забоев

Для осуществления процесса выемки угля, а именно, в том месте, где непосредственного будет производиться его отделение от пласта, должно быть сформировано свободное пространство между кровлей и почвой пласта, в котором затем будут безопасно размещаться выемочные механизмы и люди, ими управляющие. Сделать это позволяет крепь очистного забоя. Она удерживает кровлю в очистном забое от обрушения и таким образом между выработанным пространством и угольным пластом формируется призабойное пространство. В этой связи своевременное и качественное крепление очистного забоя обеспечивает в его призабойном пространстве, прежде всего, безопасную, безаварийную и производительную работу людей и механизмов.

Крепление призабойного пространства очистного забоя — это одна из основных операций технологического процесса добычи угля, которая производится после отбойки угля от пласта. Оно осуществляется благодаря использованию соответствующих крепей.

Выбор соответствующих средств крепления очистного забоя зависит от конкретных горно-геологических условий и от прогнозируемых технологических характеристик, вмещающих угольный пласт пород.

Крепь очистного забоя должна удовлетворять определенным **техническим, производственным и экономическим требованиям.**

Технические требования — прочность, устойчивость, жесткость и податливость крепи, возможность ее размещения по высоте в ограниченных условиях забоя.

Производственные требования — возможность выполнения технологических процессов по выемке угля, создание пространства для работы машин и механизмов, пропуск необходимого количества воздуха, проход людей, обеспечение минимальной массы крепи, механизация ее распора между боковыми породами, опускания и передвижки по мере выемки угля.

Экономические требования — минимальная стоимость крепи, минимум затрат на ее монтаж и эксплуатацию, а также надежность и долговечность крепи.

Все крепи для очистных забоев подразделяются на **индивидуальные и механизированные.**

Индивидуальные крепи — конструкция (комплект) из стоек и верхняков, устанавливаемых совместно и разбираемых полностью при переноске на новое место установки. У таких крепей нет кинематической связи между элементами крепи и другими механизмами в очистном забое. Схема передвижки такой крепи независима во времени и в пространстве и не связана с другими элементами.

Индивидуальные крепи по своему назначению подразделяются на **призабойные и посадочные.**

Призабойные крепи устанавливаются в призабойном пространстве очистного забоя, они предназначены для предотвращения обрушения пород кровли.

Посадочные крепи используются для управления кровлей полным обрушением. Они по сравнению с призабойной крепью более прочные, поэтому имеют

сравнительно большую несущую способность и располагаются на границе между призабойным и выработанным пространствами.

Индивидуальные крепи мобильны, универсальны, применимы в любых горно-геологических условиях. Однако установка и передвижка их трудоемка, так как выполняется вручную.

Механизированные крепи — это крепи, перемещающиеся в призабойном пространстве за счет силовой или кинематической связи между собой или с другими механизмами (конвейером), а также за счет собственных характерных особенностей. В любом случае передвижка их осуществляется с минимальным объемом ручного труда.

Механизированные крепи выполняют одновременно функции призабойной и посадочной крепи и подразделяются на **комплектные** и **агрегатные**.

Комплектные крепи не имеют постоянных силовых и кинематических связей с другими комплектами и конвейером. Каждый комплект состоит из двух секций, связанных между собой гидродомкратом передвижки. Это необходимо для того, чтобы во время передвижки гидродомкратом одной из секций другая являлась опорой.

Агрегатные крепи состоят из отдельных секций, имеющих постоянную силовую и кинематическую связь между собой через базовую балку и с другим оборудованием лавы. Передвижка осуществляется гидродомкратами, опирающимися на базовую конструкцию — конвейер.

Комплектные и агрегатные крепи характеризуются полной механизацией процессов их передвижки, по этой причине они называются *механизированными*.

На крутонаклонном и крутом падении угольных пластов применяются щитовые агрегаты с гидрофицированными крепями. Их преимуществом является то, что перемещение агрегата совпадает с направлением действия составляющих веса крепи и боковых пород, а образующая породная подушка и перепущенные породы создают более благоприятные условия работы крепи и поддержания боковых пород в призабойном пространстве. Такие крепи применяются при отработке угольных пластов по падению. Они опираются на угольный массив или распираются между боковыми породами, перекрывая призабойное пространство и препятствуя проникновению обрушенных пород в призабойное пространство очистного забоя.

14.2 Индивидуальные крепи

14.2.1 Принципы работы и назначение

К призабойным крепям относятся деревянные стойки, металлические стойки (трения и гидравлические) типа ТУ, СУГ, ГВД и др., а также верхняки (деревянные, пластиковые и металлические).

Достоинством деревянных крепей можно считать простоту конструкции, расчета паспорта крепления и также широкий диапазон их применения. Основными недостатками таких крепей является их недолговечность, большой разброс прочностных характеристик, трудоемкость доставки в забой и установки, значительный расход лесоматериалов, особенно в сложных горно-геологических условиях.

Они используются в качестве призабойной и специальной крепи (органка, кусты, костры, кустокостры). Диаметр стоек зависит от мощности пласта. Так при

мощности пласта 0,7 м, диаметр стойки 10 см, а при двухметровом пласте он должен быть не менее 20 см.

Деревянная крепь относится к категории **жестких крепей**.

Жесткая крепь — это крепь, которая не имеет податливых или шарнирных узлов, ее деформация не должна выходить за пределы упругости. Таким образом, деревянная крепь за период эксплуатации незначительно сжимается по высоте до момента достижения предела несущей способности. Такое свойство деревянной крепи позволяет использовать ее в качестве надежного контроля горного давления. При его увеличении происходит деформация стоек, сопровождающаяся треском. Если лава закреплена металлической призабойной крепью (податливой), деревянные стойки применяются только в качестве контрольных, т.е. по степени их деформации можно судить о величине, действующего горного давления. Обязательным условием применения деревянной призабойной крепи является наличие вблизи лавы неснижаемого сменного запаса крепежного материала.

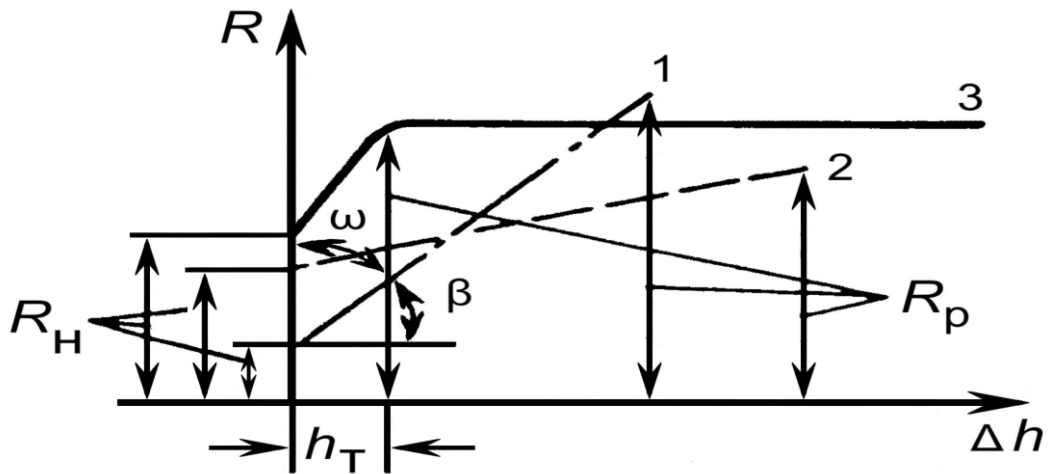
Индивидуальные металлические стойки применяются в качестве призабойной и посадочной крепи. Металлические посадочные стойки имеют иные характеристики, т.е. обладают большей несущей способностью, большей жесткостью и используются в качестве режущей крепи со стороны выработанного пространства. Металлические призабойные и посадочные стойки (трения и гидравлические) относятся к категории **податливых крепей**. *Податливая крепь* — это крепь, которая под действием горного давления и смещения пород кровли может уменьшать свою высоту и поэтому не ломается (как это происходит с жесткими крепями), но при этом ее несущая способность не снижается. Индивидуальные крепи различных конструкций имеют отличающиеся по конструкции механизмы податливости, которые обеспечивают им соответственно и различные рабочие характеристики. В стойках трения положение выдвигаемых частей фиксируется с помощью замка специальной конструкции и клина или только с помощью клина. При этом за счет сил трения в замках, сдерживающих опускание выдвигаемых частей, предотвращается сближение боковых пород. Сила трения в гидравлических стойках создается жидкостью, находящейся в замкнутой полости цилиндра.

В гидравлических стойках за счет упругого сжатия жидкости и упругих деформаций их элементов имеется некоторая первоначальная податливость. По мере увеличения нагрузки сопротивление стоек достигает рабочих значений, которые за счет работы предохранительных клапанов поддерживаются на одном заданном уровне. Рабочие характеристики индивидуальных крепей приведены на рис. 14.1.

Посадочные стойки ОКУМ относятся к податливым стойкам трения с рабочей характеристикой нарастающего сопротивления (см. рис. 14.1). Они устанавливаются между рамами призабойной крепи непосредственно под кровлю так, чтобы замок был обращен к забою или развернут под углом 45°.

Перед разгрузкой посадочных стоек обязательна проверка состояния кровли, после чего выбивается клин. Передвинув посадочную стойку на новое место, вывинчивают основной винт до упора (до возможной раздвижности стойки), затем забивают клин. Начальный распор стойки производится вывинчиванием настроечного винта.

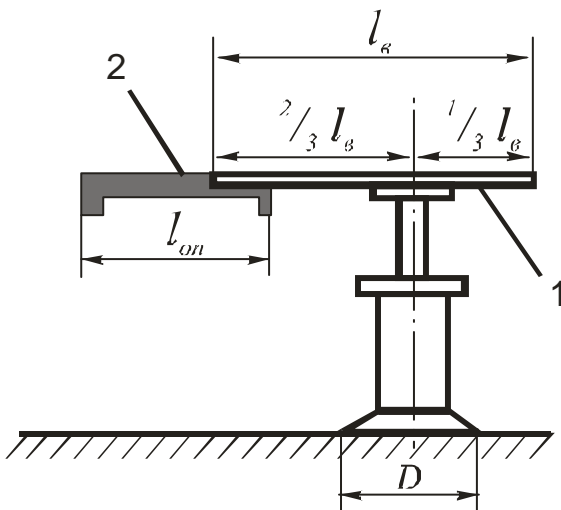
Пневматические костры типа ПМ применяются в лавах крутых пластов в качестве специальной крепи (в основном при плавном прогибе пород кровли) вместо переносных костров. Пневматические костры имеют ряд преимуществ — большой начальный распор и площадь контакта с породами, равномерная нагрузка и др.



1 — стойки нарастающего сопротивления (ОКУ, СТ); 2 — стойки пологонарастающего сопротивления; 3 — стойки постоянного сопротивления (ГС); h_T — самозатяжка в стойках трения, упругая податливость в гидростойках; R_H — начальное сопротивление при установке стойки; R_p — рабочее сопротивление стойки

Рисунок 14.1 — Рабочие характеристики индивидуальных металлических крепей

Технические характеристики индивидуальных стоек, рекомендуемых к эксплуатации, приведены в справочниках по горному оборудованию.



l_b — длина верхняка; $l_{оп}$ — длина навесной опоры; D — диаметр опоры стойки на почве

Рисунок 14.2 — Комплект индивидуальной крепи с

В комплекте индивидуальной металлической крепи применяются металлические верхняки с навесными опорами типа ВВ30 или ВВ30М, «Вик» (верхняк инвентарной крепи) или рессорные верхняки типа ВР (для малой мощности пластов).

Металлические верхняки с навесными опорами предназначены для консольного поддержания кровли, как на участке изгиба конвейера, так и по всей длине забоя (рис. 14.2).

Верхняки состоят из однотипных звеньев 1 и опоры 2. Звенья шарнирно соединяются между собой.

В исходном положении крепи (до выемки угля) на консольную часть звена навешена опора, а после прохода шнеков комбайна над конвейером консольно наращивается очередное

звено верхняка. После передвижки конвейера под консольное звено верхняка устанавливается стойка, опора снимается, переносится и раскрепляется на конце вновь установленного звена. При этом верхняк работает как призабойная крепь, а опора служит удлиняющим элементом консоли.

14.2.2 Определение конвергенции вмещающих пород в призабойном пространстве очистного забоя

Конвергенция — это сближение двух плоскостей, применительно к горному делу — кровли и почвы.

Опускание пород кровли в призабойном пространстве очистного забоя определяет не только устойчивость пород и их обрушаемость в выработанном пространстве, но и нагрузку на крепь, ее деформацию вплоть до потери несущей способности.

Максимальная высота призабойного пространства — у забоя лавы, минимальная — у посадочного ряда крепи (рис. 14.3).

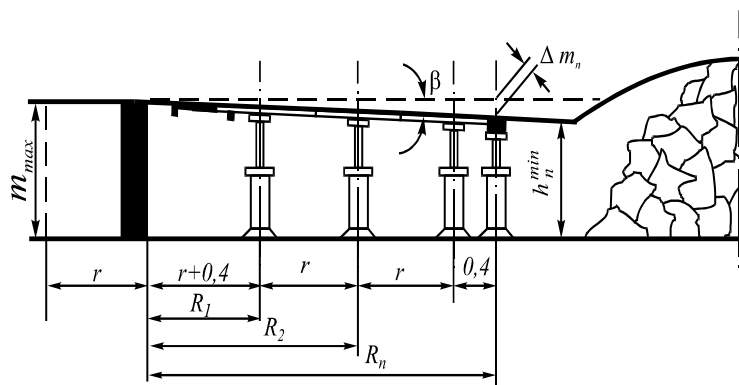


Рисунок 14.3 — Поперечное сечение очистного забоя с индивидуальной крепью

На расстояниях от забоя R_1, R_2, \dots, R_n высота призабойного пространства соответственно h_1, h_2, \dots, h_n , то есть уменьшается на величину $\Delta m_1, \Delta m_2, \dots, \Delta m_n$.

