



УДК 622.268.2:622.831

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ РЕГЛАМЕНТАЦИИ ДЛЯ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЯХ

Игнатов Е.В., Тюленев М.А.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

Аннотация.

Геомеханические исследования, изложенные нами в предыдущих статьях, дают возможность сформулировать основные регламентации к параметрам элементной базы и разработать соответствующие им технические решения, которые и обозначили направления совершенствования элементной базы бесцеликовой технологии, позволяющие внести гибкие технологические характеристики в способы подготовки и отработки выемочных полей, способы охраны и охраняющие устройства выработок, способы крепления и конструкции крепей.

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, изложенных ранее, выявлены следующие геомеханические особенности, влияющие на выбор способа крепления и 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.

Установлено, что 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.

В данной статье рассматривается связь этих особенностей с эксплуатационными требованиями.



Информация о статье

Поступила:

11 июня 2021 г.

Рецензирование:

06 июня 2021 г.

Принята к печати:

23 июля 2021 г.

Ключевые слова:

шахтная крепь, подземная
разработка угля,
подготовительные выработки,
выработанное пространство,
бесцеликовая технология,
охрана горных выработок,
горное давление

Для цитирования: Игнатов Е.В., Тюленев М.А. Геомеханические регламентации для выбора параметров элементной базы и их реализация в технических решениях // Техника и технология горного дела. – 2021. – № 2 (13). – С. 33-63. – DOI: 10.26730/2618-7434-2021-2-33-63



Введение

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»:

- необходимость оперативного изменения паспорта крепления по длине выработки при ее проведении или перекрепке;
- возможность переноса или усиления несущей способности крепи в сечении выработки без снятия распора;
- «площадное» контактирование крепи с кровлей;
- перемещение подготовительной выработки в сторону массива по мере возрастания зоны разрушенного угля.

Современные крепи выработок, расположенных на границе «массив – обрушенные породы», это сборные рамы, установленные в сечении выработок. С учетом изложенных геомеханических особенностей, они 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». Анализ выполненных ранее работ [1-24] показал, что данный вопрос изучен недостаточно.

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

Способы охраны и охраняющие устройства

В предыдущих статьях было предложено производить разделение форм разрушения кровель в выработках, расположенных на границе «массив – обрушенные породы», на два типа по характеру поломок крепи и расположению максимума смещений в сечении выработки, т.е. по факторам, определяющим технологические параметры соответствующих технических решений.

Первая форма разрушения по горно-геологическим условиям (ГГУ) составляет около 40% от всех шахтопластов Кузбасса [25] (пласты, имеющие прочные породы кровли 3-4 типов). Охрана выработок искусственными сооружениями в этих условиях сопряжена со значительными трудностями, связанными с удержанием нависающих консолей кровли. Для этого случая предложено одно направление – охрана выработок целиками с их последующим извлечением одновременно с лавой.

Вторая форма разрушения кровли более широко представлена в Кузбассе – 60%, поэтому основное внимание в исследованиях уделялось этому направлению.



В результате исследований были разработаны геомеханические критерии оценки эффективности применения мероприятий по охране выработок:

- интенсивность распределения несущей способности охраняющего устройства по площади кровли;
- необходимая несущая способность охраняющего устройства (ННСОУ).

Сущность первого критерия изложена в [34].

Критерий «Необходимая несущая способность охраняющего устройства» предложен для получения количественной оценки понятия «безремонтное» поддержание выработки, расположенной на границе «массив – обрушенные породы».

ННСОУ дает представление о возможности достижения безремонтного поддержания и степени приближения к нему мероприятий по охране выработок.

В связи с этим была поставлена задача нахождения того уровня несущей способности охраняющего устройства (НСОУ), который необходим, если речь идет о безремонтном поддержании выработок, сохраняемых на контакте с выработанным пространством. Важно было найти простой инженерный метод отыскания этой величины, причем в основе его должен лежать показатель, интегрирующий в себе особенности залегания пласта, пород, их физические свойства, сдвигение и разрушение массива в окрестности данной выработки.

Разносторонний анализ результатов исследований, изложенный нами ранее, подсказал, что таким показателем может служить зона разрушенного угля краевой части пласта, вдоль которой сохраняется выработка, то есть пласт угля является как бы естественным датчиком величины горного давления.

На основании этой идеи был разработан метод определения необходимой несущей способности охраняющего устройства, сущность которого сводится к следующему.

В начале определяется ширина зоны разрушенного угля пласта «С» (рис. 1) на уровне очистного забоя, для чего бурится шпур 2, в который вводится измерительное устройство (гидродатчик, радиозонд и т.д.), по показаниям которого судят об искомой величине. В этом шпуре известными методами определяется сопротивление угля сжатию. Затем таким же образом находится ширина зоны разрушенного угля «С₁» в зоне стабилизации сдвижений горных пород, которая происходит на расстоянии 50÷100 м от очистного забоя в зависимости от ГГУ.

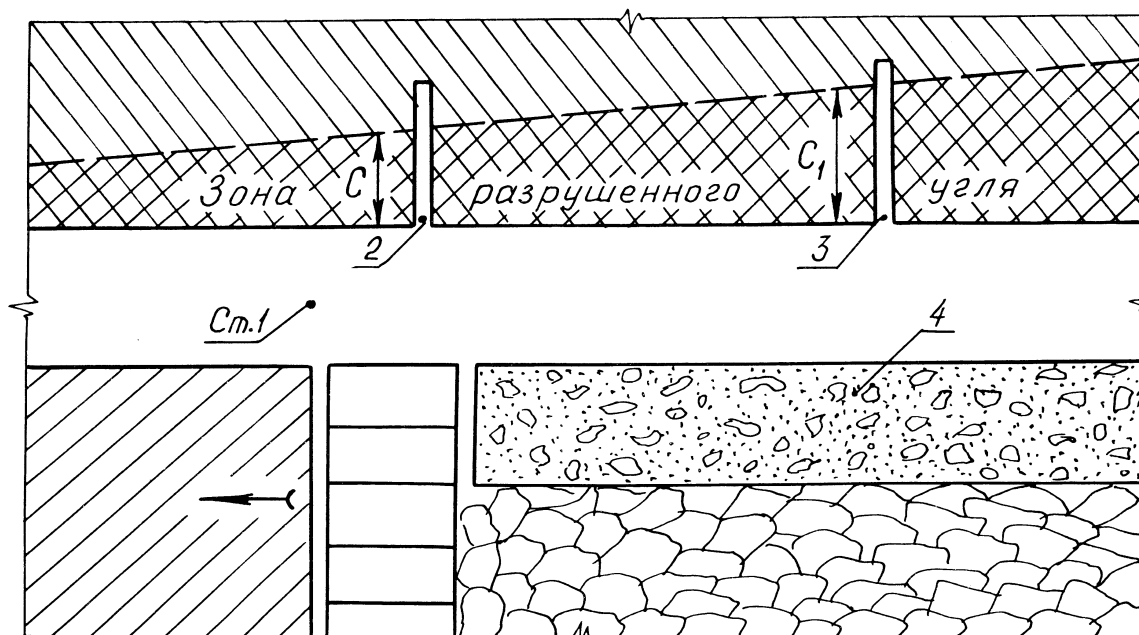


Рис. 1. Схема расположения замерных станций в сохраняемой выработке

Fig. 1. Layout of metering stations in the preserved development



Обработав экспериментальные данные, получим величину изменения ширины зоны разрушенного угля на данном участке выработки:

$$C_1 - C = \Delta C \quad (1)$$

Известно, что возможность безремонтного поддержания выработки определяется, главным образом, позитивным исходом сохранения ее в рабочем состоянии в зоне опорного давления, т.е. на том участке, где формируется зона разрушенного угля.

Физический смысл величины ΔC отражает изменение опорного давления ΔP , реализованное в разрушенном угле краевой части пласта на этом же участке выработки.

Умножая величину изменения ширины зоны разрушенного угля на сопротивление угля сжатию, получаем численное значение ΔP :

$$\Delta P = \Delta C \cdot \sigma_{сж} \quad (2)$$

Полученная величина может служить ориентировочным показателем необходимой несущей способности охраняющего устройства.

Предлагаемый способ прост и доступен, не требует дорогостоящего оборудования, позволяет быстро и надежно определять искомую величину и оперативный контроль.

По данному техническому решению получено авторское свидетельство № 859644.

Рассмотрим конкретный пример. При проведении шахтных наблюдений за разрушением краевой части пласта в сохраняемом штреке 97 шахты Чертинская были получены следующие данные:

$$C = 2 \text{ м}; C_1 = 4,5 \text{ м}; \Delta C = 2,5 \text{ м}; \sigma_{сж} = 15 \text{ МПа};$$

$$\Delta P = 2,5 \cdot 15 \cdot 10^3 = 37500 \text{ кН}.$$

В эксперименте устанавливалась двухрядная органная крепь с несущей способностью 2000 кН на 1 п. м сохраняемой выработки. Оценим по предложенному критерию ННСОУ степень достижения цели:

$$K_{нс} = 2000/37500 = 0,053,$$

т.е. данное ОУ обеспечивает только 5,3% необходимой несущей способности охраняющего устройства.

Для применения в конкретных ГГУ предложенных геомеханических критериев необходимы предварительные шахтные исследования по изложенной методике. Оценка инженерных решений по охране выработок, расположенных на границе «массив – обрушенные породы», по данным критериям позволит избавиться от иллюзий о «бесплатном» безремонтном поддержании.

Необходимо оптимальное согласование геомеханических параметров сдвижения и разрушения вмещающего массива на границе «массив – обрушенные породы» с характеристиками техногенного взаимодействия в процессе подготовки и отработки шахтного поля и на этой основе разработка новых адаптивных технических решений.

Из анализа результатов исследований, изложенных предыдущей главе, формулируются следующие геомеханические особенности, актуальные при охране выработок, расположенных на границе «массив – обрушенные породы»:

- активные смещения пород начинаются в 30–100 м впереди забоя лавы;
- на уровне забоя лавы расслоение и разрушение пород кровли достигает 3–6 м над выработкой;
- через 120÷150 суток ширина зоны разрушенных пород кровли составляет 1,5÷2 ширины выработки от кромки пласта;
- ширина зоны разрушенного угля краевой части пласта составляет на уровне забоя лавы 1,5÷2 м, а через 120÷150 суток 2÷3 ширины выработки.

Рассмотрим связь изложенных особенностей с эксплуатационными требованиями и реализацией их в некоторые параметры технических решений.

Активные смещения пород начинаются в 30÷100 м впереди забоя лавы и сопровождаются блокообразованием, расслоением кровли разрушением краевой части пласта. В этих условиях способ охраны и тип охраняющего устройства должны иметь гибкие технологические параметры: место установки ОУ необходимо связывать с размерами зоны влияния опорного



давления; площадь кровли, поддерживаемой ОУ, со структурными свойствами пород. Разрушение краевой части пласта, отжим угля – ведут к обнажению части кровли, которая не поддерживается крепью. Исходя из вышеизложенного, можно вывести следующие эксплуатационные требования к способам охраны и охраняющим устройствам:

- возведение ОУ до входа в зону опорного давления;
- введение переменного параметра ОУ – площади контакта с кровлей;
- укрепление краевой части пласта;
- создание первоначального распора ОУ.

Современная же технология предусматривает возведение ОУ в 3÷6 м за лавой, т.е. под разрушенную кровлю, при этом площадь поддерживаемой кровли не учитывается.

Таким образом, применяемые сегодня способы охраны и охраняющие устройства не учитывают особенности смещений и разрушений пород кровли и краевой части пласта.

Способы подготовки и обработки выемочных столбов

С этой точки зрения имеют значение следующие геомеханические особенности сдвижения и разрушения вмещающего массива на границе «массив – обрушенные породы»:

- разрушение краевой части пласта угля с течением времени составляет 2÷8 м от выработки;
- разрушение кровли пласта захватывает области над пластом угля до 2÷4 м от выработки;
- смещения в выработке, охраняемой целиками, меньше, чем при ее расположении на границе «массив – обрушенные породы»;
- вертикальные и боковые смещения в сохраняемой выработке меньше при расположении обрушенных пород со стороны падения.

Повторное использование выработки, сохраненной на границе «массив – обрушенные породы» всегда связано с проблемой поддержания верхнего сопряжения (при нисходящем порядке отработки пластов).

Суть в том, что движущиеся волны опорного давления очистного забоя инициируют более раннее сдвижение консолей пород, нависающих над сохраняемой выработкой в сторону отработанного выемочного столба. Это явление отмечено в вышеизложенных исследованиях.

Ухудшение состояния сопряжения и прилежащего к нему участка выработки носит периодический характер и связано со скоростью подвигания очистного забоя. Так при наблюдениях в вентиляционном штреке 111 ш.у. «Кольчугинское» при скорости подвигания очистного забоя 3 м/сут крепь на участке выработки 0-10 м деформировалась от 0 до 90 % с периодичностью 40 суток, при снижении скорости подвигания от 0,5 до 1 м/сут процент деформированной крепи составлял 50÷80 % и состояние сопряжения, соответственно, мало менялось.

Данный факт требует специального исследования, однако, очевидно негативное влияние на сопряжение суммирования динамического опорного давления очистного забоя и давления от консолей пород, нависающих над сохраняемой выработкой в сторону отработанного выемочного столба. При этом пласт угля на сопряжении окружен обрушенными породами, а сам уголь и кровля разрушены еще до подхода второй лавы. В связи с этим до 90% проявлений горного давления в очистном забое (вывалы, отжимы и т.д.) приурочены к его верхней половине.

