

УДК 622.016.347 + 622.22.224

Е.В. Игнатов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ И КРЕПЕЙ ВЫРАБОТОК, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ГРАНИЦЕ «МАССИВ – ОБРУШЕННЫЕ ПОРОДЫ»

Современные крепи выработок, расположенных на границе «массив – обрушенные породы» – это, как правило, сборные арки, рамы, установленные в сечении выработок, т.е. те же конструкции и технологии крепления, которые применяются при проведении выработки в условиях «массив–целик» и «массив– массив». При этом параметры (плотность установки рам, несущая способность) принимаются по тем же критериям, несмотря на то, что кинематика сдвижения вмещающих пород коренным образом меняется.

Анализ шахтных наблюдений показывает – крепи выработок, расположенных на границе «массив – обрушенные породы», находятся в неблагоприятных условиях работы: жесткий верхняк – пересекает линии равных смещений, т.е. находится одновременно в зонах разной интенсивности смещений; стойки с равной несущей способностью – в разных условиях нагружения. В этих условиях установка дополнительных стоек под верхняк вносит резкие изменения в условия его нагружения и ведет к деформации и полной потере несущей способности. Подобные явления происходят при возведении опережающей крепи: впереди лавы возводят два или три ряда верхняков и стоек вдоль оси выработки, т.е. вносят между линиями равных смещений жесткую опору и, как следствие, верхняк ломается, ухудшается состояние сопряжения.

Таким образом, современные крепи и способы крепления практически не учитывают геомеханические особенности смещения и разрушения на границе «массив – обрушенные породы».

Многообразие горно-геологических условий и их изменение в ходе эксплуатации предполагает различные формы разрушений и характер смещений пород кровли в подготовительных выработках на границе «массив – обрушенные породы».

Анализ и обобщение результатов шахтных исследований в подготовительных выработках на шахтах Кузбасса при различных схемах подготовки выемочных столбов и в различных горно-геологических условиях позволили выделить две основные формы разрушения и смещений пород кровли, деформирования крепи.

Первая – характеризуется зависанием консоли кровли над подготовительной выработкой, которая не разрушается со временем, причем длина консоли превышает ширину выработки. Типичное для этого случая разрушение элементов крепи (стоеч и верхняков) со стороны выработанного пространства (рис.1).

График скорости смещений кровли, обычно, представляет собой сложную ломаную линию с пикообразными всплесками, нарастающей амплитуды по мере приближения к забою лавы, верши-

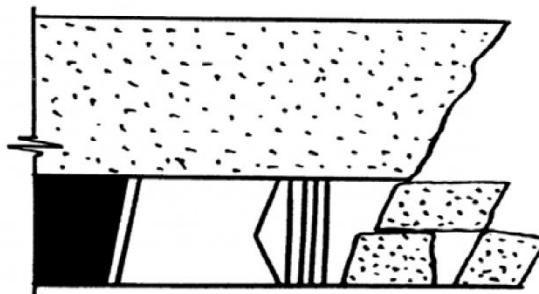


Рис. 1. Первый тип разрушения кровли над подготовительной выработкой

ны этих импульсов синхронизированы с изменениями качественного состояния массива пород и краевой части пласта в окрестности выработки (рис.2).

К этой группе можно отнести смещения и разрушение пород над подготовительным выработкам по пластам Байкаимскому, Надбайкаимскому, Коксовому и др., несмотря на то, что в каждом случае проявляются индивидуальные особенности этого процесса, зависящие от конкретных горно-

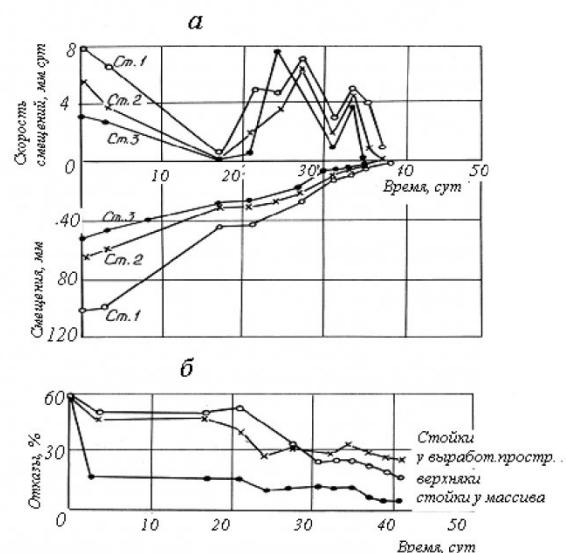


Рис. 2. Графики смещений и скоростей смещений пород кровли (а) и поломок крепи (б) в вентиляционном штреке № 113 пл. Байкаимского шахты «Полысаевская»

геологических условий. Причем картина разрушения кровли может несколько меняться и на одном пласте. Так, например, на пл. Толмачевском шахты «Комсомолец» (схема подготовки выемочного столба – проведение выработки «вприсечку») в вентиляционном штреке лавы 181 отмечалось изменение длины консоли кровли от 3÷4 м до 8÷12 м. При зависании кровли на 8÷12 м наблюдалась значительная деформация крепи штреек со стороны выработанного пространства, отжим угля.