Отношение

$$\frac{\Delta m_1}{R_1} = \frac{\Delta m_2}{R_2} = \dots = \frac{\Delta m_n}{R_n} = \operatorname{tg} \beta \quad (14.1)$$

определяет значение тангенса угла наклона пород кровли при их опускании. Если эту величину отнести к мощности пласта, получим

$$\frac{\operatorname{tg} \beta}{m} = \frac{\Delta m_n}{R_n m} = \alpha. \quad (14.2)$$

Значение коэффициента сближения боковых пород α определяет категорию пород кровли по обрушаемости (см. табл. А.5).

Во всех случаях

$$\Delta m_n = m - h_n, \quad (14.3)$$

где h_n — высота призабойного пространства или

$$m - h_n = \alpha R_n m. \quad (14.4)$$

Таким образом, высота призабойного пространства h_n на расстоянии от забоя R_n будет равна

$$h_n = m(1 - \alpha R_n). \quad (14.5)$$

Максимальная высота призабойного пространства приходится на первый ряд стоек, минимальная — на посадочный ряд, где Δm будет *max*.

Величину h_n можно представить как:

$$h_n^{\max} = h_{\text{ст}}^{\max} + h_{\text{в}} + \alpha h_{\text{оп}}; \quad (14.6)$$

$$h_n^{\min} = h_{\text{ст}}^{\min} + h_{\text{в}} + \alpha h_{\text{оп}} + h_3, \quad (14.7)$$

где $h_{\text{ст}}$ — высота стойки (соответственно *max* и *min* высоты, табличные значения для данного типа стоек), м;

$h_{\text{в}}$ — высота верхняка, м;

$h_{оп}$ — высота съемной нижней опоры, м;

x — переменная, которая указывает на наличие или отсутствие опоры. При наличии опоры $x=1$ и $x=0$ при отсутствии опоры, т.е. стойка устанавливается на почву;

h_3 — запас раздвижности стойки для вывода ее из-под нагрузки, м.

Из уравнения (3.5) с учетом уравнений (3.6) и (3.7) для данных условий можно определить необходимые минимальную и максимальную высоты металлической стойки:

$$h_{min} = m_{min}(1 - \alpha R_{\kappa}) - h_{в} - x h_{оп} - h_3; \quad (14.8)$$

$$h_{max} = m_{max}(1 - \alpha R_o) - h_{в} - x h_{оп}, \quad (14.9)$$

где R_o и R_{κ} — соответственно расстояние в поперечном сечении призабойного пространства до первого и последнего ряда стоек, м.

Типоразмер металлической стойки устанавливается из условий:

$$h_{min}^T \leq h_{min}; \quad (14.10)$$

$$h_{max}^T \geq h_{max}, \quad (14.11)$$

где $h_{min}^T \leq h_{max}^T$ — соответственно возможная минимальная и максимальная высота стойки конкретного типоразмера, м.

Типоразмеры гидравлических стоек и их характеристики представлены в табл. 3.1.

Для условий крутонаклонных и крутых пластов коэффициент сближения боковых пород (α) для условий Донбасса равен 0,04. Тогда минимальная и максимальная высота стоек индивидуальной крепи определяется из выражения:

$$h_{min} = m_{min} - 0,5 h_{вз} - \alpha m_{min} R_{\kappa} - \Delta m - h_3; \quad (14.12)$$

$$h_{max} = m_{max} - 0,75 h_{вз} - \alpha m_{max} R_o - \Delta m, \quad (14.13)$$

где m_{min} и m_{max} — соответственно наименьшая и наибольшая мощность угольного пласта, м;

$h_{вз}$ — высота деревянного верхняка и затяжки по почве, м;

Δm — колебание мощности пласта, принимается $\pm 20\%$ от средней мощности, м;

0,5 и 0,75 — коэффициенты, учитывающие смятие верхняка (перед переноской стоек и от начального распора).

Выбор типоразмера стоек определяется по условиям (3.10) и (3.11).

Используя табличные данные, выбираем тип индивидуальной призабойной и посадочной крепей.

ТЕМА 15. РАСЧЕТ ПЛОТНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ КРЕПИ В ПРИЗАБОЙНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

15.1 При пологом и наклонном залегании угольных пластов

В большинстве случаев предпочтение необходимо отдавать крепи, состоящей из гидравлических стоек и металлических верхняков с меньшей общей массой.

На основании неравенств

$$h_{min}^T \leq h_{min}; \quad (15.1)$$

$$h_{max}^T \geq h_{max}, \quad (15.2)$$

$h_{min}^T \leq h_{min}; h_{max}^T \geq h_{max}$, выбирается размер стоек и тип верхняка.

По условию сопротивляемости на вдавливание верхнего слоя пород почвы проверяется возможность применения гидравлических стоек без дополнительных съемных опор из неравенства

$$F_c \geq P_c / (\bar{\sigma}_{вд} - 2\sigma), \quad (15.3)$$

где F_c — площадь нижней опоры гидравлических стоек, $F_c=0,016 \text{ м}^2$;

P_c — допустимая нагрузка на гидравлическую стойку, $P_c=0,3 \text{ МН}$;

$\bar{\sigma}_{вд}$ — среднее значение сопротивляемости верхнего слоя почвы вдавливанию, МПа;

σ — среднеквадратическое отклонение сопротивляемости верхнего слоя почвы вдавливанию, МПа, $\sigma = (0,08...0,12)\bar{\sigma}_{вд}$.

Если для конкретных горно-геологических условий выполняется неравенство (3.14), то гидравлическая стойка может быть использована без дополнительных съемных нижних опор. В противном случае определяется площадь нижних опор

$$F_{оп} = P_c / (\bar{\sigma}_{вд} - 2\sigma)$$

или их диаметр

$$D_{оп} = 0,64\sqrt{F_{оп}}. \quad (15.4)$$

В качестве посадочной крепи используется дополнительный ряд гидравлических стоек, крепь “Спутник”, стойки ОКУМ.

Применение специальной посадочной крепи требует проверки их раздвижности (выбор типоразмера) по уравнениям:

$$H_{min} = m_{min}(1 - \alpha R_k) - \theta; \quad (15.5)$$

$$H_{max} = m_{max}(1 - \alpha R_o), \quad (15.6)$$

где R_k и R_o — соответственно максимальное и минимальное расстояние от забоя до посадочного ряда (до переноски и после переноски посадочного ряда крепи), м;

θ — запас раздвижности крепи “Спутник” или ОКУМ, $\theta=(0,04\dots0,06)$ м.

Типоразмер посадочных стоек определяется по неравенству (15.1) и (15.2).

Расчет плотности установки крепи в призабойном пространстве лавы заключается в определении шага установки призабойной и посадочной крепей вдоль лавы. Шаг установки крепи рассчитывается по условиям **устойчивости пород кровли и сопротивлению вдавливания**.

Для конкретных условий *по устойчивости пород кровли* (классификация ДонУГИ) определяется максимально возможный шаг установки комплектов призабойной крепи вдоль линии забоя $l_{об}$ (м), при котором предотвращаются обрушения пород нижнего слоя кровли в закрепленном призабойном пространстве

$$l_{оп} = 3,2B + Г. \quad (15.7)$$

Минимально необходимая плотность крепи $P_{пр}$ (стоек/м²), обеспечивающая необходимое *сопротивление давлению пород кровли*, определяется из уравнения

$$P_{пр} = \frac{1}{P_c} \left(Q_n - \frac{Yq_n}{R_k} \right), \quad (15.8)$$

где Q_n — нижний предел суммарного сопротивления призабойной и посадочной крепи для данной категории пород по обрушаемости и мощности пласта, МПа; $Y=1$, если предусматривается установка посадочной крепи; $Y=0$, если установка посадочной крепи не предусматривается;

q_n — минимально необходимое сопротивление крепи посадочного ряда, МН/м.

Определив $P_{пр}$, устанавливаем расстояние между рамками призабойной крепи вдоль линии забоя $l_{соп}$ (м), при котором обеспечивается ее минимально необходимое сопротивление давлению пород кровли, по формуле

$$l_{соп} = \frac{N}{R_k P_{пр}}, \quad (15.9)$$

где N — количество гидростоек в комплекте призабойной крепи (в поперечном сечении лавы), шт., при максимальной ширине призабойного пространства R_k (перед передвижкой посадочного ряда).

Окончательно шаг установки комплектов (рам) призабойной крепи вдоль линии забоя l_p принимается из выражения

$$l_p = \min\{l_{об}; l_{соп}\}, \quad (15.10)$$

но с учетом категории пород по устойчивости (классификация ДонУГИ).

Величина l_p округляется в меньшую сторону с точностью до 0,1 м.

Если в паспорте крепления очистного забоя (технологической схеме) предусматривается установка посадочной крепи, необходимо установить максимально возможное расстояние между посадочными стойками

$$l_{\text{пос}} = \frac{P_{\text{пк}}}{q_{\text{п}}}, \quad (15.11)$$

где $P_{\text{пк}}$ — допустимая нагрузка на стойку посадочной крепи, МН. Для гидравлической стойки $P_{\text{пк}}=0,3$ МН, “Спутник” — 0,8 МН.

Расчетная величина принимается в качестве шага установки посадочной крепи $l_{\text{пос}}$.

Необходимость посадочного ряда стоек для конкретной категории пород по обрушаемости доказывается следующим образом.

Находим

$$Q_{\text{н}} = P_{\text{пр}}P_c + \frac{Yq_{\text{п}}}{R_{\text{к}}}. \quad (15.12)$$

При отсутствии посадочных стоек получаем

$$Q_{\text{н}} = P_{\text{пр}}P_{\text{ст}}. \quad (15.13)$$

Сравнивая расчетное значение $Q_{\text{п}}$ по величине $P_{\text{пр}}$ для данной категории пород по обрушаемости и мощности пласта с табличным $Q_{\text{н}}^{\text{т}}$, имеем $Q_{\text{н}} \geq Q_{\text{н}}^{\text{т}}$.

Пример. Категория пород кровли по обрушаемости A_2 , мощность пласта $\bar{m}=0,9$ м. Из таблицы имеем:

$$P_{\text{пр}}=(0,67...1,00) \text{ ст/м}^2;$$

$$Q_{\text{н}}^{\text{т}}=0,25 \text{ МПа.}$$

Крепление лавы осуществляется гидростойками с $P_{\text{ст}}=0,3$ МН.

1. При $P_{\text{пк}}=0,67 \text{ ст/м}^2$

$$Q_{\text{н}}=0,3 \times 0,7=0,21 \text{ МПа.}$$

2. При $P_{\text{пк}}=1,0 \text{ ст/м}^2$

$$Q_{\text{н}}=0,3 \times 1,0=0,3 \text{ МПа.}$$

В первом случае расчетное значение $Q_{\text{н}}$ меньше табличного $Q_{\text{н}}^{\text{т}}=0,25$ МПа и посадочный ряд необходим.

Во втором случае $Q_{\text{н}} > Q_{\text{н}}^{\text{т}}$ посадочный ряд не нужен.

15.2 При крутонаклонном и крутом залегании угольных пластов

При выборе типоразмера и плотности призабойной крепи следует учитывать состав и строение пород кровли и почвы, характер их поведения, мощность пласта и ее колебания в пределах выемочного участка, значение величины сближения боковых пород и возможное ее колебание. Это значение определяется с учетом величин динамического сближения пород от проявления внезапных выбросов угля и газа, высыпаний угля на сравнительно большой площади и осадок основной кровли.

Определяется минимальная и максимальная высота стоек индивидуальной крепи. Это дает возможность выбрать типоразмер стоек по таблице.

Деревянная крепь применяется при любой технологии выемки угля (молотковая, комбайновая). Металлическая крепь рекомендуется для комбайновой выемки. В кровле и почве применяются деревянные распилы или обаполы.

Согласно “Инструкции по управлению горным давлением в очистных и подготовительных выработках при разработке угольных пластов с углом падения свыше 35°”, Донуги, 1988 г., плотность призабойной крепи зависит от класса вмещающих пород, технологии выемки (комбайновая, молотковая) и участка очистного забоя.

При разработке паспорта крепления очистного забоя наряду с плотностью крепления необходимо учитывать вынимаемую мощность пласта, а также заполняемость выработанного пространства обрушенной породой, которая определяется отношением мощности обрушаемых пород непосредственной кровли (h) к мощности разрабатываемого пласта. Параметры сопротивления призабойной и посадочной крепи определяются по табличным данным.

ТЕМА 16. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ И ИХ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ. РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

16.1 Классификация механизированных крепей и их составные части

Крепь, предназначенная для поддержания боковых пород над призабойным пространством очистной выработки, сохраняющая его в рабочем и безопасном состоянии и обеспечивающая механизацию процессов крепления и управления кровлей и передвижение забойного оборудования, называется *механизированной*. Все современные механизированные крепи гидрофицированы.

Гидропривод такой крепи включает: насосы постоянной производительности 1, рабочую жидкость, трубопроводы 2, 3, распределительные и регулирующие устройства 4, гидродомкраты передвижения секций 5 и исполнительные органы крепи — гидростойки 6 (рис. 16.1).

В качестве рабочей жидкости используется водомасляная эмульсия, состоящая из 98% воды и 2% специальной присадки.