На труднообрушаемых кровлях в этой зоне деформирует секции мехкрепей, просаживает гидростойки «насухо» и т.д. – в этом случае подготовку выемочных столбов следует производить с оставлением целиков угля и последующим их извлечением.

В Кузбассе (ш. «Октябрьская», ш. им. Кирова и др.) известен производственный опыт извлечения целиков угля одновременно с лавой единым оборудованием. При этой схеме подготовки снимается вопрос охраны выработки на границе «массив – обрушенные породы» и появляются проблемы, связанные с технологией выемки целика и проветривания этой части



лавы. Сегодня же в стране и за рубежом выпускаются специальные короткозабойные комплексы.

Другим направлением совершенствования схем подготовки, реализующим геомеханическое требование рациональности пространственного размещения обрушенных пород относительно выработки, сохраняемой на границе «массив – обрушенные породы», является применение восходящего порядка отработки выемочных столбов.

Таким образом, формулируются следующие эксплуатационные требования:

- применение схем подготовки с охраной выработок целиками и их последующим извлечением;
- учет фактора «расположение выработанного пространства» относительно сохраняемой выработки;
- поддержание несущей способности краевой части пласта за счет выемки разрушенного угля и перемещения выработки параллельно продольной оси.

Как показывает анализ, современные способы бесцеликовой подготовки и отработки не учитывают вышеизложенных геомеханических особенностей сдвижения и разрушения массива пород и краевой части пласта.

Изменить этот геомеханический процесс на современном уровне развития элементной базы технологии бесцеликовой отработки пластов не представляется возможным. Но можно создать систему разработки с гибкими параметрами: длиной лавы, шириной захвата комбайна, скоростями подвигания по простиранию и по восстанию и т.д. Подбором и оптимизацией этих параметров можно приспособиться к геомеханическим процессам горного массива.

Совершенствование способов крепления и крепей выработок, расположенных на границе «массив – обрушенные породы»

Разработаны следующие направления совершенствования способов крепления и конструкций крепей:

- 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);
- способ крепления вертикальных и наклонных выработок короткими отрезками.

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

Как видно из рис. 2, крепь состоит из трех верхняков 1, навешанных на анкера 2. Металлические верхняки располагаются вдоль оси выработки. Длина верхняков выбирается из условий удобства 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.

При наличии бокового давления в выработке может быть установлена дополнительно специальная бортовая металлическая крепь 4, которая работает отдельно 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 несвязанными элементами позволит уменьшить расход материала за счет применения менее материалоемких 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 породы».

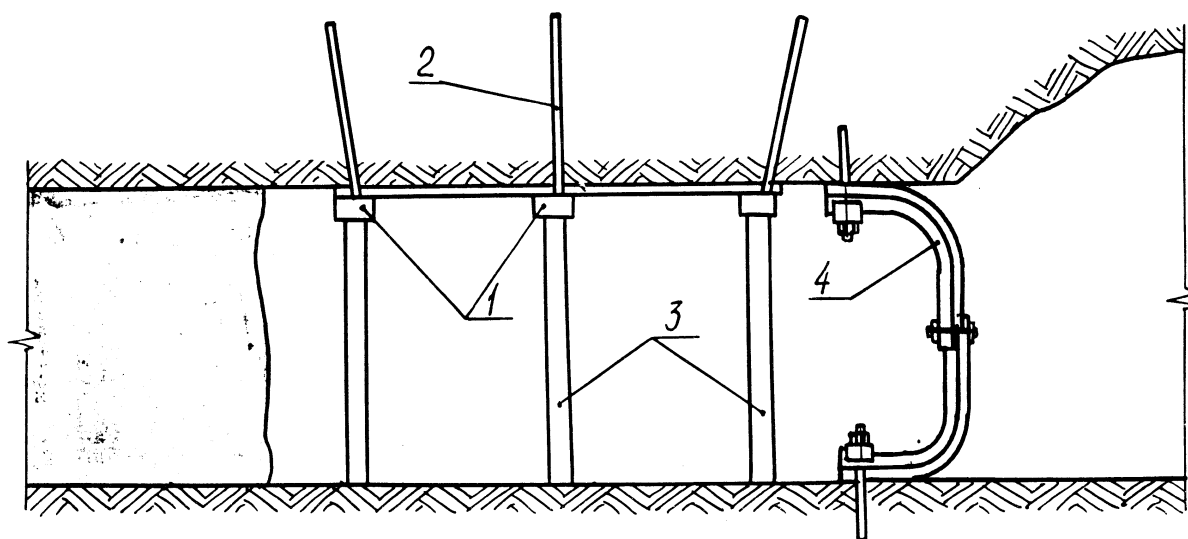


Рис. 2. Пример крепления сохраняемой выработки с расположением верхняков параллельно оси и из кинематически не связанных элементов.

Fig. 2. An example of securing a preserved working with the arrangement of topsides parallel to the axis and from kinematically unconnected elements.

Крепи из унифицированных элементов

Разнообразие ГГУ в Кузбассе и изменяющиеся геомеханические условия эксплуатации выработок, расположенных на границе «массив – обрушенные породы» вызывают необходимость применения различных, по своим кинематическим и силовым параметрам конструкций крепей. Современная же элементная база бесцеликовой технологии перенесена в новые геомеханические условия без изменения, что и является основной причиной неэффективного функционирования.



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. 3) и из различных их сочетаний получим следующие формы сечений, приведенные на рис. 4.

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 выработки, а также несколько других для компенсации направленных смещений вмещающих пород.

С увеличением количества элементов будут разнообразнее варианты форм сечений и тем большую возможность получают горняки для гибкого управления смещениями вмещающего массива.

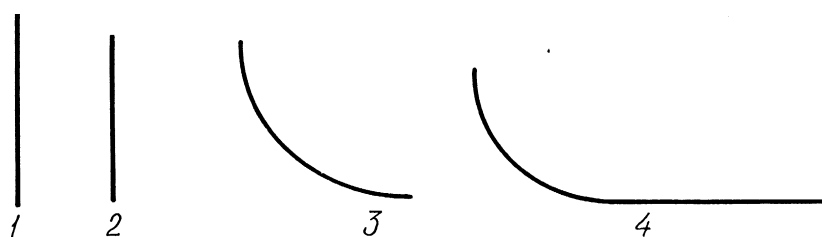


Рис. 3. Пример набора элементов
Fig. 3. An example of a set of elements

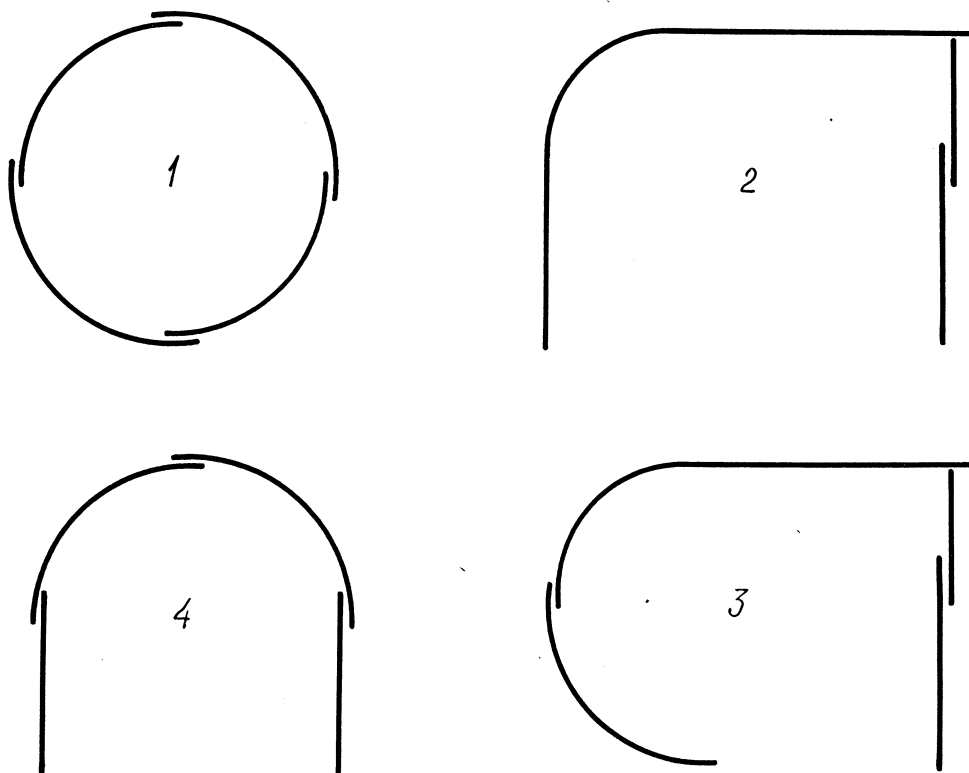


Рис. 4. Некоторые формы крепи, выполняемые из этого набора
Fig. 4. Some forms of support made from this set



Способ крепления горных выработок круглого сечения пружинной крепью (а. с. 1800038)

Разработка технологии крепления горных выработок, в основе которой лежит концепция использования цилиндрической винтовой пружины, как крепи, позволит создать ряд технологий нового технического уровня, имеющих общие технико-экономические признаки:

- крепь формируют непосредственно в выработке путем изгиба круглого стержня (узкой профилированной ленты) по породному контуру автономным или встроенным в исполнительный орган проходческого комбайна агрегатом;
- малооперационность, позволяющая автоматизировать процесс;
- крепление протяженного участка непрерывным профилем;
- снижение расхода материала за счет равномерного распределения его несущей способности по поддерживаемой площади.

Пружинная крепь (ПК) предназначена для горизонтальных, наклонных и вертикальных выработок, в основном, круглого сечения диаметром от 250 мм до 4 м, проводимых механическим способом, в породах любой крепости в зонах влияния горного давления и вне их.

Известные технологии крепления горных выработок основаны на принципе доставки готовых элементов крепи и, как правило, ручного монтажа конструкций на месте эксплуатации.

Процесс крепления выработок малого сечения ПК (углеспускных и вентиляционных скважин при разработке крутых пластов; различных коммуникационных выработок, используемых в строительстве и др.) может быть реализован по двум направлениям. Во-первых – путем создания автономного агрегата непрерывной навивки ПК вслед за проходческой машиной, в другом случае эту операцию выполняет проходческий механизм.

Предложенная технология является безмонтажной, и крепь формируется только машиной. Разработка данной технологии позволит решить ряд актуальных проблем при креплении горных выработок:

- ликвидировать тяжелый ручной труд;
- повысить безопасность процесса крепления выработок;
- увеличит производительность по проведению выработок.

При креплении выработок большого сечения ПК (стволов, шурфов, тоннелей, основных и подготовительных выработок) может использоваться как постоянная или временная, обеспечивающая безопасность ведения работ до возведения основной крепи и входить в её составным элементом.

Необходимо особо выделить область применения, остающуюся до сих пор белым пятном при креплении выработок, это геологические зоны с динамическими проявлениями горного давления: сейсмоопасные и опасные по горным ударам и внезапным выбросам угля.

Отметим те специфические свойства пружинной крепи, позволяющие заполнить данный технологический пробел:

- отсутствие соединительных элементов обеспечивает не разрушаемость крепи;
- небольшой диаметр профиля и его постоянный момент сопротивления позволяет максимально использовать пластичность металла, что обеспечивает не разрушаемость профиля крепи;
- не теряет несущей способности при деформировании одного или нескольких колец крепи;
- небольшое расстояние между витками (0-30 см) дает равномерное распределение несущей способности крепи по контуру выработки;
- возможность создания первоначального подпора на массив препятствует расслоению вмещающих пород.

В первом приближении, технология крепления ПК горизонтальных выработок большого сечения видится так.

При проведении выработки вслед за проходческим комбайном движется агрегат 4 (рис. 5). Не исключается вариант совмещения проходческого комбайна и агрегата для возведения ПК.

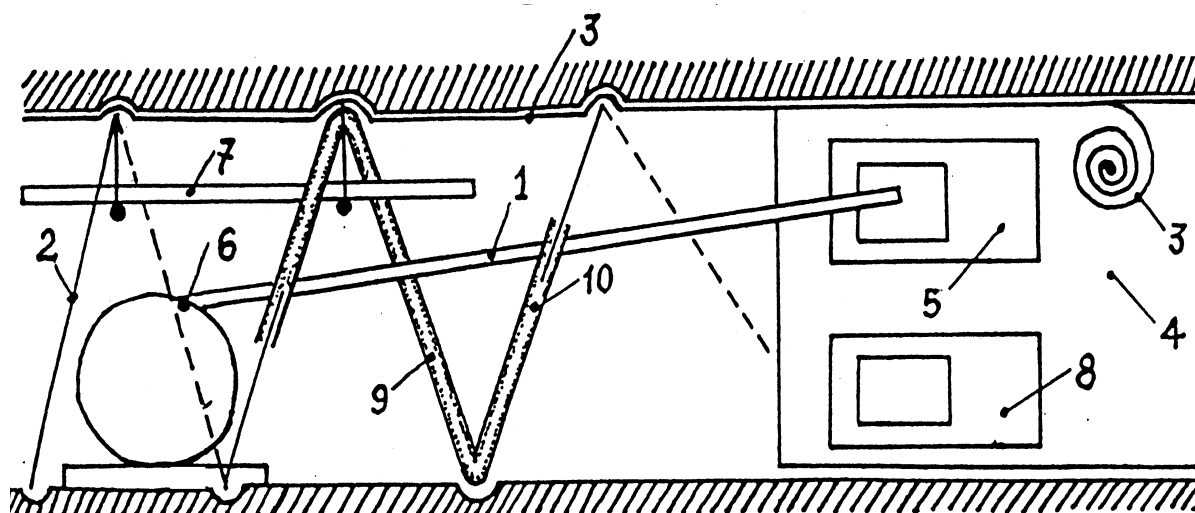


Рис. 5. Разрез по выработке на участке возведения пружинной крепи: 1 – стальной прут (стержень), из которого формируют ПК; 2 – установленная ПК; 3 – затяжка; 4 – агрегат для возведения ПК; 5 – устройство для изгиба стержня; 6 – бобина для доставки стержня; 7 – труба; 8 – устройство для формирования полый секции ПК; 9 – полая секция ПК; 10 – сминающийся состав.