Таким образом, при данной форме разрушения пород кровли, в зоне опорного давления максимум смещений в сечении расположен со стороны обрушенных пород. Неравномерность смещений в сечении выработки составляет от 30 % до 40 % от минимальных. В соответствии с этим были зафиксированы поломки элементов крепи – верхняков и стоек от 25 % до 50% .

Сложность поддержания этого участка состоит в том, что значительная часть податливости крепи (до 80 %), исчерпывается в предыдущие периоды существования выработки.

Вторая форма разрушения пород – консоль кровли, нависающая над сохраняемой подготовительной выработкой, постепенно разрушается до массива угля или дальше после прохода первого очистного забоя, т.е. длина консоли пород меньше ширины выработки, над выработкой находятся разрушенные породы. В этом случае крепь разрушается со стороны массива угля (рис. 3).

При данной схеме разрушения график скоро-

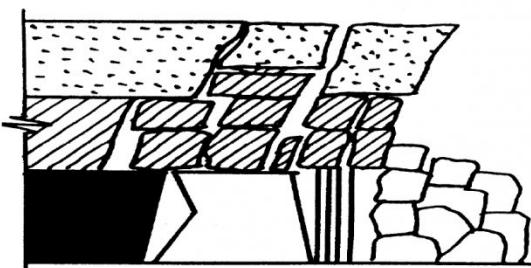


Рис. 3. Вторая форма разрушения кровли над подготовительной выработкой

стей смещений представлен менее динамичной ломаной линией, пики которой хотя и приурочены к определенным процессам, расположены хаотично, их амплитуда может различаться очень значительно. К данной группе относятся пласти, у ко-

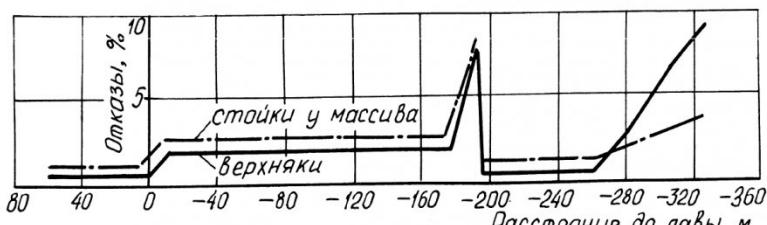


Рис. 4. Распределение поломок элементов крепи вентиляционном штреке № 111 пласта Журинского ш.у. «Кольчугинское»

торых кровля хорошо разрушается и достаточно большой мощности.

Рассмотрим примеры.

Распределение отказов элементов крепи по всей длине выработки приведено на рис. 4. Как видно, наиболее сложным участком поддержания является зона влияния второй лавы.

Таким образом, при данной форме разрушения пород кровли смещения еще более неравномерны по длине выработки и в сечении, при этом максимум смещений зафиксирован у массива угля.

Геомеханические исследования и их анализ, позволяют сформулировать основные регламентации к параметрам способов крепления и конструкций крепей и разработать соответствующие им технические решения, которые и обозначили направления совершенствования бесцеликовой технологии, позволяющие внести гибкие технологические характеристики.

Геомеханические регламентации состоят из геомеханических особенностей процесса смещений и разрушений пород кровли и краевой части пласта и, обусловленных ими, эксплуатационных требований для выбора технологических и конструкционных параметров новых технических решений.

Из анализа результатов экспериментов выявлены следующие геомеханические особенности, влияющие на выбор способа крепления и конструкции крепи подготовительных выработок:

- величины смещений кровли по длине выработки имеют разброс до 400 %;
- величины смещений и их интенсивность изменяются в сечении выработки до 80 %;
- смещения вдоль оси выработки, расположенной на границе «массив – обрушенные породы», вызывают потерю устойчивости и деформацию рам крепи;
- при входе в зону опорного давления второй лавы, первично активизируются смещения пород кровли в сечении выработки со стороны выработанного пространства или массива угля, в зависимости от формы разрушения кровли;
- линии равных смещений расположены параллельно оси выработки;
- разрушение краевой части пласта угля достигает 6-8 метров;
- разрушение пласта сопровождается его перемещением в сторону выработанного пространства;
- параметры разрушения кровли изменяются по длине выработки;
- разрушение кровли в сохраняемой выработке достигает 2-4 метров от кромки пласта.