В качестве классификационных признаков для классификации механизированных крепей приняты следующие:

- по способу взаимодействия с боковыми породами;
- по схеме передвижки секций;
- по наличию кинематических связей между элементами крепи и другими машинами комплекса.

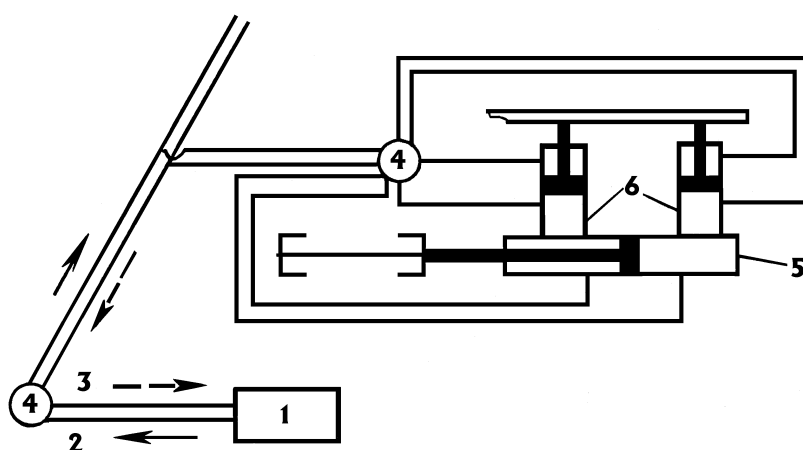


Рисунок 16.1 — Система гидропривода

Механизированные крепи *по характеру взаимодействия с боковыми породами* подразделяются на: **поддерживающие, поддерживающе-**

оградительные, оградительно-поддерживающие и оградительные (рис. 16.2).

К первому типу относятся *поддерживающие крепи*, поддерживающие породы в пределах всего рабочего пространства очистного забоя.

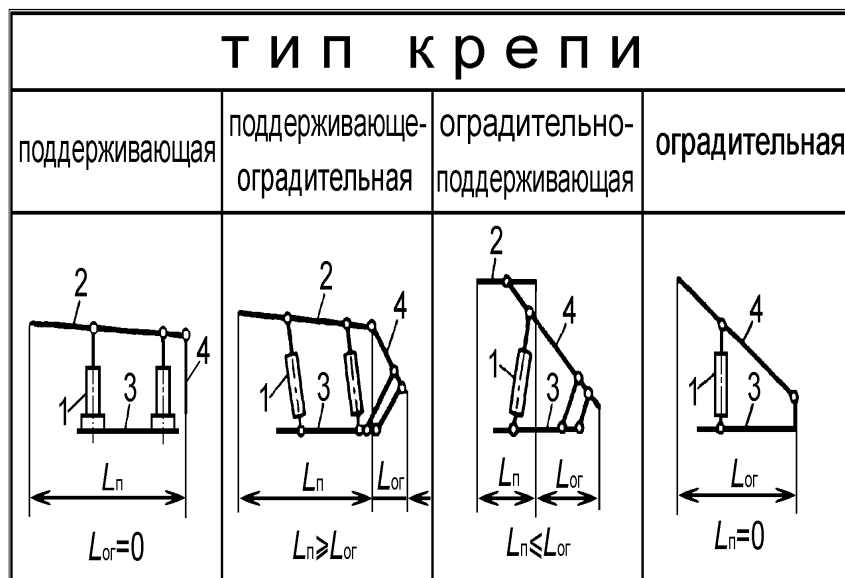
Оградительные крепи защищают рабочее пространство от проникновения в него обрушенных пород.

Поддерживающе-оградительные крепи в основном поддерживают породы кровли в очистном пространстве, а оградительная часть препятствует проникновению обрушенных пород кровли со стороны выработанного пространства.

Механизированные крепи *по схеме передвижки* подразделяются на крепи, у которых секции перемещаются по следующим схемам:

- *фланговая схема*, когда передвижка осуществляется поочередно вслед за подвиганием комбайна;
- *фронтальная схема* — передвижка осуществляется одновременно по всей длине забоя;
- *групповая схема* — передвижка секций в “шахматном” порядке, через одну.

Схема передвижки секций зависит как от их конструктивных особенностей, так и от конкретных горно-геологических условий.



1 — несущие стойки; 2 — поддерживающая часть перекрытия; 3 — основание крепи; 4 — оградительная часть крепи; $L_{ог}$ — длина оградительной части перекрытия; $L_{п}$ — длина поддерживающей части перекрытия

Рисунок 16.2 — Типы механизированных крепей по способу взаимодействия с боковыми породами

По кинематическим связям механизированные крепи разделяются на **комплектные** и **агрегатные**. *Комплектные крепи* не имеют связей между комплектами и забойным конвейером.

Агрегатные крепи имеют силовые связи между собой и с забойным конвейером.

Более маневренными, мобильными, легко заменяемыми, независимыми являются комплектные крепи. Но они менее устойчивы и требуют дополнительных операций по передвижке конвейера.

Механизированные крепи поддерживающего типа являются агрегатными или комплектными. Оградительные, оградительно-поддерживающие и поддерживающе-оградительные крепи являются в основном агрегатными.

Кроме того, механизированные крепи подразделяются на крепи с **“резервированием хода” на шаг передвижки** (готовые передвинуться к конвейеру и затем передвинуть его) и **“без резервирования хода”** (готовые передвинуть конвейер, а затем передвинуться к забою). У последних, как правило, имеются выдвижные верхняки, осуществляющие временное крепление свежих обнажений.

Применение тех или иных типов механизированных крепей зависит, прежде всего, от категории пород кровли и почвы по устойчивости и обрушаемости, а также от угла падения угольного пласта.

К механизированным крепям предъявляются следующие требования:

- надежное обеспечение поддержания кровли в призабойном пространстве;
- управление кровлей со стороны выработанного пространства очистного забоя;
- защита призабойного пространства от проникновения обрушенных пород;
- механизированная передвижка конвейера как вслед за подвиганием комбайна, так и одновременно по всей длине лавы;
- скорость передвижки крепи должна быть не менее скорости движения комбайна;
- обеспечение свободного прохода для людей шириной не менее 0,7 м и высотой 0,5 м.

Механизированная крепь состоит из следующих основных элементов:

- **поддерживающие** — перекрытие кровли пласта, поддерживающее ее и предотвращающее высыпание пород в призабойном пространстве;
- **несущие** — гидравлические стойки одинарной или двойной раздвижности;
- **опорные** — цельное основание секций или опоры несущих гидравлических стоек;
- **защитные или оградительные**, предотвращающие попадание со стороны выработанного пространства обрушенной породы;
- **гидродомкраты передвижки** и управления перекрытиями.

Поддерживающие элементы крепи выполнены в виде цельнометаллического перекрытия с **рессорными консолями**, с

выдвижными верхняками и опорами, поддерживающими верхнюю пачку угольного пласта от обрушения.

Несущие элементы — гидравлические стойки. Механизированные крепи могут быть **одностоечными, рамными и кустовыми**. В зависимости от числа рядов стоек они бывают **однорядными, двухрядными и трехрядными**.

На тонких и средней мощности пологих и крутых пластах рекомендуется применять крепи двойной гидравлической раздвижности и постоянного сопротивления. При распоре такой стойки вначале выдвигается первая ступень, затем вторая. В момент распора реакция стоек составляет 100...400 кН. По мере роста внешней нагрузки реакция возрастает до рабочего сопротивления.

Давление, при котором срабатывает предохранительный клапан и происходит эффект податливости, составляет около 50 МПа. Предохранительный клапан служит для обеспечения заданного сопротивления стоек сближающимся боковым породам, а также для предохранения основных элементов крепи от перегрузки.

Гидродомкраты механизированных крепей выполняют функции по передвижению секций, базовых элементов, конвейера, выдвижных или подвижных элементов перекрытия и др.

По характеру работы гидродомкраты бывают **одностороннего** и **двустороннего** гидравлического действия. По характеру конструкции — **одинарной** и **двойной** раздвижности. Наибольшее применение нашли гидродомкраты одинарной раздвижности. Раздвижность гидродомкрата равна ширине захвата выемочной машины или кратна ей.

16.2 Особенности механизированных крепей на крутых и наклонных пластах

При подвигании лав по простиранию на крутых и наклонных пластах крепь и весь выемочный комплекс сползают по падению пласта под влиянием гравитационных сил и сдвижения вмещающих пород.

Чтобы предотвратить сползание и опрокидывание секций, их увязывают в единую кинематическую систему и производят передвижение крепи с активным подпором, путем последовательного передвижения секций подтягиванием их к предварительно передвинутой базе крепи с опорой на соседние секции.

При разработке крутых пластов одним из перспективных направлений является применение комплексов и агрегатов с щитовой оградивительно-поддерживающей крепью, работающих по падению пласта. Опускание щитовых крепей осуществляется путем принудительного подтягивания их к конвейеростругу. Особенностью такой крепи является то, что ее секции опираются на забой не у почвы пласта, а в его середине через маятниковые опоры, проходящие через балку конвейероструга. Перед посадкой крепи направляющая балка конвейероструга выдвигается в крайнее положение к

забою и закрепляется с помощью посадочных стоек, а затем к ней одновременно по всей лаве подтягиваются секции крепи.

16.3 Современные механизированные крепи для тонких и средней мощности пластов пологого и крутого падения

В условиях разработки тонких и средней мощности пологих и наклонных пластов применяются крепи поддерживающего и поддерживающе-оградительного типа.

Крепь 1М103 (рис. 16.3) — поддерживающего типа и агрегатирована с конвейером. Она состоит из четырехстоечных секций (2+2) со стойками 3 двойной раздвижности постоянного сопротивления, каждая из которых через жесткую балку 2 соединена со ставом конвейера и состоит из задней части перекрытия 5, опирающейся на две стойки посадочного ряда, средней части 4 с опорой на забойный ряд стоек и двух призабойных консолей 1, поддерживаемых своими гидропатронами.

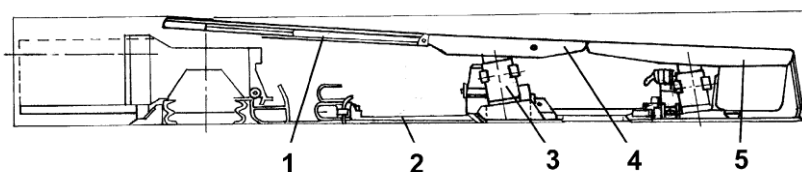


Рисунок 16.3 — Крепь 1М103

Мощность
обслуживаемых
пластов 0,7...1,0 м.
Крепь
предназначена для
работы в условиях
категории пород
кровли по
устойчивости

нижнего слоя не менее Б₃ (работает с постоянным подпором), по обрушаемости до А₃ включительно, по устойчивости почвы П₃.

Соседние секции крепи 1М103 попарно соединены друг с другом у оснований с помощью направляющей трубы, что позволяет применять крепь при углах падения пластов до 35°.

Достоинства крепи заключаются в возможности двухстороннего дистанционного управления передвигаемой секцией из-под соседних секций и высокий начальный распор (до 600 кН).

В исходном положении (до прохода комбайна) основания секций оттянуты от забоя на ширину захвата (0,8 м), крепь готова к передвигке к забою после прохода комбайна. Передвижку секции крепи производят обычно последовательно (при скорости комбайна до 2,5 м/мин), возможна передвижка через одну (при большей скорости выемки) с последующим подтягиванием остальных неподвинутых секций.

Крепь “Донбасс-90” — поддерживающе-оградительного типа (рис. 16.4), соединена с забойным конвейером гидродомкратом передвижки.

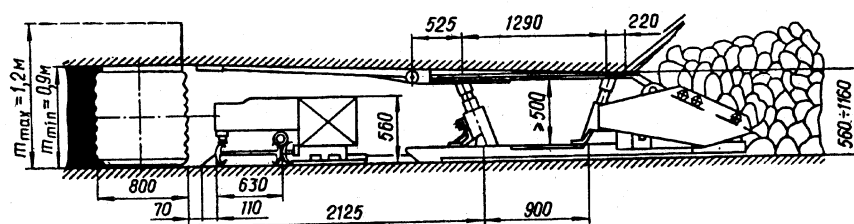


Рисунок 16.4— Крепь КД90

Крепь применяется при мощности пласта 0,8...1,2 м при углах падения до 35°. Секция крепи состоит из четырех гидростоек двойной раздвижности, постоянного сопротивления, жесткого основания, верхнего и оградительного перекрытия. Конструкция крепи предусматривает возможность передвижки с активным подпором или с отрывом перекрытия от кровли. К передней консоли перекрытия шарнирно подвешены рессорные верхняки, поджимаемые к кровле передней парой гидростоек через промежуточные рычаги. Задняя консоль перекрытия связана с оградительным перекрытием, которое двумя спаренными траверсами, образующими шарнирный четырехзвенник, соединена с основанием секции.

Система передвижения секций состоит из домкрата и жесткой рамы, расположенных по середине основания, жесткая рама кинематически связана с забойным конвейером.

Управление секцией осуществляется дистанционно, из-под секции, расположенной рядом. Вслед за проходом комбайна готовые к передвижке гидростойки секции крепи разгружаются, после чего секция с активным подпором передней пары гидростоек подтягивается механизмом передвижения к конвейерному ставу (шаг передвижки 0,8 м), гидростойки распираются, в результате чего обнаженная кровля подхватывается верхняками с козырьками.

Оградительное перекрытие защищает рабочее пространство лавы с боковых сторон и со стороны выработанного пространства от обрушающейся породы кровли и осуществляет неизменную в плоскости пласта шарнирную связь основания и перекрытия, чем обеспечивается направленное перемещение секции крепи при передвижке.