Fig. 5. Section along the development at the section of the spring support erection: 1 - steel bar (rod), from which the PC is formed; 2 - installed PC; 3 - tightening; 4 - unit for PC construction; 5 - a device for bending the rod; 6 - reel for rod delivery; 7 - pipe; 8 - device for forming a hollow section of the PC; 9 - hollow section of the PC; 10 - crumple composition.

В агрегате 4 имеются: устройство 5, предназначенное для изгиба стержня 1 и формирования ПК 2, и устройство 8 для изгиба труб 7 в полую ПК 9. Вышеназванные устройства 5,8 изготавливают по известным в машиностроении аналогам.

Агрегат 4 начинает движение по выработке со скоростью, определяемой шагом навивки ПК и формирует секцию 2, из стержня, находящегося на бобине 6.

После окончания формирования стержневой секции ПК, количество витков в которой, расстояние между ними, а также диаметр стержня определяют на основании расчетов, в агрегат 4 вводится отрезок трубы 7 и формируется секция полую ПК, при этом торец стержневой ПК вводится внутрь полую 9. Межвитковое пространство, которое будет изменяться в некоторых пределах (например, от 5 до 30 см), в зависимости от условий применения ПК, перекрывают, в случае необходимости, рулонной затяжкой 3 вдоль оси выработки. В сыпучих породах межвитковое пространство перекрывается узкой профилированной лентой, уложенной также по спирали и образующей оболочку, в спиральные канавки, которой укладывают ПК. Этим же достигается постоянство коэффициента трения между ПК и вмещающим массивом.

Податливость ПК обеспечивается путем проскальзывания витков по оболочке при критических нагрузках, величины которых определяют расчетным путем.

Для обеспечения стабильности усилия податливости секции ПК заключают в пластиковую оболочку, а изменение усилия производят подбором коэффициента трения.

Гибкость параметров технологии (несущей способности и податливости) обеспечивают изменением шага навивки секций ПК, подбором диаметра и материала стержня, заполнением полых секций сминающимся составом, нанесением на секции ПК антифрикционных покрытий.

Малооперационность и безмонтажность крепления обеспечивают чередованием стержневых и полых секций ПК.

Предварительный подпор ПК на вмещающий массив обеспечивается увеличенным радиусом навивки секций ПК по сравнению с диаметром выработки, а также предварительным нагружением концов стержня секции ПК.



Поиск параметров ПК математическими методами показал, что вопрос нагружения винтовой пружины по цилиндрической поверхности не исследован.

Способ крепления вертикальных и наклонных выработок короткими отрезками

Целью технического решения является снижение трудоемкости возведения крепи в вертикальных и наклонных выработках.

Цель достигается следующим образом: по вертикальной выработке (после её расширения на необходимый диаметр) протягивают специальное устройство, преобразующее круглое сечение в n -угольное, например, шестигранное, таким образом, чтобы ребра граней располагались по винтовой линии с шагом, равным R , где R – радиус выработки.

Этот прием вызван необходимостью смещения стыков отрезков, что позволит повысить общую устойчивость данной системы крепления, так как её важной особенностью является возможность распределения локальных нагрузок на смежные витки.

Крепление выработки производят снизу вверх, для чего в нижнем устье выработки устанавливают опорный венец, закрепляют его в массиве. Затем на него укладывают по винтовой спирали элементы крепи – короткие отрезки, при этом стыки отрезков располагают в ребрах граней сечения, а между смежными отрезками укладывают фиксирующую, податливую прокладку.

Для создания первоначального подпора на массив, каждый очередной виток нагружают специальным приспособлением, например, домкратом со стороны торца последнего в витке отрезка и фиксируют, после чего укладывают следующий виток и т.д.

При увеличении сечения скважины, например, в случае вывала угля (при пересечении нарушения), количество отрезков в одном витке может быть увеличено до 8. Этот предел связан с высокой вероятностью потери устойчивости системы крепления при дальнейшем увеличении числа отрезков в одном витке. Если же вывал значительный и число отрезков в одном витке превышает 8, то в этом случае производят съёмку профиля участка с измененным сечением. Затем рассчитывают длину отрезков в каждом витке, при сохранении их количества и формы сечения, т.е. плавно увеличивают длину отрезка в каждом последующем витке, по мере увеличения сечения, а затем уменьшают, при восстановлении нормального сечения выработки.

Сущность технического решения поясняется чертежами. На рис.3.6 изображен разрез вертикальной выработки, пройденной по углю, вдоль её оси. Установку крепи, состоящую из коротких отрезков, производят со специального полка 7.

Короткие отрезки, из которых собирается данная крепь, изготавливают на поверхности, предварительно рассчитав длину и угол среза торцов отрезков. Затем их подают на полку с помощью непрерывного троса 8, приводимого в движение с полка, по мере необходимости, затем очередной отрезок снимают с троса и укладывают на венец спиральной крепи и т.д.

Важной технологической особенностью данного способа является возможность применять его в выработках с небольшим сроком существования наиболее дешевый и доступный материал – необработанное дерево, причем здесь допускается значительный разброс диаметра кругляка, что не вносит изменений в характер работы всей системы крепи.

Это связано с принципом работы крепи: короткие отрезки работают на сжатие – оптимальный режим нагружения для дерева, а при локальных нагрузках взаимодействуют со смежными витками крепи, распределяя нагрузку между собой. При различной толщине смежных отрезков крепи 9, 10, под отрезок меньшего диаметра устанавливают прокладки 11.

Длину отрезков принимают несколько больше, чем сторона вписанного шестиугольника, а при установке отрезков на венец, стыки смежных отрезков заглубляют в массив, с целью придания большей устойчивости всей системе. Предложенный способ крепления вертикальных горных выработок имеет следующие преимущества:

- простота технологии возведения крепи и малооперационность;

- адаптивность системы крепления к непредвиденным и технологическим изменениям сечения выработки;
- снижает трудоемкость, облегчает ручной труд, повышает производительность.

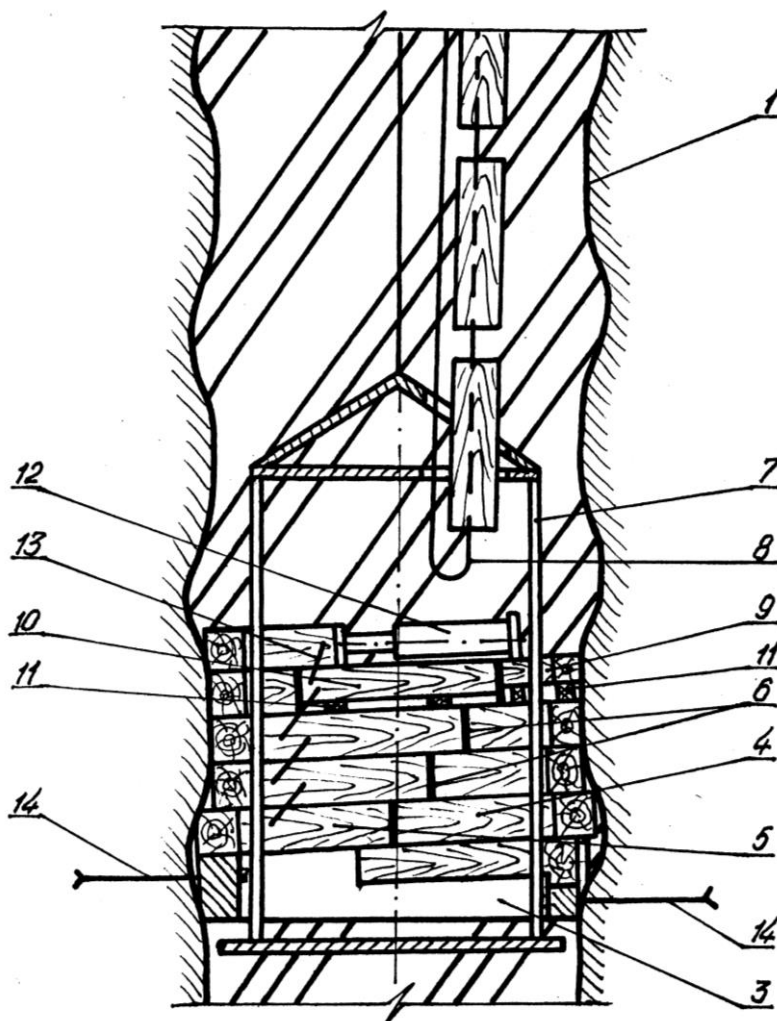


Рис. 6. Разрез выработки вдоль оси: 1 – вертикальная выработка; 2 – ребро шестигранника; 3 – опорный венец; 4, 5 – стыкованные смежные отрезки; 6 – фиксирующая податливая прокладка; 7 – полок для монтажа крепи; 8 – трос; 9, 10 – смежные отрезки крепи разного диаметра; 11 – выравнивающие прокладки; 12 – домкрат; 13 – скоба; 14 – опорный венец на анкерах.

Fig. 6. Section of the working along the axis: 1 - vertical working; 2 - an edge of a hexagon; 3 - support ring; 4, 5 - butted adjacent segments; 6 - fixing flexible gasket; 7 - shelves for mounting the support; 8 - cable; 9, 10 - adjacent sections of lining of different diameters; 11 - leveling gaskets; 12 - jack; 13 - bracket; 14 - support ring on anchors.

Совершенствование способов охраны и охраняющих устройств

Разработано четыре направления совершенствование способов охраны и охраняющих устройств:

- возведение ОУ во время проведения выработки;
- с гибким параметром «площадь контакта ОУ с кровлей»;



- с заполнением сечения углем (а. с. 623970);
- с предварительным распором (а. с. 1401141).

Способ охраны с возведением охраняющего устройства в подготовительной выработке во время ее проведения

Многочисленные натурные исследования показали, что сдвигание и разрушение боковых пород в сохраняемой подготовительной выработке начинается в 20÷60 м впереди очистного забоя. При этом максимум скорости смещения обычно приходится на участок от 0 до 5 м за забоем лавы. Охраняющее же устройство устанавливают обычно в 3÷6 м после прохода ОЗ, т.е. под разрушенную, разуплотненную кровлю, а, следовательно, не оказывает существенного положительного влияния на состояние сохраняемой подготовительной выработки.

Предложен следующий способ охраны подготовительной выработки при восходящем порядке отработки выемочных столбов (рис. 7). Одновременно с проведением выработки 1 в массиве со стороны лежачего бока в пласте угля вынимается берма 3. В случае присечки боковых пород при проведении выработки выемка угля и породы может вестись раздельно. Сначала вынимается уголь из сечения выработки и бермы. В берме устанавливают металлические верхняки 4 и разборную опалубку в которую загружают породами присечки, а затем подают связывающий раствор. Для создания подпора бутобетонной тумбы с кровлей в конце ее заполнения подается порция расширяющего бетона.

Устанавливая ОУ до начала основных смещений пород кровли, получаем возможность более эффективно воздействовать на процесс разрушения.

Таким образом, предлагаемый способ и устройство для его осуществления обеспечивают:

- повышение эффективности управления проявлениями горного давления;
- возможность применения прямого проветривания;
- независимость ведения работ по охране выработки и процесса добычи угля;
- безопасность ведения работ по охране выработки и креплению сопряжения;
- уменьшение объема выдаваемой породы.

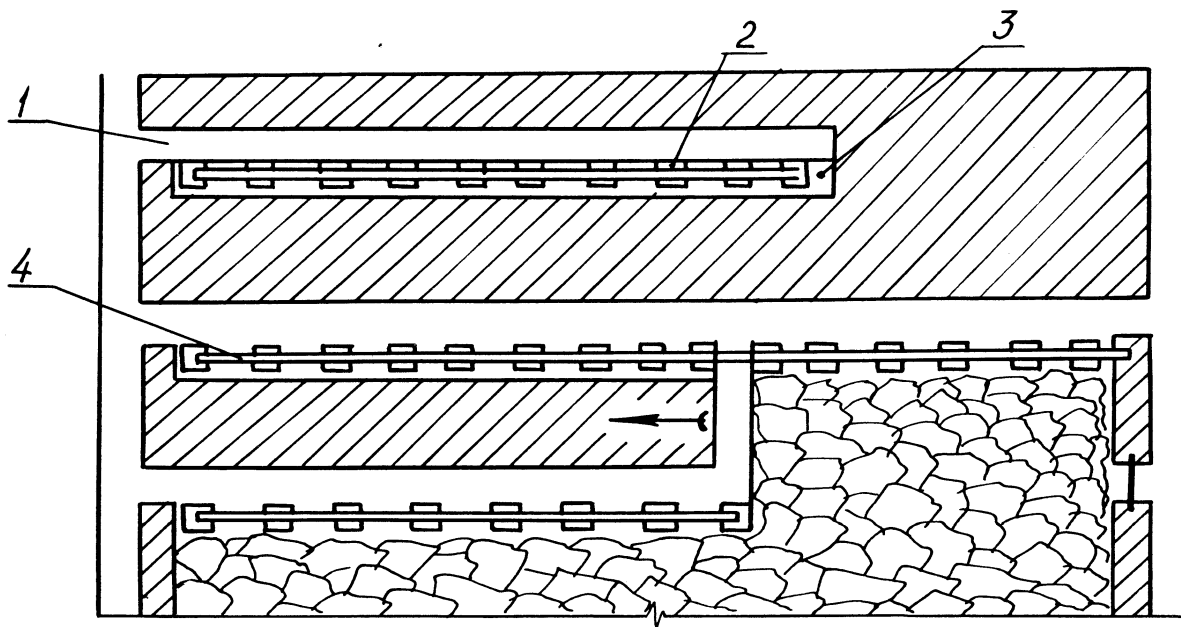


Рис. 7. Возведение ОУ в подготовительной выработке во время ее проведения.