Рассмотрим связь этих особенностей с эксплуатационными требованиями. Неравномерность смещений пород по

длине выработки вносит необходимость изменения несущей способности крепи в ходе эксплуатации, т.е. ее усиления со стороны обрушенных пород или массива угля, в зависимости от характера изменений: формы разрушения кровли, направления основных смещений, периода эксплуатации. Смещения вдоль оси выработки требуют повышения устойчивости рам крепи в этом направлении или другого способа крепления выработок и конструкций крепи. Расположение линий равных смещений кровли параллельно оси выработки обуславливает рациональность продольного размещения верхняка в выработке. Подобным образом сформулированы следующие эксплуатационные требования к способам крепления и крепям выработок, расположенных на границе «массив – обрушенные породы»:

- возможность изменения несущей способности крепи и сопротивления крепи без снятия распора, в ходе изменения режима эксплуатации, а, следовательно, необходимость оперативного изменения паспорта крепления по длине выработки при ее проведении или перекрепке;
- способность эффективно воспринимать неравномерное сдвижение пород в сечении и по длине выработки;
- способность воспринимать давление со стороны обрушенных пород и препятствовать разрушению краевой части угольного пласта;
- «площадное» контактирование крепи с кровлей при слабых кровлях;
- перемещение подготовительной выработки в сторону массива по мере возрастания зоны разрушенного угля;

Все вышеизложенное является основой для совершенствования и разработки новых технологий, способов крепления и конструкций крепей.

Разработаны следующие направления совершенствования способов крепления и конструкций крепей выработок, расположенных на границе «массив – обрушенные породы»:

- способы крепления и крепи с расположением верхняка параллельно оси выработки;
- способы крепления и крепи из кинематически не связанных элементов;
- крепи, состоящие из набора унифицированных элементов, обеспечивающих в определенном сочетании нужную форму крепи и направленность несущей способности;
- способ крепления горных выработок круглого сечения пружинной крепью (а.с.1800038);

Рассмотрим некоторые из технических решений.

Способы крепления и крепи с расположением верхняка параллельно оси выработки и из кинематически не связанных элементов

Как видно из рис. 5, крепь состоит из трех верхняков 1, навешанных на анкер 2. Металлические верхняки располагаются вдоль оси выработки. Длина верхняков выбирается из условий удоб-

ства работ при проведении выработки. В случае необходимости под верхняки устанавливаются стойки 3, количество которых может увеличиваться при изменении режима эксплуатации (приближении очистного забоя, сохранении выработки на границе с обрушенными породами и др.) при этом деформированные стойки заменяются без снятия общего распора с верхняка.

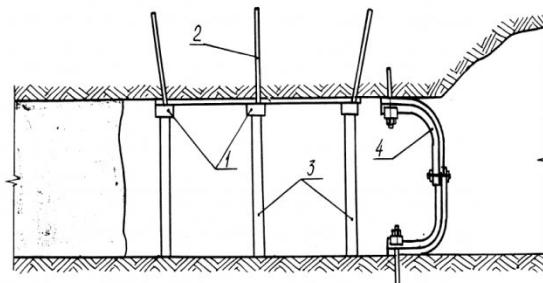


Рис. 5. Пример крепления выработки с расположением верхняков параллельно оси и из кинематически не связанных элементов

При наличии бокового давления в выработке может быть установлена дополнительно специальная бортовая металлическая крепь 4, которая работает раздельно с основной. Отличительной особенностью данной крепи является крепление узлов податливости к почве и кровле.

Рассмотрим эксплуатационные преимущества этого способа крепления и подобных конструкций:

- крепь начинает эксплуатироваться сразу после проведения выработки как временная;
- изменение несущей способности осуществляется возведением дополнительных стоек под верхняки;
- отпадает необходимость возведения специальной опережающей крепи усиления;
- верхняки крепи находятся в линиях равных смещений – нагружены равномерно;
- замена деформированных стоек производится без снятия распора с кровли;
- разделение восприятия смещений и нагрузок кинематически не связанными элементами позволит уменьшить расход материала за счет применения менее материаловемых сечений крепи в направлении небольших нагрузок;
- выход из строя и замена элемента крепи, воспринимающего боковую нагрузку, не меняет режима работы элементов крепи, компенсирующих боковую нагрузку;
- устойчивость крепи при продольных (по оси выработки) смещениях обрушенных пород.

Таким образом, предложенные способы крепления и конструкции крепей обладают гибкими технологическими параметрами, позволяющими адаптироваться к изменяющимся геомеханическим условиям эксплуатации выработок, расположенных на границе «массив – обрушенные по-

роды».

Крепи из унифицированных элементов

Одним из путей решения этой проблемы является разработка набора унифицированных элементов, обеспечивающих в определенном сочетании необходимую форму крепи, направленность несущей способности и податливости.