Крепи предназначены для работы в условиях пород кровли по обрушаемости A_2 , устойчивости нижнего слоя B_3 и почвы P_2 .

Крепь МК98 (рис. 16.5) — поддерживающего типа, комплектная, состоит из отдельных комплектов, кинематически не связанных друг с другом и с забойным конвейером.

Крепь предназначена для разработки угольных пластов мощностью 0,70...1,25 м, с углом падения до 20°.

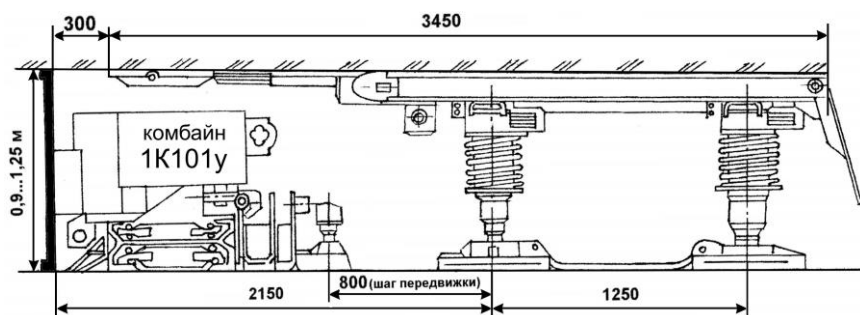


Рисунок 16.5 — Комплекс механизированный КМК98М

Комплект включает в себя две двухстоечные секции рамного типа, соединенные между собой рессорной межсекционной связью и домкратом передвижки секций, расположенным у кровли между секциями, являющимся направляющей базой при передвижке последних.

Каждая секция комплекта состоит из двух одинаковых стоек двойной гидравлической раздвижности с тарельчатыми опорами на почву, перекрытия, ограждения, секционного гидрооборудования. Для передвижки забойного конвейера служат специальные гидродомкраты, которые с помощью хомутов соединены с одной из стоек каждого четвертого комплекта и подключены к гидрораспределителю этого комплекта.

Секции крепи МК98 в исходном положении располагаются по линейной, оттянутой от конвейера схеме. Это создает условие машинисту и его помощнику удобно управлять комбайном, находиться в бесстоечном пространстве.

Шаг установки комплектов 1,6 м, ширина перекрытий секций — 0,5 м. Шаг передвижки секций 0,8 м. При передвижении одна из секций разгружается, ее стойки поднимаются вверх и отрываются от почвы, перемещаются вперед и, стойки опускаясь на почву, распираются. Крепь как бы “шагает”.

Применение комплектной крепи является экономически эффективным. Это объясняется простотой конструкции комплекта, верхним расположением домкрата, хорошей приспособляемостью к изменению залегания пласта, мобильностью комплекта, отсутствием связи с конвейером и невысокой стоимостью монтажно-демонтажных работ.

Область применения крепи ограничена категорией пород кровли по обрушаемости А₂, по устойчивости Б₄, и устойчивости почвы П₃.

В исходном положении конвейер передвинут к забою, передние стойки секций комплектов крепи по всей длине лавы отстают от конвейера на расстояние, обеспечивающее передвижку секции на захват комбайна (0,8 м). Кровля над конвейером поддерживается управляющими консолями

перекрытий. По мере подвигания комбайна передвигаются секции крепи, подхватывая свежееобнаженную кровлю в уступе забоя.

Для условий угольных пластов средней мощности на пологом и наклонном падении наибольшее распространение получили крепи поддерживающего и оградительно-поддерживающего типа.

Крепи 1М88 и 2М87УМН (рис. 16.6 а, б) — поддерживающего типа имеют один домкрат передвигки, агрегатированы с забойным конвейером.

Эти крепи двухстоечные рамного типа, стойки двойной раздвижности.

Перекрытия крепей сплошные и поддерживают кровлю по всей ширине секции, коэффициент затяжки кровли до 0,9, шаг установки секции 0,95 м.

Между секциями крепи имеются направляющие балки, которые через специальный кронштейн связаны с конвейером, обеспечивают направленное движение секции и удерживают конвейер от сползания вниз.

Крепь 1М88 предназначена для применения на пластах с углом падения до 15°, мощностью 1,0...1,3 м. Крепь не имеет механизма для обеспечения боковой устойчивости секций, снабжена легким шарнирным ограждением со стороны выработанного пространства.

Крепь 2М87УМН отличается наличием у оснований каждой секции специального гидравлического устройства, которое не допускает бокового наклона разгруженной передвигаемой секции, а также наличием со стороны выработанного пространства П-образного щитка, надежно ограждающего рабочее пространство от проникновения обрушенных пород. Для подпитки гидропатронов механизма устойчивости секций по лаве проложен третий магистральный трубопровод.

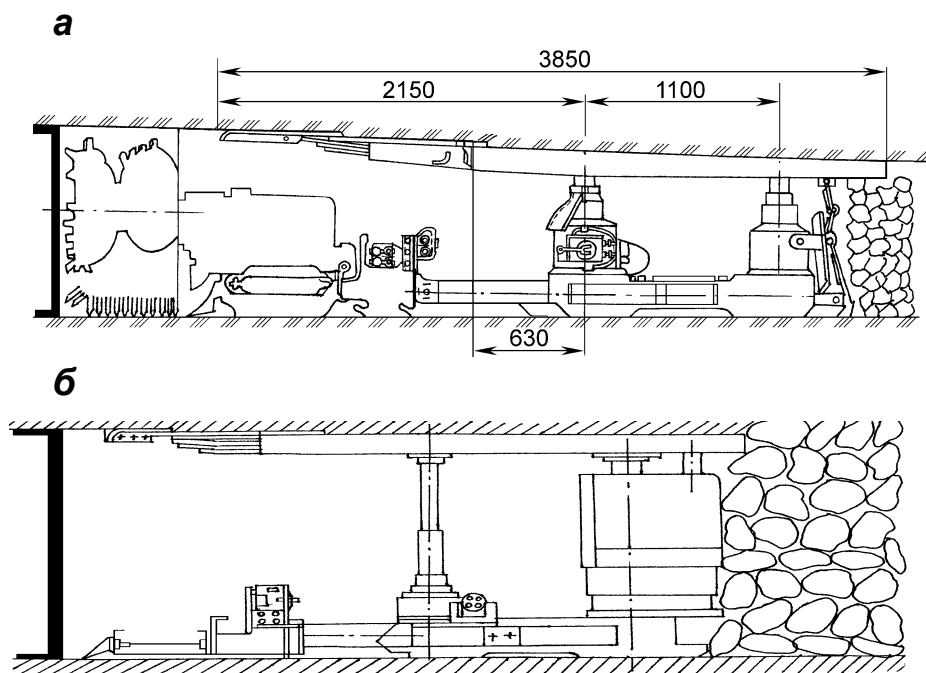


Рисунок 16.6 — Крепи 1М88 (а) и 2М87УМН (б)

Крепь 2М87УМН применяется для разработки пластов мощностью 1,25...1,95 м при углах падения до 35°.

Крепи 1М88 и 2М87УМН предназначены для работы в условиях пород кровли по устойчивости Б₄ и обрушаемости А₂, устойчивой почвы. Шаг передвижки крепи 0,63 м.

Исходное положение крепи — конвейер передвинут к забою, секции готовы для передвижки и поддержания новых обнажений кровли вслед за подвиганием комбайна. Передвижка секций может осуществляться последовательно, одна за другой, или через одну или две (в зависимости от устойчивости кровли и скорости движения комбайна).

Крепь М87УМП отличается уплотненной расстановкой секций — группами — две секции крепи М87УМН шириной 0,95 м и три секции — шириной 0,63 м. Длина такой группы секций составляет 4 м, т.е. на каждый метр длины лавы устанавливается 2,5 ст/м. У крепи М87УМН на такую же длину приходится четыре секции с плотностью крепи 2,0 ст/м. Таким образом плотность крепи увеличивается на 25%.

При немонолитной основной кровле крепь М87УМП применима в лавах с труднообрушаемой кровлей (А₃), но при наличии средней устойчивости и кровли, и почвы.

Крепь М87УМП выпускается двух типоразмеров: для мощности пласта 1...1,4 м, и 1,25...1,95 м, при углах падения до 20°. Схема работы крепи М87УМП аналогична М87УМН.

Крепь М87УМС — поддерживающая, комплектная, разработана специально для применения со струговыми установками.

В комплект крепи входят две двухстоечные секции, связанные друг с другом механизмом передвижки в виде направляющей телескопической балки, расположенной между основаниями; с балкой соединяются штоки гидродомкратов передвижки секции.

Комплекты крепи не связаны со ставом конвейера струговой установки, которая подается на забой обособленной системой гидроцилиндров, каждый из которых опирается на отрезки цепи, проходящей через проушины этих домкратов и анкеруются концами к основаниям секций.

Ширина по перекрытию комплекта — 1,6 м, шаг установки — 2 м, шаг передвижки секции — 1,3 м.

Крепь М87УМС изготавливается двух типоразмеров: первый для мощности пласта 1,0...1,4 м, второй — 1,25...1,95 м при углах падения до 20°.

Характеристика вмещающих пород такая же, как для крепи М87УМН.

В исходном положении секции комплектов располагаются в “шахматном” порядке: опережающие секции придвинуты к конвейеру, а отстающие находятся от конвейера на расстоянии, равном шагу передвижки крепи, гидродомкрат передвижки “заряжен”.

При отработке стругом полосы пласта шириной 0,65 м отстающие секции поочередно разгружаются и передвигаются на 1,3 м, располагаясь впереди опережающих.

После полного выхода гидродомкрата передвижки домкрат подтягивается, один конец цепи отсоединяется от передвигаемой секции и прикрепляется к ней вновь по окончании ее передвижки и распора.

Далее цикл выемки и передвижки секций комплектов крепи повторяется аналогично.

Передвижка секций крепи производится в нескольких местах лавы — в “паевом” порядке, без прекращения работы струговой установки.

При относительно слабой породе непосредственной кровли, чтобы уменьшить ширину обнажаемой её полосы в призабойной зоне, можно уменьшить шаг передвижки крепи до 0,3 или 0,4 м. При породах кровли Б₅ крепь устанавливают линейно, вдоль забоя, что обеспечивает удобное передвижение по лаве рабочих.

Крепь МТ (рис. 16.7) — поддерживающая, агрегатированная с конвейером двумя домкратами передвижки. Крепь четырехстоечная, двойной раздвижности, постоянного сопротивления. Перекрытие секции цельное, со стороны забоя оно имеет три рессорных пакета, к которым прикреплен широкий призабойный козырек, податливо поддерживающий призабойную полосу кровли. Возможен вариант с гидроподжимным козырьком.

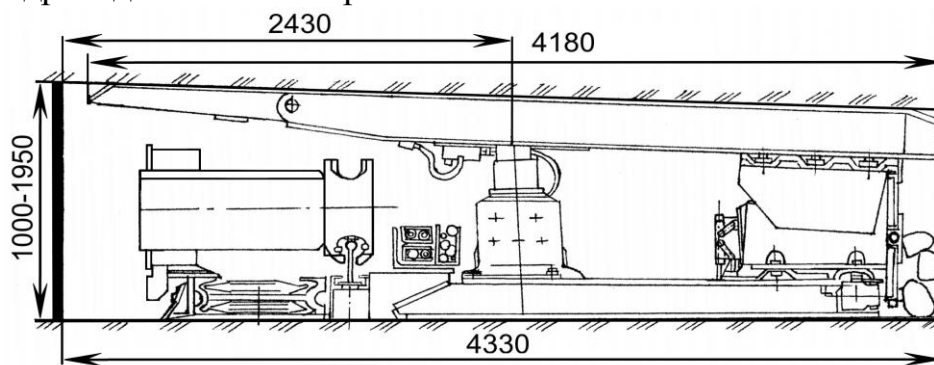


Рисунок 16.7— Крепль МТ

Направляющая балка соединена с бортом забойного конвейера. Два домкрата передвижки секций, расположенные в направляющих балках, связаны с основаниями секций обрезками цепи через кронштейны, закрепленные на основании секции с двух сторон. Крепль МТ отличается от крепи М87УМН (обе предназначены для выемки пластов одинаковой мощности и углов падения) повышенным в 2,5 раза сопротивлением секций и призабойных козырьков, увеличенным коэффициентом затяжки кровли, возможностью передвижки секции с остаточным подпором. Все это позволяет применять крепи МТ в лавах с труднообрушаемой основной и ниже средней устойчивости непосредственной кровлей.

Технологическая схема применения крепи МТ аналогична схеме использования крепи М87УМН.

Крепь МК75 (рис. 16.8) — поддерживающе-оградительная, состоит из секций, каждая из которых соединяется с забойным конвейером гидродомкратом передвижки.

Крепь состоит из поддерживающего перекрытия 1 с гидроподжимным козырьком 2, двух гидростоек 3 одинарной раздвижности, оградительного щитка 5 со стороны выработанного пространства, основания — опоры секций на почву, двух домкратов передвижки 4, расположенных с боков секций.