Fig. 7. Erection of the OS in the preparatory working during its implementation.

Способ охраны с регулируемым параметром – площадью контакта ОУ с кровлей

Как уже отмечалось, возведение ОУ за лавой – это установка его под разрушенную кровлю. В этом случае, как показали приведенные выше исследования, повышение эффективности управления сдвижением пород основной кровли может быть достигнуто за счет выбора оптимальной площади контакта ОУ с непосредственной кровлей (критерий ИРНСОУ).

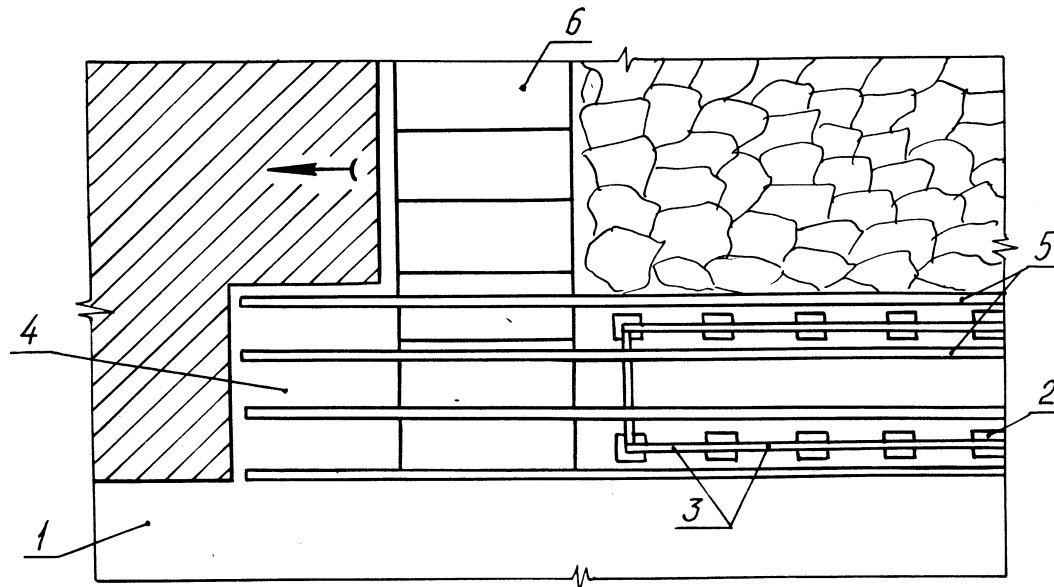


Рис. 8. Способ охраны подготовительной выработки с регулируемым параметром – площадью контакта ОУ с кровлей

Fig. 8. A method of guarding a preparatory working with an adjustable parameter - the contact area of the OS with the roof

Для данного случая предложен следующий способ охраны подготовительной выработки (рис. 8). Во время очистной выемки обычно вынимается ниша 4, которая крепится временной крепью. Предлагается при передвигке механизированной крепи 6 металлические верхняки 5 не убирать, а пропускать над секциями крепи. За секциями МК под верхняки устанавливаются стойки, под защитой которых возводится охраняющее устройство 2, например, бетонные тумбы. Место установки первого ряда ОУ определяется исходя из параметров разрушения основной кровли. Допустим, наблюдениями установлено, что длина блоков основной кровли, нависающих над сохраняемой выработкой 1, равна 10 м. В этом случае первый ряд тумб необходимо установить, как минимум, за центром тяжести консоли, т.е. в 6 м. Промежутки между рядами поддерживаются за счет верхняков 3, уложенных на тумбы. Таким образом, значительная площадь контакта ОУ с кровлей, позволит более эффективно воздействовать на смещения в выработке даже при слабой непосредственной кровле.

Способ охраны выработки с предварительным распором охраняющего устройства (а.с. 1401141)

Целью данного технического решения является повышение эффективности взаимодействия ОУ с кровлей пласта за счет обеспечения первоначального распора путем применения набора средств, имеющихся сегодня в распоряжении горнорабочего.

Указанная цель достигается тем, что стойки 2 устанавливают под специальное устройство «верхняк – площадку» в наклонном положении таким образом, чтобы они являлись ребрами четырехгранной пирамиды с вершиной, обращенной к почве пласта (рис. 9-а, б). Подобное расположение стоек обеспечивает их устойчивость при смещениях боковых пород в любом



направлении, так как давление на любую из стоек-ребер вызывает расклинивание противоположных стоек.

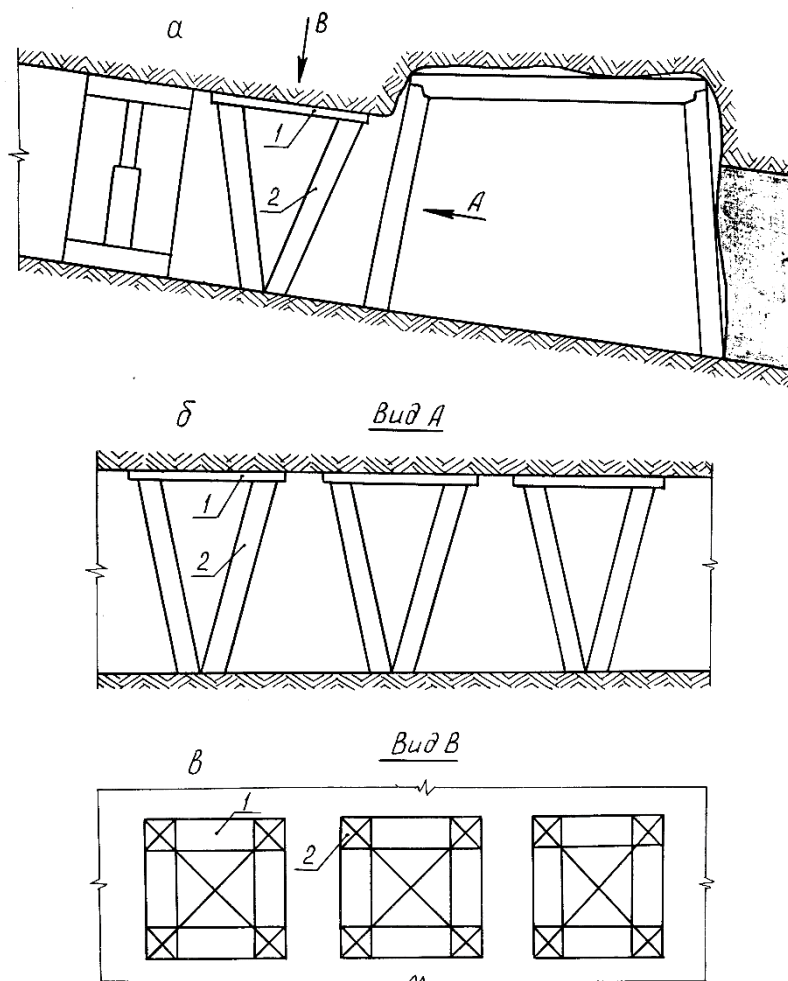


Рис. 9. Способ охраны выработки с предварительным распором охраняющего устройства (а. с. 1401141)

Fig. 9. Method of guarding a mine with a preliminary spreading of the guarding device (a. P. 1401141)

Применение «верхняка – площадки» обеспечивает эффективное взаимодействие системы «охраняющее устройство – кровля» за счет увеличения площади контакта. Создание первоначального распора обеспечивается за счет стягивания стоек к центру «верхняка – площадки» специальным приспособлением.

Податливость предложенной системы обеспечивается путем правильного выбора нагрузки на «верхняк – площадку», его размеров, угла наклона стоек, а также устройства «верхняка – площадки», которое обеспечивает расхождение стоек при превышении критической нагрузки.

В случае слабых почв пласта устанавливается «площадка – лежан» с поворотом ее главных центральных осей относительно «верхняка – площадки» на такой угол, который необходим для установки стоек по диагонали в Х-образное положение. В этом случае предварительный распор производится поворотом одной из опорных площадок относительно другой.

«Верхняк – площадка» (площадка – лежан) представляет собой стальную сварную конструкцию в форме квадрата или прямоугольника с ячейками 2 под концы стоек.

Способ охраны выработки с заполнением сечения углем

Разработан ряд способов охраны выработки, сущность которых заключается в следующем: сохраняемая выработка после прохода лавы полностью заполняется углем, который компенсирует проявления горного давления (а. с. 623970).

Целью данного технического решения является защита крепи повторно используемой выработки от поломок и деформаций в зоне активного сдвижения пород. Способ может быть применен на пластах любой мощности.

На рис. 10 представлена общая схема применения этого предложения. Выемочный столб 1 отрабатывается лавой 3 по бесцеликовой технологии с сохранением выработки 2 для повторного использования при выемки смежного столба 4. Указанная выработка закреплена металлической рамной крепью.

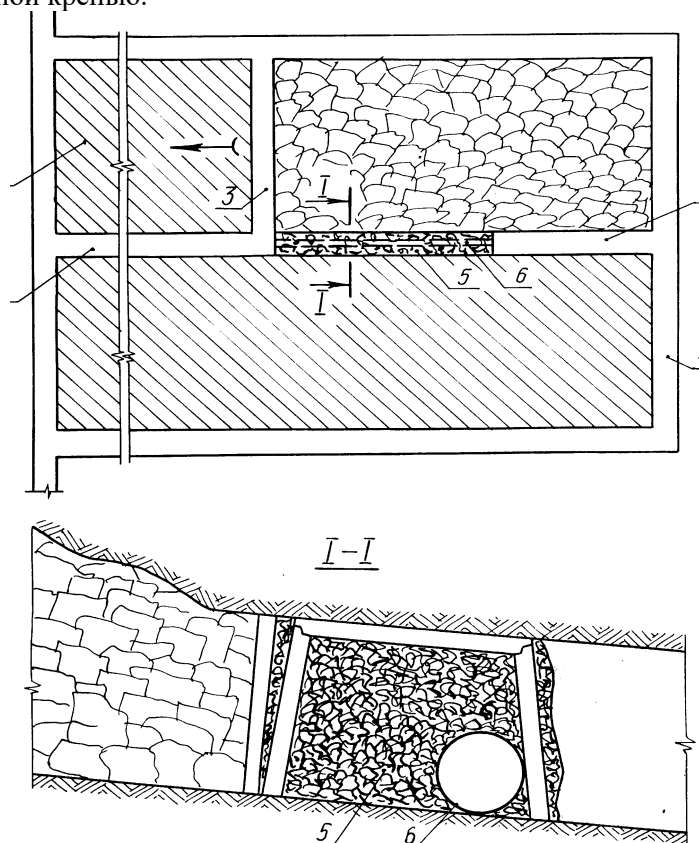


Рис. 10. Способ охраны выработки с заполнением сечения углем
 Fig. 10. Method of protection of working with filling the section with coal

В случае отработки мощного пласта после прохода очистного забоя 3, в выработке 2 извлекают затяжку и обрушают между рамами крепи угольный массив над выработкой, полностью заполняя сечение углем. После затухания сдвижения горных пород извлекают разрушенный уголь и устанавливают затяжку между рамами крепи.

При применении данного способа на самовозгорающихся пластах, а также с целью увеличения несущей способности разрушенного угля и упрощения процесса восстановления выработки, после обрушения меж рамных промежутков в разрушенный уголь вводится связующий компонент, например, пенопласт.

Для обеспечения проветривания нижнего выемочного столба в выработке 2 перед заполнением ее углем может быть размещена жесткая вентиляционная труба 6, которая демонтируется после восстановления выработки и используется многократно.

При применении этого способа на пластах средней мощности сечение выработки 2 заполняют углем, полученным при добыче в очистном забое 3, в который также вводится связующее, для создания первоначального распора.



Совершенствование способов подготовки и отработки выемочных столбов

Разработаны следующие технические решения по способам подготовки и отработки выемочных столбов:

- с нестационарными подготовительными выработками (а. с. 1323718);
- с адаптивными технологическими параметрами - система разработки «широкие столбы с выемкой узкими длинными полосами» (а. с. 2179638);
- с восходящим порядком отработки выемочных столбов.

Способ отработки выемочного столба нестационарными подготовительными выработками (а. с. 1323718)

Целью данного технического решения является сокращение объема проведения подготовительных выработок как минимум в два раза и снижение затрат на поддержание подготовительных выработок.

Способ реализуется следующим образом.

При нисходящем порядке отработки в выемочном поле проходится вентиляционный штрек и монтажная камера, в которых производится монтаж мехкрепей по всей их длине.

На рис. 11 показана схема ведения очистных работ.

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:

$$\varphi = 90 + \arcsin V' / V \quad (4)$$

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 отработки 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.

Система разработки «длинными полосами с короткими забоями»

Целью предлагаемого технического решения является сокращение объема проведения подготовительных выработок в выемочном поле и, следовательно, снижение себестоимости добычи угля, а также повышение безопасности работ путем выбора параметров выемочного поля и очистного забоя, исходя из геомеханических геотехнических и технологических условий.