Рассмотрим на примере возможности данного технического предложения. Изготовим четыре элемента крепи (рис.6) и из различных их сочетаний получим следующие формы сечений, приведенные на рис. 7.

Форма сечения 1 собирается из четырех элементов 3; форма 2 – из двух элементов 2 и по одному 1, 4 и т.д.

Таким образом, даже небольшой набор элементов позволяет формировать традиционные типы крепи: для круглого и арочного сечения вы-

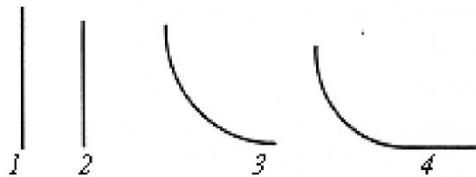


Рис. 6. Пример набора элементов

денные на рис. 7.

Форма сечения 1 собирается из четырех элемен-

тов 3; форма 2 – из двух элементов 2 и по од-

ному 1, 4 и т.д.

Таким образом, даже небольшой набор элемен-

тов позволяет формировать традиционные

типы крепи: для круглого и арочного сечения вы-

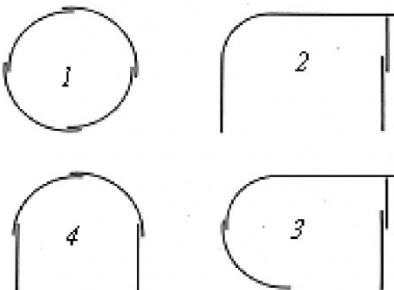


Рис. 7. Некоторые формы крепи, выполняемые из этого набора

работки, а также несколько других для компенса-
ции направленных смещений вмещающих пород.

С ростом количества элементов будут разно-
образнее варианты форм сечений и тем большую
возможность получат горняки для гибкого управ-
ления смещениями вмещающего массива.

**Способ отработки выемочного столба нестацио-
нарными подготовительными выработками**
(а. с. 1323718)

Целью данного технического решения является сокращение объема проведения подготовительных выработок как минимум в два раза и сниже-
ние затрат на поддержание подготовительных вы-
работок.

Способ реализуется следующим образом. На
рис. 8. показана схема ведения очистных работ.
При нисходящем порядке отработки в выемочном
поле проходится вентиляционный штрек и мон-

□ Автор статьи:

Игнатов

Евгений Владимирович

- канд.техн.наук, доц.каф. геологии

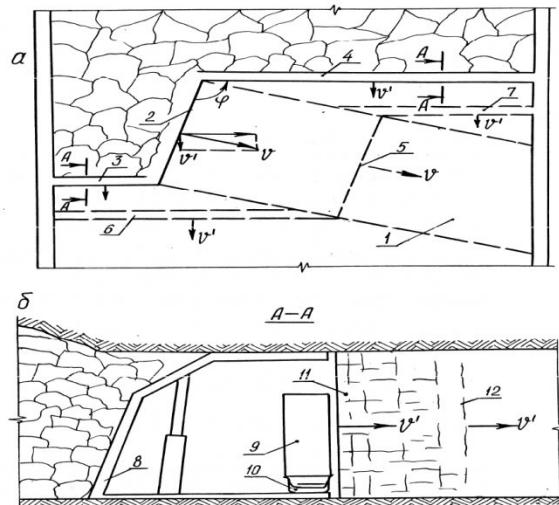


Рис. 8. Способ отработки выемочного столба нестационарными подготовительными выработками

тажная камера в которых производится монтаж мехкрепи по всей их длине.

При отработке столба 1 очистным забоем 2 производят выемку краевой части пласта по всей длине конвейерного 3 и вентиляционного 4 штреков. Одновременно с выемкой краевой части осуществляют перемещение выемочных штреков в направлении перпендикулярном его длине со скоростью V' . При этом штреки занимают всегда новое положение 6 и 7, которое связано с положением очистного забоя 5. Для согласования положения очистного забоя, движущегося со скоростью V , и штреков, очистной забой располагают под углом $\phi = 90 + \arcsin V'/V$.

В штреках выемка краевой части пласта, может быть, осуществляться, например, стругом 9, при этом ширина стружки 11 и частота ее снятия согласуются со скоростью роста ширины зоны разрушенного угля 12, для поддержания минимального значения этого параметра.

При таком способе отработки выемочного поля отпадает необходимость ведения подготовительных работ и поддержания подготовительных выработок. Верхнее сопряжение очистного забоя (наиболее слабое звено при бесцеликовой отработке со стационарными подготовительными выработками) находится в более благоприятных геомеханических условиях за счет создания тупого угла угольного массива между лавой и вентиляционным штреком. Кроме того, выемка пласта в двух направлениях при диагональном перемещении очистного забоя увеличивает, вынимаемую за один заход, ширину столба, что уменьшает количество столбов в выемочном поле.