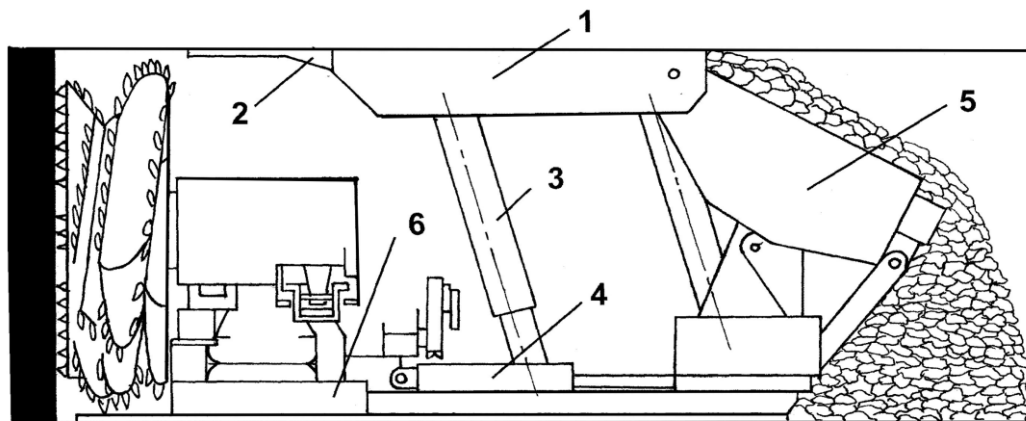


Рисунок 16.8 — Крепь МК75

Мощность обслуживаемых пластов 1,6...2,2 м, с углом падения до 35°. Вмещающие породы по устойчивости не ниже Б₃, по обрушаемости — А₂, устойчивость кровли — П₂.

Носки основания секций 6 при передвижке входят в отсеки под решетками конвейера, благодаря чему обеспечивается большая площадь опоры основания секции и снижение давления на почву (минимальное по сравнению с другими крепями). Кроме того, обеспечивается направленная передвижка секции, которая может осуществляться с активным подпором. Шаг передвижки секции 0,7 м, шаг установки (ширина секции) 1,1 м, коэффициент затяжки кровли 0,95.

Секции крепи могут передвигаться вслед за комбайном последовательно, через одну или две, а также в любом месте лавы в случае опережающего обнажения кровли.

Крепи семейства КДД (рис. 16.9) — общим недостатком механизированных крепей с двухрядным расположением несущих гидравлических стоек является достаточно большое загромождение призабойного пространства, что затрудняет передвижение людей по лаве.

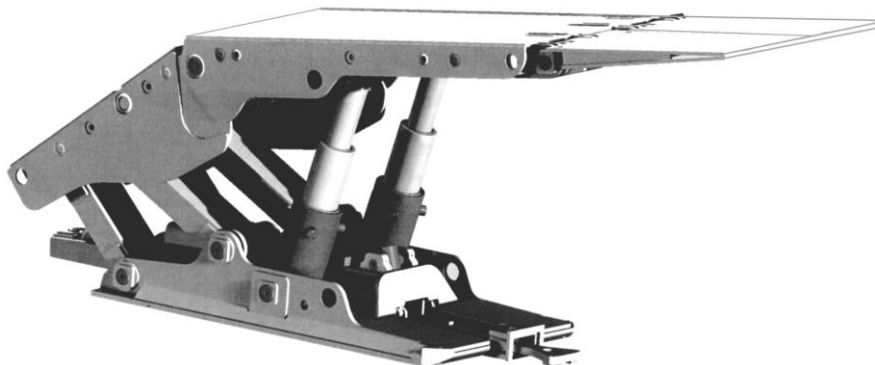


Рисунок 16.9 — Крепь КДД

В последнее время крепи типа КД изготавливаются с однорядным расположением гидростоек, к ним относятся крепи КДД.

Это крепи нового поколения, с большим удельным сопротивлением крепь ($350 \dots 530 \text{ кН/м}^2$), с меньшим давлением на почву (не более 1,5 МПа).

Применение этих крепей улучшает условия поддержания непосредственной кровли в призабойном пространстве очистного забоя за счёт увеличения усилий прижатия подвижных (управляемых) консолей секций крепи, сокращения длины консолей, а также обеспечения возможности гидроуправления их положением.

Применение крепей типа КДД повышает удобство обслуживания благодаря наличию “двойного” рабочего прохода перед гидростойками крепи.

При работе на пластах со слабыми почвами повышается темп крепления за счёт снижения удельных давлений на “носке” основания и наличия механизма его подъёма.

Последней модификацией крепей КДД являются крепи КДДТ и КДДМ.

Крепь КДДТ обладает повышенной поддерживающей способностью ($700 \dots 900 \text{ кН/м}^2$), что позволяет применять ее в условиях тяжелых кровель (A_3). Короткие подвижные консоли обладают высоким усилием прижатия к кровле (более 600 кН).

Крепь КДДМ в отличие от КДДТ имеет более длинные консоли с высоким усилием прижатия к кровле пласта.

Повышение скорости крепления за счёт оптимизации гидросистемы, улучшение основных и эксплуатационных особенностей крепи КДДМ эффективно работают в условиях малоустойчивых кровель.

Крепи типа КДД выпускаются нескольких типоразмеров и применяются на пластах мощностью 1,0...2,5 м, при углах падения до 35°.

Длина комплексов в поставке до 240 м.

Крепи применяются при выемке угля комбайнами и стругами.

Крепь 2УКП (рис. 16.10) — оградительно-поддерживающая, агрегатированная с конвейером. Крепь состоит из козырька 1, поддерживающего кровлю у забоя, перекрытия 2, ограждающего рабочее пространство лавы от проникновения обрушенных пород, двух гидростоек двойной раздвижности 3 (однорядное расположение) и основания 4.

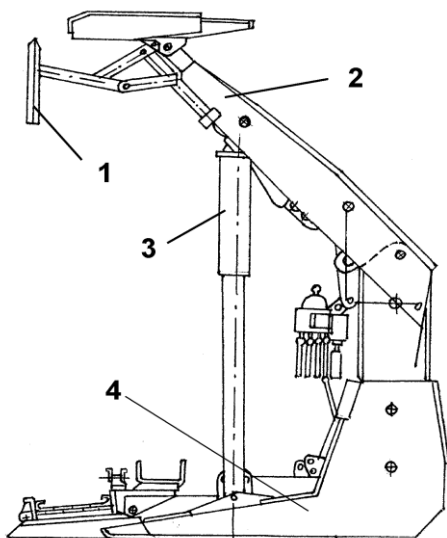


Рисунок 16.10— Крепь 2УКП

Крепь может быть применена в следующих условиях: мощность пласта 1,2...2,5 м, угол падения до 35°, устойчивость пород кровли Б₃, обрушаемость — А₂, почва — П₂.

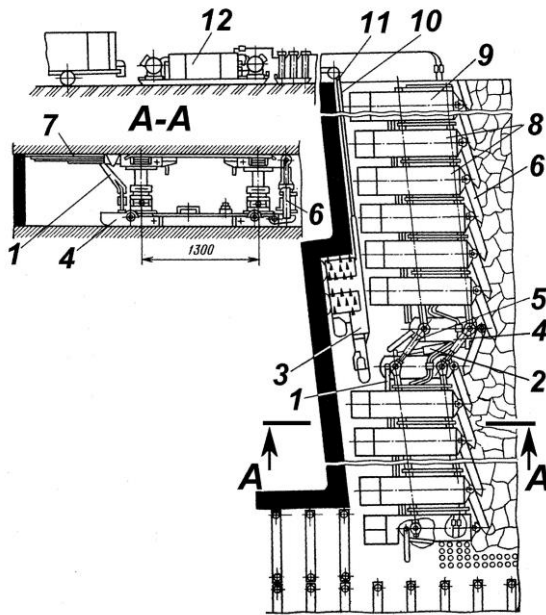
Передвижка секции производится одним гидродомкратом, посредством которого передвигается и забойный конвейер. Гидродомкрат связан с забойным конвейером с помощью направляющей балки, расположенной в средней части основания секции.

Гидростойки секции могут устанавливаться ближе к конвейеру (крепь подтянута к конвейеру) и ближе к завальной стороне (крепь готова к передвижке).

В последнем случае обеспечивается удобство управления комбайном, но уменьшается сопротивление крепи по поддержанию кровли (шире призабойное пространство).

В условиях крутонаклонных и крутых угольных пластов применяются следующие крепи.

Крепь КГУ-Д (рис. 16.11) — поддерживающе-оградительного типа



1, 6 — соответственно переднее и заднее ограждения секции; 2 — домкрат передвижки; 3 — комбайн; 4 — упруго-шарнирное основание секции; 5 — штанга; 7 — верхнее рессорное перекрытие секции; 8, 9 — соответственно линейные и концевые секции крепи; 10, 11 — соответственно рабочий и предохранительный канаты комбайна; 12 — маслостанция

Рисунок 16.11— Крепь КГУ-Д

соседней секции.

состоит из однотипных секций, последовательно соединенных гидравлическими штангами; базовой балки; гидродомкратов передвижки; аппаратуры дистанционно-автоматизированного управления. Применяется при отработке лав по простиранию.

Кинематическая связь секций осуществляется через базовые балки групп секций (по восемь секций), к которым гидродомкратами присоединены секции.

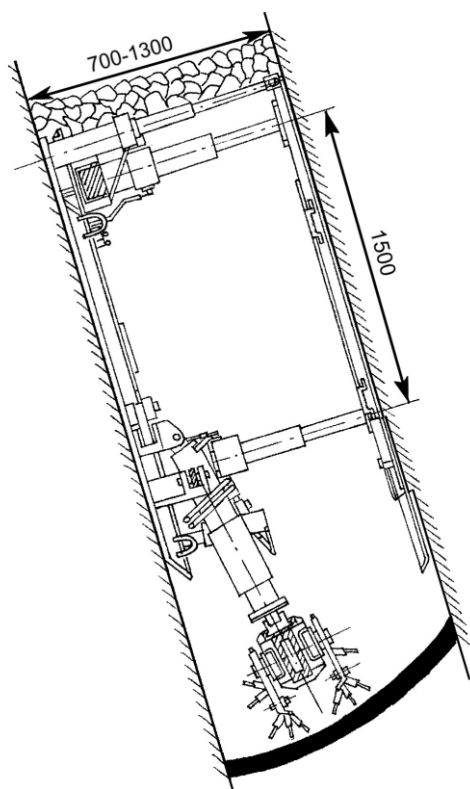
Область применения: мощность вынимаемых пластов 0,6...1,5 м, угол падения больше 35° , вмещающие породы средней устойчивости.

Секции крепи КГУ-Д имеют перекрытие, две гидравлические стойки двойной раздвижности, основание, ограждение.

Управление секциями обеспечивается в автоматизированном режиме со штрека, дистанционным — с

Шаг передвижки секций 0,9 м, коэффициент затяжки кровли 0,8.

В кинематической схеме передвижения секций заложен принцип направленного передвижения, при котором конечное положение их по простиранию пласта определяется длиной хода гидродомкрата передвижки, а по падению — длиной сомкнутых телескопических штанг, что обеспечивает сохранение прямолинейности крепи по падению и параллельности секций между собой. Наличие фиксаторов на телескопических штангах нижней концевой секции позволяет при необходимости производить подъем крепи по восстанию и опускание ее за счет изменения хода телескопических штанг.



Крепь щитового агрегата АНЩ (рис. 16.12) — поддерживающе-оградительного типа, применяется при отработке угольных пластов с углом падения более 35° широкими полосами по падению, мощностью 0,7...1,3 м при боковых породах не ниже средней устойчивости, малообводненных.

Крепь агрегата состоит из поочередно передвигаемых двух групп двухстоечных секций, основных и вспомогательных, чередующихся через одну, соединенных между собой по основаниям 1 в один блок двумя рядами связей по заднему и переднему рядам стоек. Гидродомкраты подачи 3 и качания 2 образуют механизм передвижки конвейероструга по падению и мощности пласта. Шаг передвижки — 0,63 м.

В исходном положении секции крепи расперты между кровлей и почвой пласта.

Рисунок 16.12 — Крепь щитового агрегата АНЩ

Передвижка крепи осуществляется в два этапа. На первом этапе снимается распор с вспомогательной секции комплекта, включаются гидродомкраты передвижки, производится перемещение секции на забой и её распор. На втором этапе снимается распор с основных секций, включаются гидродомкраты передвижки вспомогательных секций на складывание, происходит одновременная фронтальная передвижка основных секций и их распор.

Комплекс выемочно-закладочный КЗД (рис. 16.13) — предназначен для механизации очистных и пневмозакладочных работ на пластах пологого залегания при отработке выемочных участков по простиранию ($0-18^\circ$) и по восстанию ($0-6^\circ$) и боковыми породами не ниже средней устойчивости.

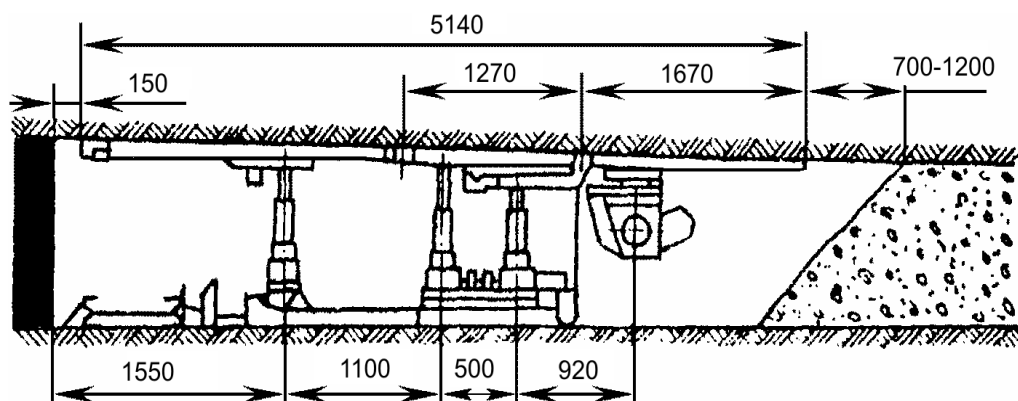


Рисунок 16.12 — Комплекс выемочно-закладочный КЗД

Мощность разрабатываемых пластов 0,85–1,2 м. Комплекс может применяться на шахте, где имеется закладочный комплекс ПЗП.