Поставленная цель достигается тем, что в способе, включающем оконтуривание выемочного поля выработками, последовательную выемку угля в очистном забое, поддержание кровли установкой ряда искусственных целиков, силовые параметры которых адекватны

внешним нагрузкам, и последующую их передвижку, ведут между параллельными выработками, оконтуривающими выемочное поле, узкими полосами, длину которых перед оконтуриванием определяют по формуле:

$$L \leq [U] \cdot V_{\text{о.з.}} / V_{\text{кр.}} \quad (\text{м}), \quad (5)$$

где L – длина узкой полосы, м; $[U]$ – допустимая податливость мехкрепей по условиям эксплуатации, мм; $V_{\text{о.з.}}$ – скорость подвигания очистного забоя, м/сут; $V_{\text{кр.}}$ – скорость опускания кровли, мм/сут,

а ширину узкой полосы принимают равной шагу посадки основной кровли, при этом очистной забой перемещают ортогонально ряду искусственных целиков, устанавливаемых по длине узкой полосы, причем длину каждого целика и шаг его передвижки берут также равной шагу посадки основной кровли.

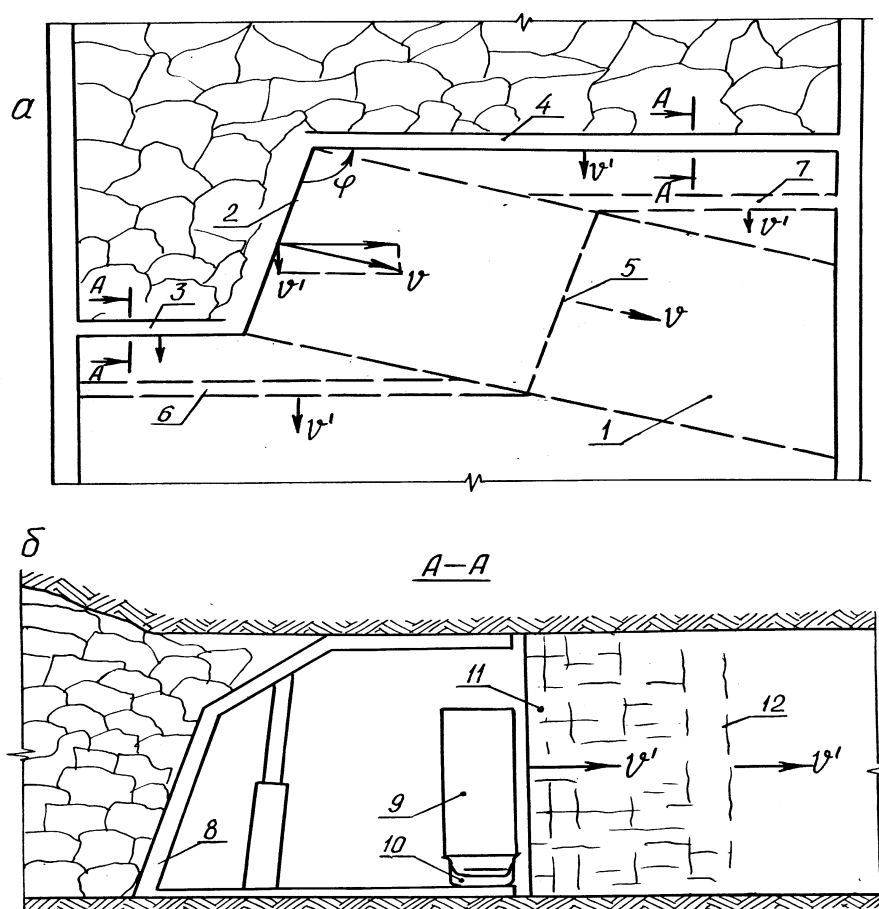


Рис. 11. Способ отработки выемочного столба нестационарными подготовительными выработками

Fig. 11. Method of mining the extraction pillar by non-stationary preparatory workings

Длина узкой полосы (расстояние между параллельными оконтуривающими выработками) определяется из приведенного выше выражения. Его физический смысл заключен в условии равенства времени выемки узкой полосы и времени, за которое кровля очистного забоя смещается на величину допустимой податливости мехкрепей (техническая характеристика).

Геомеханические параметры: шаг посадки основной кровли, величину опускания и скорость опускания кровли определяют с помощью известных методов исследования. Технологический параметр – скорость подвигания очистного забоя, принимают исходя из необходимого уровня добычи угля.

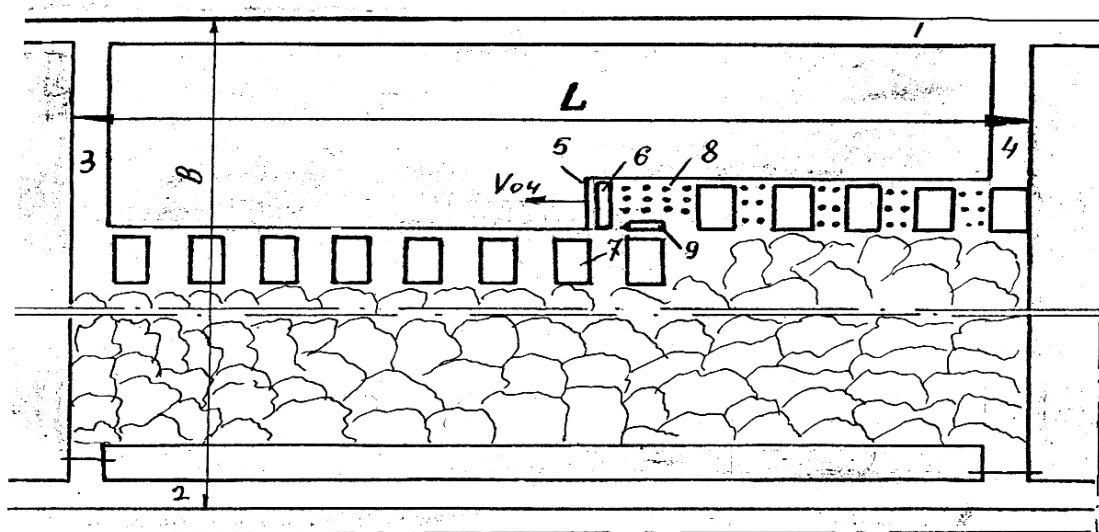


Рис. 12. Схема разработки пологих пластов длинными полосами с короткими забоями (а. с. 2179638)

Fig. 12. Development scheme for shallow seams with long strips with short faces (a.s. 2179638)

На рис. 12 показана схема отработки пологих пластов узкими полосами, где: 1, 2, 3, 4 – выработки оконтуривающие выемочное поле, 5 – очистной забой, 6 – выемочный агрегат, 7 – механизированные целики (МЦ), 8 – анкерная крепь, 9 – передвижник крепи; L – размер выемочного поля по простиранию, B – размер поля по падению.

Предлагаемый способ разработки иллюстрируется следующим примером. Перед оконтуриванием выемочного поля предварительно определяют параметры геомеханические (шаг посадки основной кровли, размеры и вес блоков на шаге посадки, величину опускания и скорость опускания кровли), технические (допустимая податливость крепи), технологические (скорость подвигания очистного забоя). Затем рассчитывают длину узкой полосы по формуле 5.

Размер выемочного поля "B" определяют из известных технико-экономических расчетов, или ими задаются, исходя из горно-геологических условий.

Шаг посадки основной кровли, среднюю скорость смещений пород кровли определяют известными способами. Положим, что он равен 10÷12 м, а скорость смещения $V = 10$ мм/сут, допустимая податливость крепи по условиям эксплуатации $[U] = 100$ мм. Скорость подвигания очистного забоя принимают исходя из условий обеспечения необходимого объема добычи и технических возможностей выемочного агрегата, положим ее равной $V = 100$ м/сут.

В этом случае, длина узкой полосы L в оптимальном варианте составит: $L = 100(\text{мм}) \cdot 100(\text{м/сут}) / 10(\text{мм/сут}) = 1000$ м. После чего проходят выработки 3, 4 (рис. 12), расстояние между которыми равно длине узкой полосы 1000 м, устанавливают ряд искусственных целиков 7. Схему расстановки искусственных целиков по длине узкой полосы принимают по следующим условиям:

$$b = a/2; R = P/2;$$

где b – расстояние между смежными целиками;

a – минимальный размер блока основной кровли по длине ряда целиков, м;

R – несущая способность одного целика;

P – вес одного блока консоли пород основной кровли.

Физический смысл этого условия заложен в необходимости размещения под каждым блоком основной кровли как минимум двух механизированных целиков по силовым и геометрическим параметрам.

При этом длину искусственного целика 7 принимают равной шагу посадки основной кровли 10 м. Очистной забой 5 размещают по ширине узкой полосы, которую принимают



также равной шагу посадки основной кровли 10 м. Очистной забой перемещают ортогонально ряду искусственных целиков. Этим приемом формируется дополнительная линия опоры консоли основной кровли – по ширине узкой полосы.

Таким образом, в данном решении, подрабатываемый очистным забоем, блок консоли основной кровли удерживается в массиве по двум его сторонам, тогда как в сравниваемом варианте, он закреплен в массиве только по одной стороне.

Выемку угля в очистном забое 5 производят выемочным агрегатом 6, например, АК-3М. При наличии слабых пород в непосредственной кровле, осуществляют временное крепление выработанного пространства анкерной крепью 8. Передвижку искусственных целиков 7 осуществляют сразу на шаг посадки основной кровли (т.е. на всю длину очистного забоя 10 м) специализированным автономным агрегатом, который перемещается по длине узкой полосы по мере необходимости. Величину отставания передвижки целиков от очистного забоя 5 связывают с устойчивостью непосредственной кровли, размерами блоков основной кровли, а также с условиями посадки основной кровли.

Уменьшение на порядок длины очистного забоя открывает возможность автоматизировать процесс отбойки. Взаимосвязь шага посадки основной кровли с длиной очистного забоя и шагом передвижки, а также соразмерность несущей способности механизированного целика с весом блока консоли основной кровли, позволит устранить опасные проявления горного давления в зоне максимального скопления людей – в очистном забое и вынести зону обрушения пород в безопасное место. Т.е. посадка кровли в данном варианте может осуществляться в необходимом месте и в заданное время – процесс становится управляемым и контролируемым во времени и пространстве, а, следовательно, безопасным.

Целью введенной зависимости: выбора длины узкой полосы от скорости опускания кровли и скорости перемещения линии очистного забоя, является условие ограничения времени поддержания блока консоли основной кровли между смежными передвижками механизированного целика, не доходя до полного исчерпания податливости МЦ.

Сочетание и взаимосвязь параметров, приемов и операций в данном техническом решении позволяют получить новый технический эффект – в выемочном поле отпадает необходимость деления его на выемочные столбы.

Приведенная последовательность приемов и операций, а также адаптивная взаимосвязь параметров элементной базы системы разработки и геомеханики позволяют получить новые технологические и социально-экономические результаты.

Предлагаемое техническое решение обеспечивает повышение безопасности ведения горных работ по сравнению с известным способом:

- за счет ортогонального перемещения линии ОЗ относительно ряда МЦ и уменьшения длины ОЗ с 150 м (прототип) до 10 м, формирования новой дополнительной линии опоры блока консоли ОК на вмещающий массив, что одновременно с повышением скорости подвигания ОЗ с 5–15 м/сут (прототип) до 100 м/сут и более, уменьшает смещения и разрушение пород кровли в зоне максимального присутствия людей, а также обеспечивает надежное удержание блока по двум другим его сторонам с помощью МЦ;
- зона обрушения пород кровли выносится за пределы зоны максимального присутствия людей, причем этот параметр становится регулируемым во времени и пространстве;
- устраняет явление "топтанья" кровли, т.к. передвижка производится сразу на шаг посадки ОК, причем время между передвижками увеличивается до 10 суток, т.е. передвижка МЦ производится в 15÷18 раз реже, чем в известном способе.

Предлагаемое техническое решение обеспечивает следующие технологические преимущества:

- позволяет применить новую добычную технику с высокой производительностью, за счет снятия ограничений на размеры;



- позволяет предельно упростить конструкцию крепей, например, убираются центральные маслопроводы, часть гидравлики – передвижка секций осуществляется автономным агрегатом;
- применить новый способ транспортирования угля из очистного забоя, например, появляется возможность применить самоходные вагонетки;
- разобщить во времени и пространстве процессы добычи угля, крепления и посадки кровли;
- сократить объём проведения подготовительных выработок;
- упростить технологию перехода ОЗ нарушенных участков пласта, за счет резкого уменьшения длины ОЗ.

Предлагаемое техническое решение обеспечивает экономические преимущества:

- резкое снижение затрат на проведение подготовительных выработок, за счет сокращения объёма проведения подготовительных выработок;
- сокращение потерь угля в выемочном поле;
- повышение рентабельности шахты в целом.

Геомеханические и технологические преимущества применения восходящего порядка отработки выемочных столбов

Ранее нами выявлены определенные геомеханические и технологические предпосылки для утверждения, что восходящий порядок отработки выемочных столбов имеет преимущества перед нисходящим.

Для подтверждения этих положений и получения количественной оценки влияния порядка отработки подэтажей на состояние сохраняемой выработки рассмотрим схемы (рис. 13, 14).

Из их анализа видно, что основное геомеханическое различие восходящего и нисходящего порядков выемочных столбов по бесцеликовой технологии с сохранением выработок заключается:

- в расположении выработанного пространства, а, следовательно, величин боковых нагрузок со стороны обрушенных пород на крепь сохраняемой выработки;
- в силах давления пород, нависающих над сохраняемой выработкой, которые связаны с разницей глубин расположения этих выработок, при условии равенства глубины разработки по центру очистного забоя.

Из их анализа видно, что основное геомеханическое различие восходящего и нисходящего порядков выемочных столбов по бесцеликовой технологии с сохранением выработок заключается:

- в расположении выработанного пространства, а, следовательно, величин боковых нагрузок со стороны обрушенных пород на крепь сохраняемой выработки;
- в силах давления пород, нависающих над сохраняемой выработкой, которые связаны с разницей глубин расположения этих выработок, при условии равенства глубины разработки по центру очистного забоя.

Расчетная оценка влияния расположения выработанного пространства на боковую нагрузку крепи сохраняемой выработки и сил давления горных пород кровли

Произведем количественную оценку влияния расположения выработанного пространства на боковую нагрузку на крепь сохраняемой выработки (рис. 13).

Боковая нагрузка на крепь от разрушенных пород при нисходящем и восходящем порядках определяется по следующей формуле [27]:

$$q_{н.в.} = \gamma H^2 / 2 \{ \operatorname{tg}[45 - (\varphi \pm \alpha_n) / 2] \pm \operatorname{tg} \alpha_n \}^2 \cos \alpha_n, \quad (6)$$

где γ – объемный вес пород; H – глубина горных работ; α_n – угол падения пласта; φ – угол естественного откоса обрушенных пород.

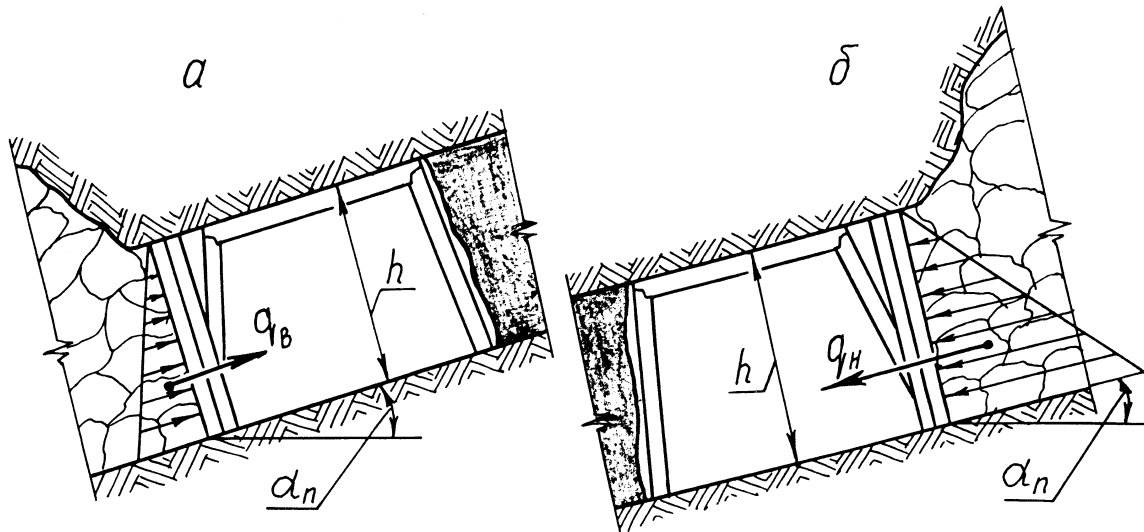


Рис. 13. Схемы к расчету боковой нагрузки на крепь сохраняемой подготовительной выработки: а – восходящий порядок отработки; б – нисходящий
Fig. 13. Schemes for calculating the lateral load on the support of the maintained development workings: a - ascending order of mining; b - descending

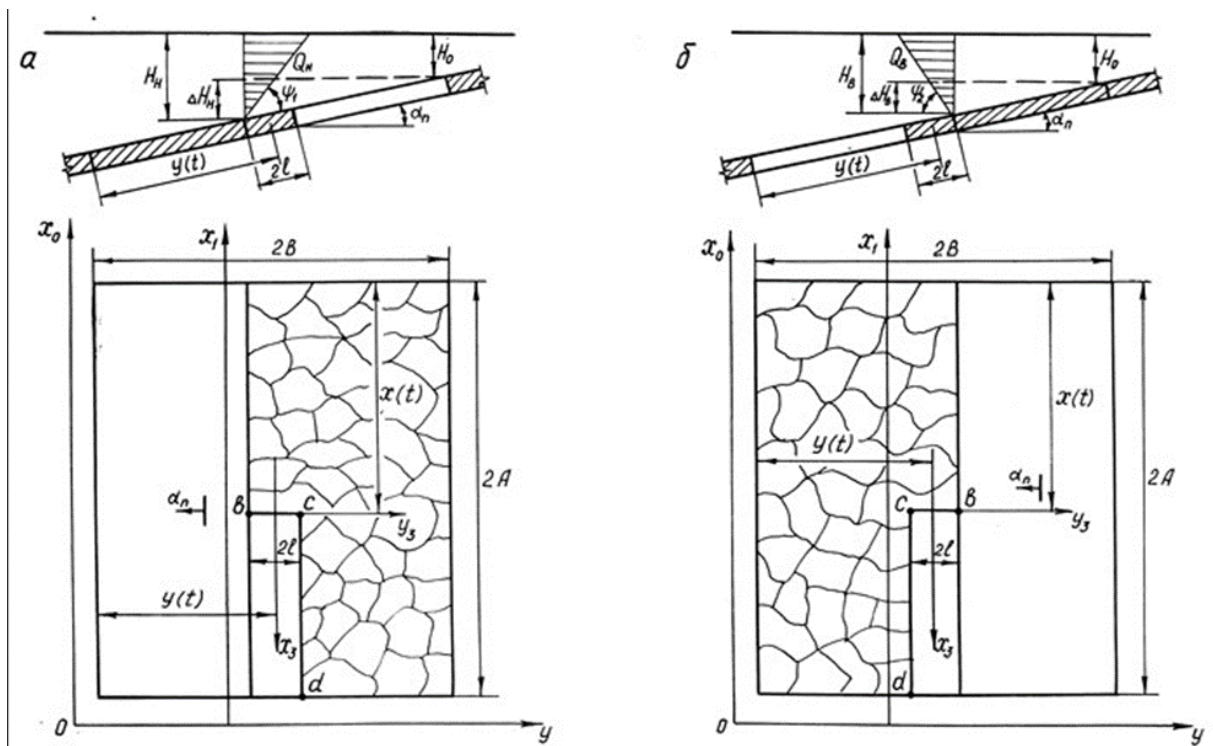


Рис. 14. Расчетные схемы к определению влияния порядка отработки выемочных столбов: а – восходящий порядок отработки; б – нисходящий
Fig. 14. Design schemes to determine the influence of the order of mining pillars: a - ascending order of mining; b - descending



Для оценки влияния порядка отработки выемочных столбов на боковую нагрузку введем коэффициент:

$$K_q = q_n/q_v \quad (7)$$

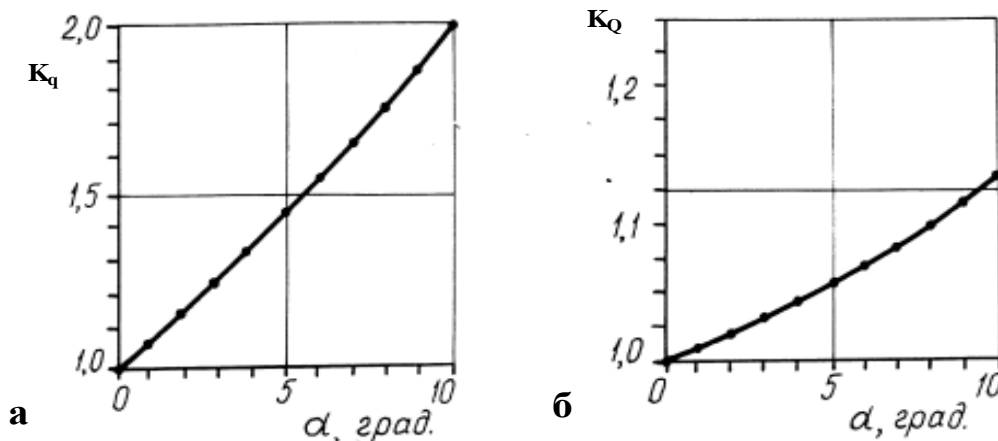


Рис. 15. Графики влияния угла падения пласта на величины коэффициентов: а – K_q ; б – K_Q .
Fig. 15. Graphs of the influence of the angle of incidence of the formation on the values of the coefficients: а - K_q ; б - K_Q .

На рис. 15-а представлен график влияния угла падения пласта на величину коэффициента, из которого видно, что при $\alpha_n = 5^\circ$, $K_q = 1,42$, а при 10° – $K = 2,0$, т.е. боковая нагрузка на крепь сохраняемой выработки при восходящем порядке отработки выемочных столбов в 2 раза меньше.

Произведем количественную оценку сил давления горных пород кровли, нависающих над сохраняемой выработкой при нисходящем и восходящем порядках (рис. 13), по известным формулам:

$$\begin{aligned} Q_n &= \gamma H_n^2 \cdot \cos \psi_1 / 2 \sin(\psi_1 + \alpha_n); \\ Q_v &= \gamma H_v^2 \cdot \cos \psi_2 / 2 \sin(\psi_2 - \alpha_n); \\ Q_r &= \gamma H_r^2 \cdot \cos \psi_3 / 2 \sin \psi_3, \end{aligned} \quad (8)$$

где H_n , H_v , H_r – глубина расположения сохраняемой выработки, соответственно, при нисходящем, восходящем (при $\alpha_n \neq 0$) и при горизонтальном залегании пласта;

ψ_3 – угол полного обрушения, град.;

α_n – угол падения пласта, град.;

γ – средневзвешенный объемный вес пород.

Углы полных обрушений определяются по формулам

$$\begin{aligned} \psi_1 &= 50 - 0,25 \alpha_n; \\ \psi_2 &= 50 + 0,38 \alpha_n \end{aligned} \quad (9)$$

Глубину расположения сохраняемой выработки определяем по формулам:

$$\begin{aligned} H_n &= H_0 + \Delta H_n; \\ H_v &= H_0 + \Delta H_v; \\ H_r &= H_0 + \Delta H_r, \end{aligned} \quad (10)$$

где ΔH_n , ΔH_v , ΔH_r – приращения глубины расположения выработки при нисходящем (восходящем) порядке выемки подэтажей при $\alpha_n \neq 0$ от горизонтального залегания пласта;

H_0 – глубина расположения вентиляционного горизонта выемочного поля.

Приращение глубины расположения сохраняемых выработок можно получить по следующим зависимостям:

$$\begin{aligned} \Delta H_n &= (2B - y^{H*}) \sin \alpha_n; \\ \Delta H_v &= (2B - y^{B*}) \sin \alpha_n; \end{aligned} \quad (11)$$



$$\Delta H_r = (2B - y^r_*) \sin \alpha_n,$$

где $2B$ – размер выемочного поля по падению;

y^H_* , y^B_* – координаты сохраняемой выработки при нисходящем и восходящем порядках отработки;

y^r_* – координата центра (середины) очистного забоя длиной $2l$.

$$\begin{aligned} y^H_* &= y(t) - l; \\ y^B_* &= y(t) + l; \\ y^r_* &= y(t). \end{aligned} \quad (12)$$

Произведя расчет по предложенному алгоритму, можно определить разницу сил давления нависающих горных пород в сравниваемых вариантах:

$$\begin{aligned} \Delta Q_n &= Q_r - Q_n; \\ \Delta Q_b &= Q_r - Q_b. \end{aligned} \quad (13)$$

Величина $\Delta Q_{b,n}$ позволяет оценить количественно разницу величин горного давления в обоих случаях. Для получения безразмерной величины, позволяющей судить о влиянии порядка отработки, введем следующий коэффициент:

$$K_Q = \Delta Q_{b,n} / Q_r \quad (14)$$

Этот коэффициент в дальнейшем используется в расчетах в следующей главе.

Для сравнительной оценки влияния порядка отработки удобнее воспользоваться соотношением подобным:

$$K_Q = Q_n / Q_b. \quad (15)$$

На рис. 15-б представлен график влияния угла падения пласта на данный коэффициент. Как видим, при изменении угла падения пласта от 0 до 18° он возрастает от 1 до $1,25$.

Расчеты, по приведенным выше зависимостям, показывают, что величина сил давления при восходящем порядке на глубине 200 м, угле падения 8° на 6400 т меньше (на 1 п/м сохраняемой выработки), чем при нисходящем.

Эмпирическая оценка влияние порядка отработки на основные горнотехнические факторы

Рассмотрим влияние порядка отработки на основные горнотехнические факторы.

Негативное влияние притоков воды при нисходящем порядке подготовки подэтажей при системе отработки длинными столбами по простиранию очевидно. В этом случае, при бесцеликовой подготовке выемочных столбов вся вода из выработанного пространства движется по подготовительным выработкам и скапливается в мульдах, заиливает конвейеры, выработки и т.д. (см. табл. 1). Все это требует дополнительных материальных затрат для обеспечения нормального функционирования процесса добычи угля.

Характерным примером преимущества восходящего порядка отработки выемочных столбов в уклонных полях в условиях значительных притоков воды и сложной гипсометрии пластов являются результаты наблюдений на шахте «Пионерка» пласт 10. В лаве 1038 применялась схема с сохранением вентиляционного штрека, и при этом скоплений воды в выработках не наблюдалось, в тоже время, при нисходящем порядке в вентиляционном штреке смежной лавы 1028, пройденным вприсечку к выработанному пространству, наблюдались скопления воды до 150 м^3 (приток до $10 \text{ м}^3/\text{час}$).