Комплекс КЗД может быть смонтирован как для левого, так и для правого забоев. Выемка угля и возведение закладочного массива могут осуществляться по челноковой или односторонней схемам.

В комплект поставки комплекса КЗД входят: комбайн 1К101, конвейер скребковый, траковая цепь кабелеукладчика ЦК1, трубопровод унифицированный пневмозакладочный ТПЗ1, оросительная система ТОС-100А, гидрооборудование комплекса «Донбасс», электрооборудование комплекса «Донбасс», секции крепи линейные, секции крепи передвижные, секции крепи поддерживающие, секции крепи проходные, гидрооборудование комплекса КЗД, электроаппаратура комплекса КЗД, запчасти и инструмент, конструкторская эксплуатационная документация.

Комплекс КЗД разработан на базе механизированного комплекса «Донбасс» II типоразмера. Секции механизированной крепи «Донбасс» дополнены обратными консолями, которые поджимаются к кровле гидropатронами. На обратных консолях передвижных и поддерживающих секциях крепи монтируются передвижные каретки. К последним на цепях подвешивают элементы пневмозакладочного трубопровода с устройствами боковых выпусков. Перемещение девятиметровых участков трубопровода на новую закладочную полосу осуществляют с помощью гидродомкратов, установленных под перекрытиями передвижных секций крепи.

Работа по выемке угля с закладкой выработанного пространства осуществляется комплексом КЗД следующим образом: после завершения закладочных работ с помощью телескопических секций укорачивается (удлинняется) магистральный закладочный трубопровод и затем соединяется в новом проёме между ножками арочной крепи штрека с забойным распределительным трубопроводом.

Все работы по выемке угля и закладке выработанного пространства в очистном забое лучше выполнять по челноковой схеме поточным методом, так как в этом случае обеспечиваются условия для достижения самых высоких технико-экономических показателей работы выемочного участка.

Концевые комплекты 2КК (рис. 16.13) — представляют собой концевые секции с обратными консолями и предназначены для механизации процессов поддержания кровли, передвижки конвейера, создания безопасных условий для обслуживающего персонала, занятого возведением бутовой полосы, при отработке пологих пластов в составе механизированного комплекса.



Рисунок 16.13 — Концевые комплекты 2КК

В зависимости от мощности вынимаемых пластов применяются концевые секции второго или третьего типоразмеров. Концевые секции могут работать как в правом, так и в левом забоях с выполнением ремонта отдельных узлов в шахтных условиях.

Концевые секции с обратной консолью максимально унифицированы с секциями крепи КД90.

Концевые секции однотипные, четырёхстоечные и имеют шарнирную связь с призабойным конвейером, который осуществляет силовую связь между секциями крепи при их передвижке с опорой на соединение секции.

Крепление и поддержание кровли в рабочем пространстве после прохода комбайна обеспечивается забойными поджимными консолями, жестким перекрытием, опирающемся на четыре гидравлические стойки. Со стороны выработанного пространства секции оснащены обратными консолями. Для обеспечения работы крепи в условиях слабой почвы концевые секции оснащены механизмом для подъёма основания при передвижке. Управление осуществляется с соседних загруженных концевых секций.

Наличие обратных консолей на концевых секциях позволяет создать безопасные условия для обслуживающего персонала, снизить расход лесоматериалов при возведении бутовых охранных полос с помощью пневмозакладочного комплекса или скреперной установки.

Для разработки угольных пластов в самых разнообразных горно-геологических условиях созданы и прошли промышленные испытания крепи различных типов, но далеко не все они нашли применение на шахтах из-за различного рода конструктивных недоработок или в силу других причин. Сведения об этих крепях имеются в специальной справочной литературе.

ТЕМА 17. ВЫБОР ТИПА И ТИПОРАЗМЕРА МЕХАНИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

Для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий: мощность пласта ($m_{min}, m_{max}, \bar{m}$), угол падения ($\alpha_{min}, \alpha_{max}$), категория пород по обрушаемости (A_i) и устойчивости кровли (B_i) и почвы ($\sigma_{вд}$), а также направления выемки пласта (по простиранию, падению, восстанию), выбор типа механизированной крепи осуществляется по следующему алгоритму:

1. Устанавливаются крепи, соответствующие конкретной мощности пласта, категории пород по обрушаемости и устойчивости нижнего слоя.

2. По справочным данным для конкретных значений средней мощности пласта и категории пород по обрушаемости определяют необходимые минимально допустимые значения сопротивлений поддерживающей части крепи P и посадочного ряда $P_{пос}$.

3. Табличные значения величины сопротивления крепи сравниваются со значениями сопротивлений крепей по условию 1. Те крепи, которые не удовлетворяют неравенствам $P' \geq P$ и $P'_{пос} \geq P_{пос}$, в дальнейшем не рассматриваются.

4. Оставшиеся типы механизированных крепей проверяются на их соответствие к данной устойчивости пород почвы. Если $\sigma'_{вд} \leq \sigma_{вд}$, крепь соответствует конкретной прочности пород почвы.

5. Крепи, соответствующие пунктам 1...4, проверяются на возможность их применения по углу падения пласта. Сравнивается угол падения фактический и соответствующий данной крепи, т.е. $\alpha' \geq \alpha_{max}$.

6. Если выбираемые крепи (по пунктам 1...5) передвигаются без постоянного подпора кровли, необходимо осуществить проверку по шагу установки секций крепи, при котором не будет происходить расслоение и обрушение нижнего слоя кровли (во время передвижки секций).

Для этого определяем минимальный шаг установки крепи для конкретных горно-геологических условий по формуле

$$l_c = 1,6B + 0,5Г,$$

где B — высота нижнего слоя пород кровли, м;

$Г$ — среднее расстояние между трещинами в нижнем слое кровли, м.

Если выполняется неравенство $l'_c \leq l_c$ (где l'_c — шаг установки секции крепи, м), крепь удовлетворяет условиям применения и ее следует рассматривать в дальнейшем с крепями, передвигающимися с подпором кровли, удовлетворяющим требованиям пунктов 1...5.

7. По табличным данным для механизированной крепи — минимальной высоте секции (h_{min}) и максимально возможной вынимаемой мощности (m'_{max}) — проверяют условия; если они соответствуют неравенствам $h_{min} \leq m_{min}, m'_{max} \geq m_{max}$, то крепи будут соответствовать максимальной мощности пласта и разместятся в лаве даже в местах с минимальной его мощностью.

Если по горно-геологическим и горнотехническим условиям возможно применение нескольких типов механизированной крепи, то необходимо отдавать предпочтение крепям нового технического уровня, с более высоким сопротивлением поддерживающего и посадочного рядов и первоначальным распором.

Оценка работы крепей очистных забоев по характеру их взаимодействия с боковыми породами

Исходя из общих положений о взаимодействии крепи с вмещающими пласт породами, изложенными в подразделе 2.8, следует заметить, что состояние пород кровли и почвы в очистном забое определяется не только их свойствами и структурой, но и типом и параметрами крепи, порядком и последовательностью её установки или передвижки.

Крепь постоянно взаимодействует с вмещающими породами, в основном, с непосредственной кровлей, а при появлении консоли со стороны выработанного пространства и при ее обрушении — и с основной.

Деформированные породы кровли оказывают давление на крепь, которая воспринимает эту нагрузку. В случае, когда прогиб (опускание) основной кровли превышает прогиб непосредственной кровли, говорят, что крепь работает в режиме заданной деформации, и горное давление воспринимается опорами со стороны выработанного пространства — закладочный массив, обрушенные породы, крепь и др.

Как было отмечено, доля сопротивления призабойной крепи в общем сопротивлении незначительна. Крепь не оказывает заметного влияния на величину и скорость опускания всего массива пород, как бы не увеличивалось её рабочее сопротивление. Поэтому проектируются крепи с сопротивлением, не превышающим нагрузку непосредственной кровли в данных горно-геологических условиях.

В режиме заданной деформации крепь с нарастающим сопротивлением (например, ОКУМ или деревянная) по мере опускания кровли, достигнув своего расчетного рабочего сопротивления, выйдет из строя, сядет “нажестко” или поломается. Крепь постоянного сопротивления (гидравлическая) по мере опускания кровли будет работать в режиме податливости, с медленным возрастанием сопротивления. Такие крепи должны обладать высоким начальным сопротивлением, обеспечивающим удержание в равновесии породы непосредственной кровли, мощность которых равна высоте зоны беспорядочного обрушения.

Однако не только конструктивные особенности крепи обеспечивают надежное поддержание кровли. Важна своевременная установка крепи, не допускающей начала расслоения пород кровли. Чем дольше сохраняется целостность массива, тем меньше нагрузка на крепь. Чем больше начальное сопротивление крепи, тем медленнее идет процесс расслоения, раскрытия трещин и разрушения пород.

Наблюдения показывают, что максимальная скорость опускания кровли имеет место вслед за обнажением пород. Поэтому своевременная установка первого ряда крепи и соответствующий ей первоначальный распор предотвращает (задерживает во времени) начало деформации пород кровли.

Считается, что вполне достаточно создать начальный распор, равный не менее 50% номинального сопротивления крепи.

Взаимодействие механизированных крепей с породами кровли и размеры зон незакрепленного пространства зависят от способа выемки (комбайновая, струговая) и схемы передвижки секций крепи.

Размеры зон незакрепленного пространства зависят от ширины захвата выемочной машины, типа, параметров и скорости установки крепи, скорости подачи комбайна и др.

Во всех случаях механизированные крепи по сравнению с индивидуальными обладают более высоким и равномерным начальным распором и рабочим сопротивлением, большей площадью опорных поверхностей по перекрытию и основанию. Однако более частая передвижка механизированной крепи в некоторых случаях приводит к эффекту “топтанья”, что ухудшает состояние кровли и почвы.

Увеличение скорости подвигания очистного забоя улучшает состояние кровли. Так увеличение скорости подвигания в 2 раза приводит к уменьшению опускания кровли вблизи линии обрушения на 40%. При этом, естественно, устойчивость кровли повышается.

ТЕМА 18. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СПОСОБАХ УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ. СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ ПОЛНЫМ ОБРУШЕНИЕМ И ПЛАВНЫМ ОПУСКАНИЕМ

18.1 Общие сведения о способах управления кровлей

При ведении очистных работ нарушается природное равновесие сил в массиве. Породы в выработанном пространстве, потерявшие опору на угольный пласт, деформируются и разрушаются. Для предотвращения значительных деформаций и обрушений пород в рабочем пространстве очистного забоя проводят различные мероприятия по регулированию проявлений горного давления – крепление рабочего пространства очистного забоя и управление давлением пород кровли за его пределами.

Эффективность и безопасность ведения очистных работ в значительной степени зависят от характера проявления горного давления и от умения управлять им. Правильный выбор способа управления горным давлением – для краткости управления кровлей – позволяет предотвратить обрушение пород кровли в призабойном пространстве, а на крутом падении – и сползание почвы, в результате чего и обеспечивается безопасность и бесперебойность работы по добыче угля.

Сохранность призабойного пространства определяется устойчивостью кровли, шириной призабойного пространства и временем существования её обнаженной поверхности. Эта задача решается путем правильного выбора типа крепи и ее расстановки в очистном забое.

Однако устойчивость призабойного пространства во многом определяется поведением пород основной кровли в выработанном пространстве очистного забоя, возможностью ее обрушения или зависания в виде консолей. Поведение пород в выработанном пространстве характеризуется их обрушаемостью.

Если породы основной кровли имеют две опоры – на угольный массив и опору в выработанном пространстве – устойчивость пород в очистном забое значительно улучшается.

Опорой пород в выработанном пространстве может служить искусственное сооружение или обрушенные породы непосредственной кровли, которые при обрушении увеличиваются в объеме и могут полностью «подбутить» породы основной кровли (рис. 18.1).

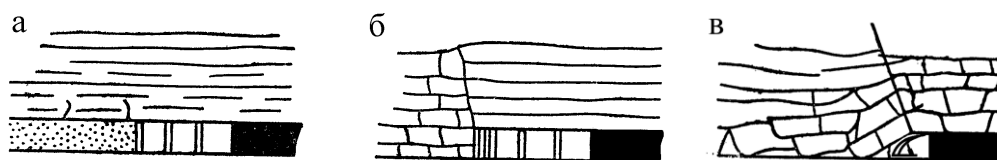


Рисунок 18.1 – Способы поддержания призабойного пространства:
а – стойкой крепью и закладкой; б – стойкой призабойной и специальной крепью при полном обрушении; в – передвижной механизированной крепью

Такой способ создания *естественной* опоры для основной кровли в выработанном пространстве называется *способом управления кровлей полным обрушением*. Если такие опоры из дробленой породы создаются путем

искусственного их размещения, то такой способ управления кровлей называется *полной или частичной закладкой выработанного пространства*.

Условием подбучивания пород основной кровли обрушившимися породами непосредственной кровли является равенство

$$h_n k_p = h_n + \bar{m}, \quad (18.1)$$

откуда

$$h_n / \bar{m} = 1 / (k_p - 1), \quad (18.2)$$

где h_n – мощность пород непосредственной кровли, м;

\bar{m} – мощность вынимаемого угольного пласта, м;

k_p – коэффициент разрыхления, равный отношению объема обрушенной породы к ее объему в массиве.

Коэффициент k_p составляет 1,15...1,20, а отношение $h_n / \bar{m} = 5...6$. Для условий пород категории A_1 и A_2 $k_p = 1,15$. Таким образом, если мощность обрушающихся пород непосредственной кровли равна или больше 6-кратной мощности пласта, то происходит полное подбучивание основной кровли и создается породная опора ее консоли.