Схема проветривания выемочного участка. Любая технологическая схема, как бы она ни была экономична, оценивается важнейшим критерием – обеспечением полного безопасного ведения работ. В схеме должны быть заложены определенные условия, обеспечивающие безопасность ведения работ, т.е. создание таких схем расположения выработок и подачи воздуха, которые соответствуют требованиям ПБ.



Таблица 1. Притоки воды в подготовительные выработки при нисходящем порядке
Table 1. Water inflows into development workings in descending order

| Место проведения наблюдений | Местные скопления, м ³ | Приток воды, м ³ /ч |
|--|-----------------------------------|--------------------------------|
| Шахта «Физкультурник», пл. Андреевский, лава 7, вентиляционный штрек | 10-15 | до 30 |
| Шахта «Физкультурник», пл. Андреевский, лава 9, вентиляционный штрек | 10-15 | до 30 |
| Шахта «Судженская», пл. Андреевский вентиляционный штрек 015 | 5-20 | около 10 |
| Шахта «Физкультурник», пл. Коксовый, лава 16, конв. штрек | 10-20 | до 15 |

Наиболее распространенной схемой проветривания выемочных участков является возвратноточная схема, обладающая рядом недостатков: ограничение нагрузки на лаву по газовому фактору; простои, связанные с загазованием верхнего сопряжения лав. Так, например, по второй из этих причин, простои лав по пласту Поленовскому (ш. им. Кирова) достигали 13 суток в месяц.

Не гарантирует полностью от простоев из-за местных скоплений метана при возвратноточной схеме проветривания применение бесцеликовой подготовки выемочных столбов. Так, на ш. «Октябрьская» по пласту Инскому III простои в отдельные дни составляли от 1 до 20 часов.

В настоящее время известно много высокоэффективных схем проветривания выемочных участков, которые разрабатывались в ВостНИИ, ДонУГИ, МакНИИ, ИГД им. А.А. Скочинского, МГИ, ЛГИ, и других институтах.

Ряд исследователей этого направления: Мясников А.А., Патрушев М.А., Абрамов Ф.А., Брайцев А.В. и др. [26, 28-31] отмечают, что основным элементом комплексного использования существующих средств борьбы с метаном (для значительного повышения нагрузки на очистной забой) является прямоточная схема проветривания, которая наиболее полно и глубоко отвечает требованиям, предъявляемым к схемам проветривания выемочных участков.

Однако в практике работ на Ленинском руднике немного случаев применения прямоточных схем проветривания. Одним из факторов, сдерживающих распространение этой схемы, является повсеместное использование нисходящего порядка подготовки и отработки выемочных полей.

Например, в работе [33] рассматривается схема подготовки выемочного участка с применением прямоточного проветривания с нисходящей струей в ОЗ. Недостатком этой схемы является тот факт, что при разбавлении метана, выделяющегося при разрушении угля, участвует всего от 30 до 50 % воздуха, подаваемого в выемочный участок [32], т.е. до 70 % воздуха уходит через выработанное пространство.

Решение вопроса снижения утечек через выработанное пространство позволило бы повысить надежность применения бесцеликовых схем подготовки с точки зрения пожароопасности.

Наиболее простым способом решения этих проблем является применение схем подготовки уклонных полей односторонней панелью с восходящим порядком отработки подэтажей с сохранением вентиляционного штрека на границе «массив – обрушенные породы» и выдачей исходящей струи через наклонные выработки предыдущего уклонного поля.

Этот вариант концентрирует в себе максимально возможный комплекс положительных свойств:



- в пределах выемочного участка исключается скопление метана во взрывоопасных концентрациях;
- обеспечивается рассредоточенный выход метана из выработанного пространства;
- создается возможность подсвеживания исходящей струи и обособленного разбавления и удаления метана по источникам поступления;
- достигается простота и надежность регулирования, а также реверсируемость вентиляционных струй (минимальное количество вентиляционных сооружений);
- обеспечиваются минимальные утечки воздуха;
- все электрооборудование размещается на свежей струе, т.е. повышается безопасность ведения работ.

Все это позволяет увеличить нагрузку на лаву по газовому фактору в $2\div 2,4$ раза по сравнению с возвратноточной схемой [28].

Одним из главных аргументов, говорящих не в пользу восходящего порядка отработки подэтажей, является вероятная опасность загазования сохраняемой выработки (исходящая струя) метаном, поступающим из выработанного пространства. Однако практика отработки лавы 434 пл. Инского 3 шахты «Октябрьская» не подтвердила этого.

На основании вышеизложенного был предложен способ отработки выемочных столбов в уклонном поле односторонней панели в восходящем порядке с сохранением вентиляционного штрека и прямоточным проветриванием с подсвеживанием и с восходящей струей в очистном забое.

Возможен вариант этой схемы и с проведением выработки «вприсечку». В этом случае прямоточное проветривание очистного забоя и проходческого забоя вентиляционного штрека можно производить также за счет общешахтной депрессии, выдавая исходящую струю (с подсвеживанием) через жесткие вентиляционные трубы большого диаметра, которые укладываются у висячего бока погашаемого вентиляционного штрека и извлекаются при проведении «присечки», для повторного использования.

Условия применения данной схемы следующие: значительная обводненность месторождений до $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ и более, пологие пласты средней мощности с невыдержанной гипсометрией почвы и относительной газообильностью до $15\div 20 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Выводы

1. Современная элементная база бесцеликовой отработки пластов не учитывает геомеханических особенностей процесса смещений и разрушений пород кровли и пласта на границе «массив – обрушенные породы».
2. Разработаны геомеханические регламентации:
 - а) к способам крепления и крепям:
 - оперативное изменение паспорта крепления выработки по её длине;
 - возможность оперативного изменения несущей способности в сечении выработки;
 - обеспечение продольной устойчивости крепи;
 - обеспечение площадного контактирования крепи с непосредственной кровлей
 - б) к способам охраны и охраняющим устройствам:
 - возведение охраняющих устройств до начала основных смещений кровли, т.е. как минимум, до входа в зону опорного давления;
 - учет фактора «площадное контактирование»;
 - укрепление краевой части пласта;
 - с) к способам подготовки и отработки выемочных полей:
 - учет пространственного расположения выработанного пространства относительно сохраняемой выработки;
 - охрана угольными целиками с последующим их извлечением одновременно с лавой при зависании консолей основной кровли;



- система разработки с изменяющимися технологическими параметрами, учитывающими особенности геомеханики массива.
- 3. Разработаны направления совершенствования элементной базы длинностолбовой системы разработки:
 - а) способов крепления и крепей выработок:
 - расположением верхняка вдоль оси выработки;
 - крепи из кинематически не связанных элементов, обеспечивающих направленную несущую способность;
 - крепи из набора унифицированных элементов, обеспечивающих необходимые кинематические и силовые свойства и форму сечения;
 - крепи площадными верхняками;
 - б) способов охраны и охраняющих устройств:
 - с возведением охраняющих устройств во время проведения выработки;
 - с «гибким» параметром – площадью контакта охраняющего устройства с кровлей;
 - с заполнением сечения выработки углем;
 - с предварительным распором охраняющего устройства;
 - в) способов подготовки и отработки выемочных полей:
 - отработка выемочных столбов в уклонном поле в восходящем порядке;
 - отработкой двух лав на один конвейерный штрек;
 - с нестационарными подготовительными выработками;
 - с «гибкими» технологическими параметрами.
- 4. Разработаны критерии оценки влияния расположения выработанного пространства относительно сохраняемой выработки:
 - боковой нагрузки на крепь со стороны обрушенных пород;
 - сил давления пород кровли.

Список источников

1. Ардашев, К.А. Основные положения оценки технологичности запасов шахтных полей и разработки регламента высокопроизводительной работы лав с мехкомплексами / К.А. Ардашев, М.А. Розенбаум, С.Г. Баранов // Уголь. – 1999. – No 10. – С. 20-23.
2. Перспективы развития подземной угледобычи на шахтах Российской Федерации / И.Б. Балашов [и др.] // Уголь. – 2000. – No 11. – С. 13-19.
3. Крашкин, И.С. Оценка целесообразности внедрения камерно-столбовой системы разработки на шахтах Российской Федерации / И. С. Крашкин, А.В. Брайцев, С.В. Шатилов // Уголь. – 1998. – No 3. – С. 21-25.
4. Лиминг, Ж. Скоростная подготовка штрёков для высокопроизводительных лав глубоких шахт / Ж. Лиминг [и др.] // Уголь. – 1998. – No 1. – С. 56-60.
5. Гринько, Н.К. Обеспечение нагрузки на очистной забой 2-3 млн. т угля в год на шахтах России / Н.К. Гринько, Л.Н. Гапанович, О.Б. Батурин // Уголь. – 1998. – No 5. – С. 15-18.
6. Коровкин, Ю.А. Дешевый уголь и повышенная безопасность в системе технологической и структурной перестройки шахт / Ю.А. Коровкин, В.А. Бураков // Уголь. – 1999. – No 5. – С. 22-27.
7. Черняк, И.Л. Управление горным давлением в подготовительных выработках глубоких шахт / И.Л. Черняк, Ю.И. Бурчаков. – М.: Недра, 1984. – 304 с.
8. Бесцеликовая отработка пластов / Ю.Л. Худин [и др.]. – М.: Недра, 1983. – 280 с.
9. Дворецкий, Н.М. Исследование и совершенствование технологии очистных работ на пологих пластах Ленинского района Кузбасса : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1983. – 14 с.
10. Никитин, В.Д. Разработка пологих и наклонных пластов / В. Д. Никитин [и др.] – М.: Недра, 1976. – 248 с.
11. Лебедев, Б.К. Опыт подготовки и отработки выемочных полей без оставления межлавных целиков угля на шахтах Кузбасса / Б. К. Лебедев, М. И. Середенко // Уголь. – 1973. – No 7. – С. 5-9.
12. Разработать технологию и создать средства комплексной механизации добычи угля из мощных пологих пластов более 3,5 м с углами падения до 35° и обеспечить их внедрение на шахтах Кузбасса:



отчет о НИР / Кузнец. науч.-исслед. уголь. ин-т. (КузНИУИ) ; рук. Середенко М.И. – Прокопьевск, 1974. – 147 с. – № 72043362.

13. Федоров, Н.А. Расчет смещений в лавах пологих пластов / Н.А. Федоров, В.Л. Назин // Сб. науч. тр./ Кузбас. политехн. ин-т. – 1974. – №68. – С.29-42.

14. Михайлов, В.Н. О смещении и разрушении пород кровли / В.Н. Михайлов, Е.А. Бобер // Сб. науч. тр. / Кузбас. политехн. ин-т. – 1974. – №8868. – С.43-53.

15. Ардашев, К.А. Геомеханические основы выбора и совершенствования бесцеликовых способов охраны и поддержания подготовительных выработок / К.А. Ардашев, Н.П. Бажин // Уголь. – 1976. – №9. – С.21-31.

16. Ержанов, Ж.С. Комбайновые выработки шахт Кузбасса / Ж.С. Ержанов, В.Ю. Изаксон // Кемерово, 1976. – 216 с.

17. Михеев, О.В. Исследование проявлений горного давления в присечных выработках угольных пластов средней мощности: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1974. – 15 с.

18. Морозов, Ю.И. Исследование и разработка рациональных способов охраны подготовительных выработок при бесцеликовых схемах отработки мощных пологих пластов Кузбасса: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – М., 1978. – 12 с.

19. Гапанович, Л.Н. Исследование проявлений горного давления для рационального проведения выработок вприсечку к выработанному пространству / Л.Н. Гапанович, В.И. Златкин, А.Н. Мамонтов // Уголь. – 1975. – №11. – С. 11-15.

20. Жариков, Е.Д. Исследование проявлений горного давления в подрабатываемых выработках и установление параметров их рационального расположения и крепления: (На примере пологого и наклонного падения пластов Кузбасса): Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – М., 1980. – 16 с.

21. Сапожников, В.Т. Предельно-напряженное состояние угольного пласта / ФТПРПИ. – 1988. – №3. – С.56-60.

22. Хаимова-Малькова, Р.И. Распределение напряжений и деформаций в краевой части угольного пласта при наличии неоднородностей // Науч. сообщ. ИГД им. А.А. Скочинского. – 1985. – Вып. 244. – С. 50-55.

23. Дудукалов, В.П. Определение мощности толщи, нагружающей оградительно-поддерживающие полосы при сохранении выработок для повторного использования / Технология подземной разработки месторождений: Межвуз. научн. тематич. сб. Свердлов. горн. ин-та. – Свердловск, 1985. – С. 39-43.

24. Черняк, И.Л. Формирование опорного давления в подготовительных выработках / И.Л. Черняк, Ю.В. Фомин // Уголь. – 1988. – №1. – С. 14-18.

25. Защитные пласты / И. М. Петухов, А. М. Линьков, И. А. Фельдман и др. // Л.: Недра. Ленингр. отделение, 1972. – 123 с.

26. Брайцев, А.В. Оценка эффективности технологических схем очистной выемки с прямоточным проветриванием на вентиляционный штрек в выработанном пространстве / А.В. Брайцев, В.Н. Лаврухин, Л.Я. Лаврухина [и др.] // Технология добычи угля подземным способом: Научн.- техн. реф. сб./ ЦНИИ экономики и НТИ уголь.пром-ти. – М., 1985. – №2. – С. 25-27.

27. Цытович, Н.А. Механика грунтов (Краткий курс) : Учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. // М.: Высшая школа. – 1983. – 288 с.

28. Абрамов, Ф.А. Аэрогазодинамика выемочного участка / Ф.А. Абрамов, Е. Грецингер, В.В. Соболевский, Г.А. Шевелев // Киев: Наукова думка. – 1972. – 236 с.

29. Мясников, А.А. Основы проектирования вентиляции угольных шахт / А.А. Мясников, М.А. Патрушев // М.: Недра. – 1971. – 231 с.

30. Федоров, Н.А. К вопросу бесцеликовой подготовки выемочных полей с прямоточным проветриванием очистного забоя / Н.А. Федоров, М.С. Вагапов, Е.В. Игнатов // Сб. науч. тр. – Кузбас. политехн. ин-т. – 1974. – №68. – С. 66-70.

31. Бойко, Е.К. Газовыделение на выемочном участке при прямоточной схеме проветривания / Е.К. Бойко, Э.Е. Рашиборский, Д.Е. Разварин // Первая респ. науч.-техн. конф., Горная секция. – Воркута. – 1973. – С. 17-18.

32. Акимов, А.Г. Сдвигение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений / А.Г. Акимов, В.Н. Земисев, Н.Н. Канцельсон [и др.]. – М.: Недра. – 1970. – 224 с.

33. Жаров, А.И. Исследование и совершенствование системы разработки длинными столбами с повторным использованием выемочных выработок // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М. – 1976. – 15 с.

34. Игнатов, Е.В. Зависимости и особенности смещений и формирования зон разрушения кровли и краевой части пласта при взаимодействии с элементной базой бесцеликовой технологии // Техника и технология горного дела. – 2020. – №4. – С. 4-41.



Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2021 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Информация об авторах

Игнатов Евгений Владимирович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник
e-mail: ignatovea@mail.ru

Тюленев Максим Анатольевич, канд. техн. наук, профессор
e-mail: tma.geolog@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
Российская Федерация, Кемеровская область – Кузбасс, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

GEOMECHANICAL REGULATIONS FOR THE SELECTION OF ELEMENT BASE PARAMETERS AND THEIR IMPLEMENTATION IN TECHNICAL SOLUTIONS

Eugene V. Ignatov, Maxim A. Tyulenev

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University



Article info

Received:
11 June 2021

Revised:
06 June 2021

Accepted:
23 July 2021

Keywords: mine support,
underground coal mining,
development mine workings,
mined-out space, pillarless
technology, protection of mine
workings, rock pressure

Abstract.

Geomechanical researches, stated by us in the previous articles, make it possible to formulate the basic regulations to the parameters of the element base and to develop appropriate technical solutions, which marked the directions of improvement of the element base of pillarless technology, allowing to introduce flexible technological characteristics in the methods of preparation and mining of excavation fields, ways of protection and guarding devices of workings, ways of fastening and design of fasteners.

Geomechanical regulations consist of geomechanical peculiarities of the process of displacement and destruction of the roof rocks and the edge of the seam and, conditioned by them, operational requirements for choosing technological and structural parameters of new technical solutions.

From the analysis of the results of the experiments described earlier, the following geomechanical peculiarities affecting the choice of the method of anchoring and support of preparatory mine workings have been revealed: the values of roof displacements along the length of working vary by 400%; the values of displacements and their intensity vary in the working's section by up to 80%; the displacements along the working's axis, which are located on the border of "massive – caving rocks", cause the loss of stability and deformation of support frames; when the second face enters the bearing pressure zone, the displacements of roof rocks in the section of working from the mined-out space or coal massif become active first, depending on the form of destruction of the roof.

It is established that the lines of equal displacements are parallel to the axis of working; the destruction of the edge part of the coal seam reaches 6-8 m; the seam destruction is accompanied by its movement towards the



worked-out space; the parameters of the roof destruction vary along the working-out length; the roof destruction in the preserved working-out reaches 2-4 m from the seam edge.

This article discusses the relationship between these features and operational requirements.

For citation Ignatov E., Tyulenev M. (2021) Geomechanical regulations for the selection of element base parameters and their implementation in technical solutions, Journal of mining and geotechnical engineering, 2(13):33. DOI: 10.26730/2618-7434-2021-2-33-63

References

1. Ardashev, K.A. Osnovnye polozheniya otsenki tekhnologichnosti zapasov shakhtnykh poley i razrabotki reglamenta vysokoproizvoditel'noy raboty lav s mekhkompleksami / K.A. Ardashev, M.A. Rozenbaum, S.G. Baranov // Ugol'. – 1999. – No 10. – S. 20-23.
2. Perspektivy razvitiya podzemnoy ugledobychi na shakhtakh Rossiyskoy Federatsii / I.B. Balashov [i dr.] // Ugol'. – 2000. – No 11. – S. 13-19.
3. Krashkin, I.S. Otsenka tselesoobraznosti vnedreniya kamerno-stolbovoy sistemy razrabotki na shakhtakh Rossiyskoy Federatsii / I. S. Krashkin, A.V. Braytsev, S.V. Shatirov // Ugol'. – 1998. – No 3. – S. 21-25.
4. Liming, Zh. Skorostnaya podgotovka shtrekov dlya vysokoproizvoditel'nykh lav glubokikh shakht / Zh. Liming [i dr.] // Ugol'. – 1998. – No 1. – S. 56-60.
5. Grin'ko, N.K. Obespechenie nagruzki na ochistnoy zaboy 2-3 mln. t uglia v god na shakhtakh Rossii / N.K. Grin'ko, L.N. Gapanovich, O.B. Baturin // Ugol'. – 1998. – No 5. – S. 15-18.
6. Korovkin, Yu.A. Deshevyy ugol' i povyshennaya bezopasnost' v sisteme tekhnologicheskoy i strukturnoy perestroyki shakht / Yu.A. Korovkin, V.A. Burakov // Ugol'. – 1999. – No 5. – S. 22-27.
7. Chernyak, I.L. Upravlenie gornym davleniem v podgotovitel'nykh vyrabotkakh glubokikh shakht / I.L. Chernyak, Yu.I. Burchakov. – M.: Nedra, 1984. – 304 s.
8. Bestselikovaya otrabotka plastov / Yu.L. Khudin [i dr.]. – M.: Nedra, 1983. – 280 s.
9. Dvoretzkiy, N.M. Issledovanie i sovershenstvovanie tekhnologii ochistnykh rabot na pologikh plastakh Leninskogo rayona Kuzbassa : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – M., 1983. – 14 s.
10. Nikitin, V.D. Razrabotka pologikh i naklonnykh plastov / V. D. Nikitin [i dr.]. – M.: Nedra, 1976. – 248 s.
11. Lebedev, B.K. Opyt podgotovki i otrabotki vyemochnykh poley bez ostavleniya mezhglavnykh tselikov uglia na shakhtakh Kuzbassa / B. K. Lebedev, M. I. Seredenko // Ugol'. – 1973. – No 7. – C. 5-9.
12. Razrabotka tekhnologiyu i sozdat' sredstva kompleksnoy mekhanizatsii dobychi uglia iz moshchnykh pologikh plastov bolee 3,5 m s uglami padeniya do 35° i obespechit' ikh vnedrenie na shakhtakh Kuzbassa: otchet o NIR / Kuznets. nauch.-issled. ugol. in-t. (KuzNIUI) ; ruk. Seredenko M.I. – Prokop'evsk, 1974. – 147 s. – No 72043362.
13. Fedorov, N.A. Raschet smeshcheniy v lavakh pologikh plastov / N.A. Fedorov, V.L. Nazin // Sb. nauch. tr. / Kuzbas. politekhn. in-t. – 1974. – №68. – C.29-42.
14. Mikhaylov, V.N. O smeshchenii i razrushenii porod krovli / V.N. Mikhaylov, E.A. Bober // Sb. nauch. tr. / Kuzbas. politekhn. in-t. – 1974. – №8868. – C.43-53.
15. Ardashev, K.A. Geomekhanicheskie osnovy vybora i sovershenstvovaniya bestselikovykh sposobov okhrany i podderzhaniya podgotovitel'nykh vyrabotok / K.A. Ardashev, N.P. Bazhin // Ugol'. – 1976. – №9. – C.21-31.
16. Erzhanov, Zh.S. Kombaynovye vyrabotki shakht Kuzbassa / Zh.S. Erzhanov, V.Yu. Izakson // Kemerovo, 1976. – 216 s.
17. Mikheev, O.V. Issledovanie proyavleniy gornogo davleniya v prisechnykh vyrabotkakh ugol'nykh plastov sredney moshchnosti: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – M., 1974. – 15 s.
18. Morozov, Yu.I. Issledovanie i razrabotka ratsional'nykh sposobov okhrany podgotovitel'nykh vyrabotok pri bestselikovykh skhemakh otrabotki moshchnykh pologikh plastov Kuzbassa: Avtoref. dis. ...kand. tekhn. nauk. – M., 1978. – 12 s.
19. Gapanovich, L.N. Issledovanie proyavleniy gornogo davleniya dlya ratsional'nogo provedeniya vyrabotok vprisechku k vyrabotannomu prostranstvu / L.N. Gapanovich, V.I. Zlatkin, A.N. Mamontov // Ugol'. – 1975. – No 11. – C. 11-15.



20. Zharikov, E.D. Issledovanie proyavleniy gornogo davleniya v podrabatyvaemykh vyrabotkakh i ustanovlenie parametrov ikh ratsional'nogo raspolozheniya i krepleniya: (Na primere pologogo i naklonnogo padeniya plastov Kuzbassa): Avtoref. dis. ...kand. tekhn. nauk. – M., 1980. – 16 s.
21. Sapozhnikov, V.T. Predel'no-napryazhennoe sostoyanie ugol'nogo plasta / FTPRPI. – 1988. – №3. – S.56-60.
22. Khaimova-Mal'kova, R.I. Raspreделение napryazheniy i deformatsiy v kraevoy chasti ugol'nogo plasta pri nalichii neodnorodnostey // Nauch. soobshch. IGD im. A.A. Skochinskogo. – 1985. – Vyp. 244. – S. 50-55.
23. Dudukalov, V.P. Opredelenie moshchnosti tolshchi, nagruzhayushchey ograditel'no-podderzhivayushchie polosy pri sokhraneni vyrabotok dlya povtornogo ispol'zovaniya / Tekhnologiya podzemnoy razrabotki mestorozhdeniy: Mezhd. nauchn. tematich. sb. Sverd. gorn. in-ta. – Sverdlovsk, 1985. – S. 39-43.
24. Chernyak, I.L. Formirovanie opornogo davleniya v podgotovitel'nykh vyrabotkakh / I.L. Chernyak, Yu.V. Fomin // Ugol'. – 1988. – No1. – C. 14-18.
25. Zashchitnye plasty / I. M. Petukhov, A. M. Lin'kov, I. A. Fel'dman i dr. // L.: Nedra. Leningr. otd-nie, 1972. – 123 s.
26. Braytsev, A.V. Otsenka effektivnosti tekhnologicheskikh skhem ochistnoy vyemki s pryamotochnym provetrivaniem na ventilyatsionnyy shtrek v vyrabotannom prostranstve / A.V. Braytsev, V.N. Lavrukhin, L.Ya. Lavrukina [i dr.] // Tekhnologiya dobychi uglya podzemnym sposobom: Nauchn.- tekhn. ref. sb./ TsNII ekonomiki i NTI ugol.prom-ti. – M., 1985. – №2. – C. 25-27.
27. Tsytoich, N.A. Mekhanika gruntov (Kratkiy kurs) : Ucheb. dlya vuzov. – 4-e izd., pererab. i dop. // M.: Vysshaya shkola. – 1983. – 288 s.
28. Abramov, F.A. Aerogazodinamika vyemochnoy uchastki / F.A. Abramov, E. Gretsinger, V.V. Sobolevskiy, G.A. Shevelev // Kiev: Naukova dumka. – 1972. – 236 s.
29. Myasnikov, A.A. Osnovy proektirovaniya ventilyatsii ugol'nykh shakht / A.A. Myasnikov, M.A. Patrushev // M.: Nedra. – 1971. – 231 s.
30. Fedorov, N.A. K voprosu bestselikovoy podgotovki vyemochnykh poley s pryamotochnym provetrivaniem ochistnogo zaboya / N.A. Fedorov, M.S. Vagapov, E.V. Ignatov // Sb. nauch. tr. – Kuzbas. politekhn. in-t. – 1974. – №68. – C. 66-70.
31. Boyko, E.K. Gazovyedelenie na vyemochnom uchastke pri pryamotochnoy skheme provetrivaniya / E.K. Boyko, E.E. Rashiborskiy, D.E. Razvarin // Pervaya resp. nauch.-tekhn. konf., Gornaya sektsiya. – Vorkuta. – 1973. – S. 17-18.
32. Akimov, A.G. Sdvizhenie gornykh porod pri pozdemnoy razrabotke ugol'nykh i slantsevykh mestorozhdeniy / A.G. Akimov, V.N. Zemisev, N.N. Kantsel'son [i dr.]. – M.: Nedra. – 1970. – 224 s.
33. Zharov, A.I. Issledovanie i sovershenstvovanie sistemy razrabotki dlinnymi stolbami s povtornym ispol'zovaniem vyemochnykh vyrabotok // Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – M. – 1976. – 15 s.
34. Ignatov, E.V. Zavisimosti i osobennosti smeshcheniy i formirovaniya zon razrusheniya krovli i kraevoy chasti plasta pri vzaimodeystvii s elementnoy bazoy bestselikovoy tekhnologii // Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela. – 2020. – №4. – C. 4-41.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2021 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Information about the authors

Eugene V. Ignatov. Ph.D. (Tech.), Senior Researcher
e-mail: ignatovea@kuzstu.ru

Maxim A. Tyulenev. Ph.D. (Tech.), Professor
e-mail: tma.geolog@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. Russian Federation, Kemerovo region – Kuzbass, 650000, Kemerovo, 28 Vesennyya street