Более качественной опорой из породы в выработанном пространстве является его полная закладка привезенной породой, или частичная закладка из породы, получаемой из бутовых штреков.

Выбор способа управления кровлей для конкретных условий производится по классификации Донуги, в основу которой положена величина опускания консоли, характеризующая породы кровли по обрушаемости.

18.2 Способ управления кровлей полным обрушением

Полное обрушение заключается в периодическом обрушении кровли за пределами минимально поддерживаемой ширины рабочего пространства.

Способ управления кровлей полным обрушением применяется в 95% очистных забоев Донецкого бассейна.

При управлении кровлей полным обрушением различают **первичную посадку** и **вторичные посадки** массива пород в выработанном пространстве (регулярные обрушения).

Первичная посадка кровли производится после отхода очистного забоя от разрезной печи на расстояние, зависящее от свойств пород кровли, достигающее в отдельных случаях 50...80 м и сопровождающееся динамическими эффектами и разрушением крепи в рабочем пространстве лавы и завалами лав.

Установлено, что непосредственная кровля имеет два режима обрушения: **начальное** и **установившееся**.

Начальное обрушение (движение пород) охватывает период от проведения разрезной печи до первой посадки непосредственной кровли. По мере отхода от разрезной печи обнажения непосредственной кровли возрастают. Породы кровли постепенно изгибаются. Затем наступает первое обрушение кровли (рис. 18.2), которое не охватывает всей площади кровли в пределах обнажения.

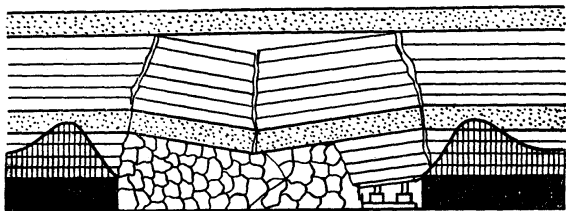


Рисунок 18.2 – Характер первого обрушения основной кровли

В работе основной кровли, консольно нависающей над забоем лавы, происходит участками регулярно после передвижки крепи. Расстояние, через которое происходит регулярное обрушение кровли, называется *шагом обрушения или шагом посадки* (рис. 18.3).

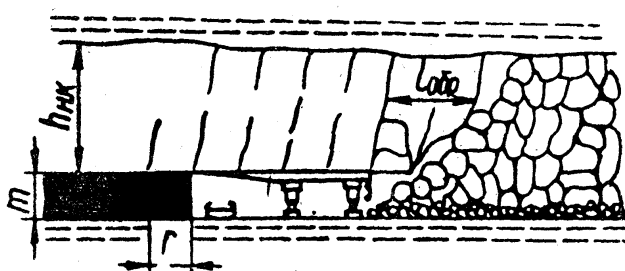


Рисунок 18.3 – Периодичность обрушения непосредственной кровли

В работе основной кровли выделяются также два режима – постепенный прогиб пород, что приводит к первичному ее обрушению и разлом кровли после ряда первичных обрушений непосредственной кровли, но шаг обрушения при этом значительно меньше шага первичного обрушения.

Первичное и вторичное (последующее) обрушение основной кровли происходит стихийно, поэтому возможно зажатие крепи в очистном забое и даже завалы лав.

Для пород кровли категории A_1 и A_2 без всяких предварительных условий рекомендуется применять способ управления горным давлением полным обрушением, если выполняется условие (18.2), а почва не ниже средней устойчивости.

Эти породы не требуют никаких дополнительных мероприятий для обеспечения способа управления кровлей полным обрушением. Однако для пород категории A_2 до первичного обрушения основной кровли необходимо в выработанном пространстве выкладывать бутовые полосы или демпфирующие устройства, а также осуществлять принудительное обрушение, предотвращающее крепь от перегрузок и деформаций. Для категории пород A_3 и A_4 с целью применения способа управления кровлей полным обрушением до первой посадки необходимо ее торпедировать или принудительно обрушать, при последующих посадках нужно производить торпедирование пород основной кровли или принудительное обрушение (рис. 18.4).

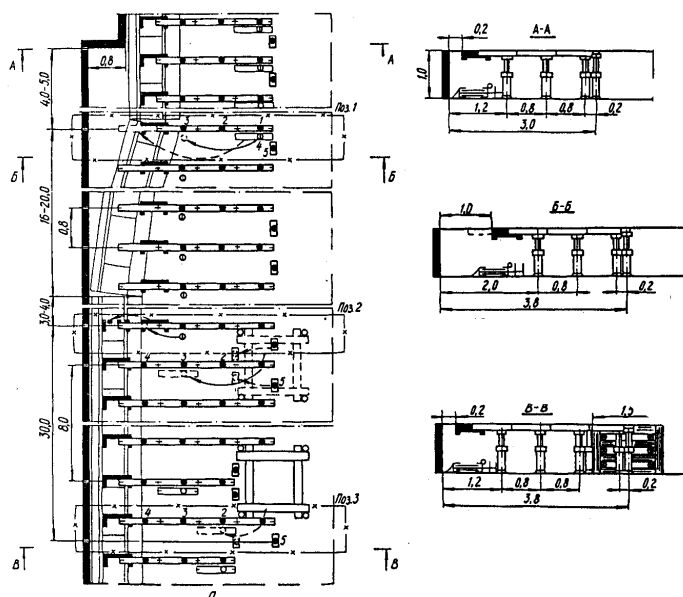
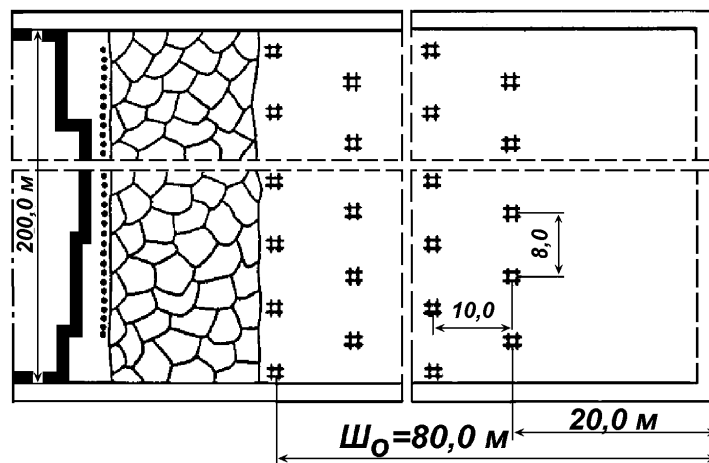


Рисунок 18.4 – Управление кровлей и крепление лавы на период до первой

Близким к способу управления кровлей полным обрушением в выработанном пространстве является способ плавного опускания кровли на почву пласта без значительных нарушений сплошности (рис. 18.5).

Однако такой способ управления кровлей возможен при следующих условиях: породы кровли – прогибающиеся известняками, реже сланцы и песчаники при мощности пологого пласта до 1 м (крутого – до 0,7 м) и почвы, склонные к поддуванию. При этом до первичного прогиба пород основной кровли необходимо ее демпфирование.

Для обрушения пород кровли в выработанном пространстве необходимо извлекать крепь. Породы категории A_1 и A_2 обрушаются на границе с призабойной крепью. Однако на границе призабойного пространства создают дополнительную полосу из посадочной (специальной) или органной (ряд стоек) крепи (рис. 18.4).

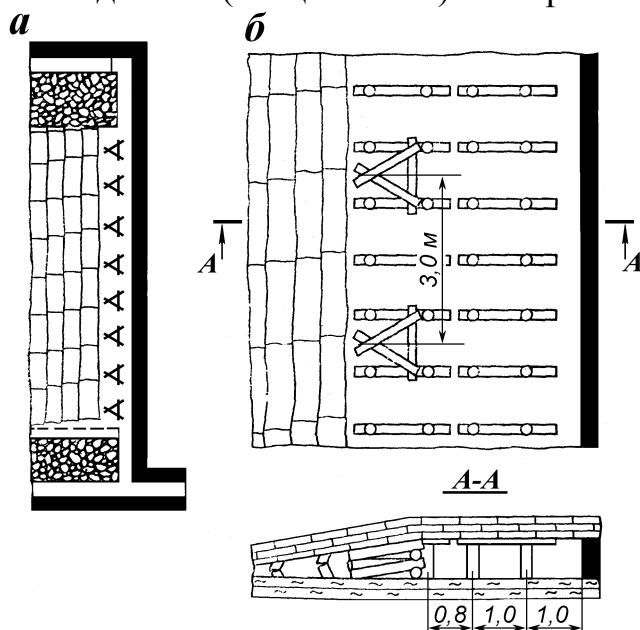


Рисунок 18.5 – Управление кровлей плавным опусканием

При легкообрушающихся породах (категория A_1) возможна безорганная посадка, путем установки дополнительных стоек со стороны выработанного пространства. Под "безорганной" схемой управления кровлей следует понимать схему, в которой на линии обрушения не предусматривается установка специальной крепи (типа ОКУ), и такие, в которых предусматривается установка 1-2^х однотипных стоек со стойками крепи призабойного пространства.

Ведение очистных работ от разрезной печи до первичной посадки основной кровли, а также сама первичная посадка должны производиться по мероприятиям, предусмотренным паспортом выемочного участка, под руководством начальника участка (или его заместителя).

При углах падения пласта более 15° производить посадку кровли в лаве с индивидуальной крепью разрешается только в направлении снизу вверх, при условии нахождения людей на расстоянии не менее 30 м от участка, намеченного к посадке. На этом расстоянии возможно осуществлять и другие работы в очистном забое.

Одновременно посадка кровли на нескольких участках может быть рекомендована при устойчивых породах (B_4, B_5).

Применение механизированных крепей объединяет два процесса – крепление и управление кровлей.

Особенности проявления горного давления на крутых пластах определяют специфику управления кровлей.

При полном обрушении в качестве посадочной крепи применяются переносные костры, деревянная органная крепь, стойки ОКУ и др. Стойки ОКУ устанавливаются через 2 м по падению, передвигают одновременно из двух-трех точек лавы. Для этого выкладывают предохранительные полки из двух рядов костров. Недостатком является отсутствие ограждения призабойной части лавы от проникновения в него обрушенных пород выработанного пространства.

ТЕМА 19. СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ ПОЛНОЙ И ЧАСТИЧНОЙ ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

191 Полная закладка выработанного пространства

Под термином *полная закладка* следует понимать совокупность процессов, охватывающих приготовление, транспортирование и укладку в выработанное пространство закладочного материала, свойства которого отвечают определенным требованиям. Технологическая схема выемки тонкого пологого угольного пласта с закладкой выработанного пространства показана на рис. 19.1.

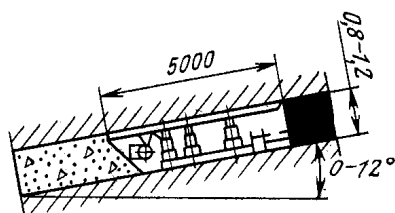
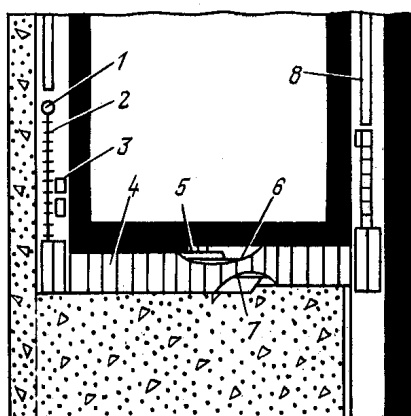


Рисунок 19.1 –

Технологическая схема выемки тонкого угольного пласта механизированным комплексом с пневматической закладкой
1 – пневмозакладочная машина; 2 – пневмозакладочный трубопровод; 3 – насосная станция; 4 – секции механизированной крепи; 5 – комбайны; 6 – конвейер; 7 – забойный распределительный трубопровод; 8 – ленточный конвейер

в проектах новых шахт предусматривают подземные породные комплексы с дробильными установками, бункерами и пр. с целью оставления породы в выработанном пространстве очистных забоев.

Управление кровлей полной закладкой следует применять:

- для охраны ответственных сооружений на поверхности;
- при слабых, склонных к сползанию породах почвы и весьма слабых породах кровли на крутых пластах;
- как правило, при разработке крутых пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа;
- при разработке пластов с самовозгорающимися углями.

Стоимость закладочных работ достигает 30% стоимости работ по добыче угля. Поэтому закладку применяют лишь в тех случаях, когда другие, более простые и дешевые способы управления горным давлением в данных горно-геологических и технологических условиях не могут обеспечить безопасную и эффективную добычу угля, охрану недр и окружающей среды.

Закладочный материал может быть получен в шахте (проведение, перекрепление выработок) или доставлен с поверхности (из карьеров, породных отвалов, отходы обогащения, металлургии, электростанций и др.).

В связи с тем, что поверхностные отвалы горят, загрязняя атмосферу, занимают значительные площади плодородных земель, загружают подъемный транспорт и др., особенно актуально не выдавать породу из шахты. В

В зависимости от того, какой вид энергии используется для транспортировки породы в выработанное пространство, различают пневматическую (энергия сжатого воздуха), гидравлическую (энергия потока воды), механическую (установки типа скреперов) и самотечную (движение породы под собственным весом на крутом падении угольных пластов) закладки.

Закладочный материал должен отвечать соответствующим требованиям:

- содержать не более 20% горючих материалов;
- обладать минимальной абразивностью и пылеобразованием;
- не размокать, т.е. содержание глины должно быть не более 10%;
- усадка закладочного материала должна быть минимальной;
- размер кусков закладочного материала при пневматической и механической закладке должен быть 20...50 мм, при гидравлической – менее 20 мм, при самотечной – до 100 мм.

19.2 Частичная закладка выработанного пространства на пологих пластах

Практика показывает, что частичная закладка выработанного пространства на пологих пластах целесообразна при наличии трудно-обрушаемых пород кровли, весьма слабой, обводненной почве и недостаточной мощности пород непосредственной кровли.

Этот способ управления горным давлением заключается в возведении в выработанном пространстве перпендикулярно к очистному забою бутовых полос, которые предотвращают обрушение пород непосредственной и основной кровель.

Частичная закладка как способ управления кровлей возможна только при применении индивидуальной крепи.

Порода для выкладки бутовых полос берется от подрывки кровли (реже почвы) из так называемых *бутовых штреков*. Бутовые полосы воспринимают большую часть давления пород кровли и разгружают призабойную крепь от горного давления, предотвращают значительные смещения (опускания) основной кровли.

В бутовых штреках породы самообрушаются уже на значительном расстоянии от забоя лавы. При этом только 3 м бутового штрека (непосредственно за призабойной крепью) поддерживается временной крепью – ремонтинами.

Подрывка пород в бутовом штреке осуществляется буровзрывным способом. При этом бурятся два-три шпура на глубину не более 2 м, т.е. длина шпуров равна высоте подрывки пород.

Чтобы обрушение пород в бутовом штреке не распространялось на призабойное пространство, пробивают оконтуривающую органную крепь (рис. 19.2). Кроме того, из каждого бутового штрека должен быть свободный выход в призабойное пространство, так как бурение шпуров осуществляется со стороны завальной части лавы и ГРОЗ ("бутчики") берут породу из бутового штрека.

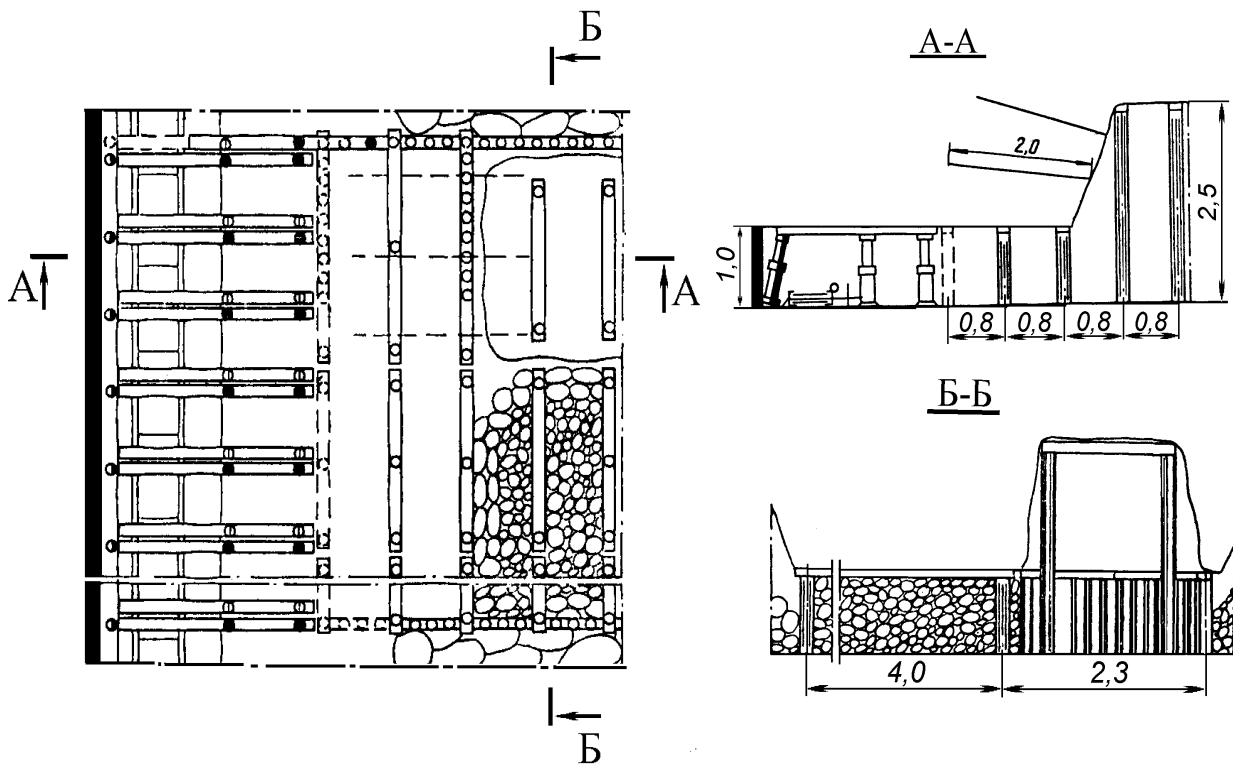


Рисунок 19.2 – Проведение бутового штрека для выкладки
бутовой полосы вручную

Выкладка бутовых полос осуществляется вручную ниже бутового штрека (уменьшение трудоемкости работ), вслед за продвижением забоя на зачищенной от угля почве.

Стенки бутовой полосы выкладываются из более крупных кусков на всю мощность пласта, а пространство между стенками забрасывается мелкой породой без оставления пустот. При этом в бутовой полосе не должна оставаться крепь.

Сжатие полосы до 50% первоначальной мощности пласта происходит, как правило, на расстоянии около 50 м от очистного забоя. Закладочный массив уменьшает размер горного давления на призабойную крепь и делает его более равномерным.

Расчет паспорта управления кровлей частичной закладкой выработанного пространства осуществляется следующим образом:

1. Проверка возможности подбучивания основной кровли.
2. Определение ширины бутовой полосы $l_{б.п}$ из условия не менее пяти-шести кратной мощности пласта.
3. Расчет ширины бутового штрека по формуле

$$l_{б.штр} = \frac{\bar{m} l_{б.п}}{h_{п} k_p}, \quad (19.1)$$

где \bar{m} – мощность пласта, м;

$h_{п}$ – высота подрывки пород в бутовом штреке (обычно в пределах 1 м), м;

k_p — коэффициент разрыхления пород взрывом при закладке ее в выработанное пространство, $k_p=2$.

4. Определение ширины бутовых штреков над откаточным $l_{б.о}$ и под вентиляционным штреками $l_{б.в}$. Как правило, $l_{б.о}=l_{б.в}\approx 8$ м.

5. Расчет числа бутовых полос в лаве

$$n_б = \frac{l_л - (l_{б.о} + l_{б.в})}{l_{б.п} + l_{б.штр}}. \quad (19.2)$$

Пример. Длина лавы $l_л=200$ м, мощность пласта 1 м, породы категории Б₄, А₃₋₂, П₃. Мощность пород основной кровли $h_н=3$ м.

Решение.

1. Так как $h_н=3<6$, подбучивания основной кровли не происходит. Принимаем способ управления кровлей частичной закладкой.

2. Ширина бутовой полосы в лаве $l_{б.п}=6\times 1=6$ м.

3. Ширина бутового штрека

$$l_{б.штр} = \frac{1\times 6}{1\times 2} = 3,0 \text{ м.}$$

4. Ширина бутовой полосы над откаточным и вентиляционным штреками

$$l_{б.о}=l_{б.п}=8 \text{ м.}$$

5. Число бутовых полос в лаве

$$n_б = \frac{200 - (8 + 8)}{6 + 3,0} = 20 \text{ полос.}$$

Таким образом, при ширине бутовой полосы 6 м и ширине бутового штрека 3 м, выработанное пространство закладывается породой из бутовых штреков на 60%.

193 Частичная закладка на крутых пластах

Частичная закладка выработанного пространства на пластах с крутым падением (самотечная) имеет свою специфику.

Реализация этого способа управления кровлей осуществляется путем возведения породных полос, равномерно распределенных по длине лавы (по простиранию или падению пласта) или одной полосы, расположенной в верхней части лавы под вентиляционным штреком.

При закладке полосами по простиранию (рис. 19.3) закладочный материал получают от проведения бутовых штреков буровзрывным способом с подрывкой пород кровли или почвы.

Для закладки полос по падению (рис. 19.4) или одной полосы под вентиляционным штреком используют дробленую породу или породу от проведения и ремонта горных выработок.

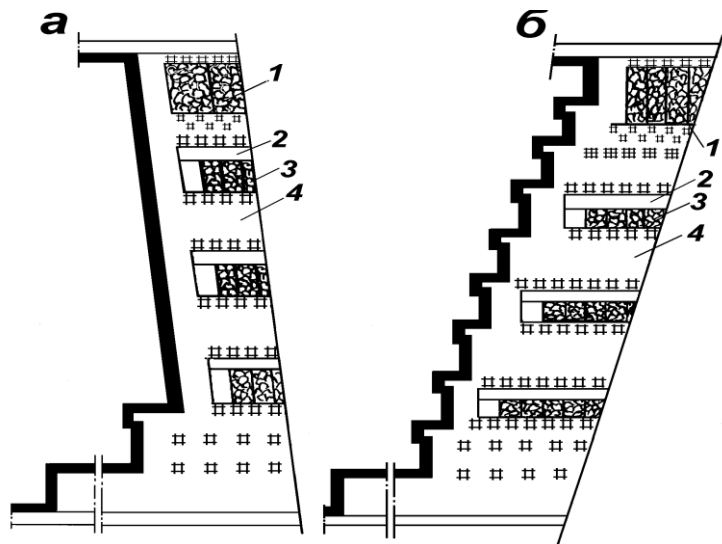
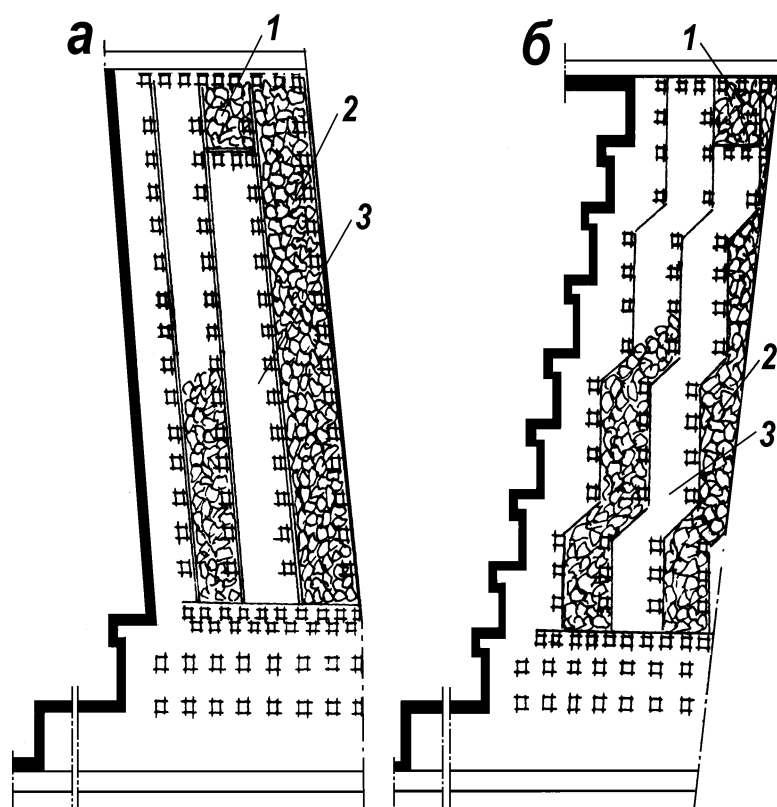


Рисунок 19.3 –
Технологическая схема
управления кровлей частичной
закладкой выработанного
пространства полосами по
простирацию

a – в комбайновой лаве;
б – в молотковой лаве;
1 – бутовая полоса для охраны
вентиляционного штрека; *2* – бутовый
штрек; *3* – закладка выработанного
пространства полосами по
простирацию; *4* – участок
выработанного пространства с
полным обрушением



1 — бутовая полоса для
охраны вентиляционного
штрека;
2 — участок выработанного
пространства с закладкой; *3* —
участок выработанного
пространства с полным
обрушением

Рисунок 19.4 —
Технологическая схема
управления кровлей
частичной закладкой
выработанного
пространства полосами
по падению: *a* — в
комбайновой лаве; *б* — в
молотковой лаве

Условия применения частичной закладки полосами по простирацию — прямолинейные или уступные забои с ограничивающими условиями — мощность пласта менее 0,7 м, выбросоопасные и самовозгорающиеся пласты; полосами по падению — прямолинейные и уступные забои на пластах с боковыми породами средней обрушаемости и труднообрушаемыми, если почва не склонна к сползанию.

Основные параметры частичной закладки на крутом падении прежде всего зависят от мощности пласта и свойств боковых пород. При мощности пласта от 0,7 до 1,2 м ширина бутового штрека составляет 3...4 м, а высота подрывки от 0,7 до 2,2 м. При этом ширина породной полосы составляет 6...14 м. Расстояние между породными полосами 4...5 м.

При закладке выработанного пространства сплошной полосой под вентиляционным штреком ее ширина принимается не менее 40% от длины лавы и с учетом размещения всего объема породы, получаемой от проведения и ремонта штрека.

Взрывные работы производят в ремонтные смены. Породные полосы наращиваются ежесуточно по мере подвигания очистной линии забоя на 1,8 м. Возведение породных полос по падению пласта осуществляется под действием взрыва и веса пород.

При возведении породных полос по падению пласта порода в необходимом количестве доставляется по вентиляционному штреку в вагонетках и конвейером. Закладка породного "ящика" производится круглосуточно. Цикл заканчивается возведением породной полосы на всю высоту лавы и подготовкой нового породного "ящика".