

УДК 622.268.2

Е.В. Игнатов

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОХРАНЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Полная отработка подготовленных запасов полезного ископаемого в выемочном поле всегда является желанной целью для горняков.

Для углящиков этой целью является выемка целиков, оставляемых между смежными лавами при длинностолбовой системе разработки, т.е. бесцеликовая отработка запасов.

Это направление получило интенсивное развитие в СССР с середины 60-х годов и достигло в 1995 г. 65% по Росуглю. Сегодня происходит снижение объемов применения бесцеликовых подготовки и отработки. Одной из причин этой тенденции является отсутствие простых инженерных критериев оценки эффективности применения способов охраны сохраняемых выработок.

Для решения этого вопроса были проведены комплексные натурные исследования смещений массива горных пород в окрестности вентиляционного штранка 1038 пласта 10 шахты «Пионерка» п.о. «Ленинск-уголь». Экспериментальный участок сохраняемой выработки разделялся по типу охраняющего устройства на три части:

- костры в сплошную с несущей способностью $R = 15,6$ МПа и площадью контакта $S = 2 \text{ м}^2$ на одном погонном метре;

- двухрядная органная крепь с плотностью установки 8 стоек на 1 метр выработки ($R = 400 \text{ МПа}, S = 0,4 \text{ м}^2$);

- подхваты – 3 стойки под «однорезку» длиной 2 метра, ширина поддерживаемой площади кровли 6 метров от массива угля, расстояние между рядами подхватов 0,8 метра ($R = 133 \text{ МПа}, S = 6 \text{ м}^2$).

Горно-геологическая характеристика пласта следующая: глубина ведения горных работ 300–350 м; мощность пласта

1,95–2,2 м; угол падения 8–10°; в 40 м выше отработан пласт 9; непосредственная кровля пред-

происходило небольшими блоками, резких осадок не отмечалось. Высота обрушения пород

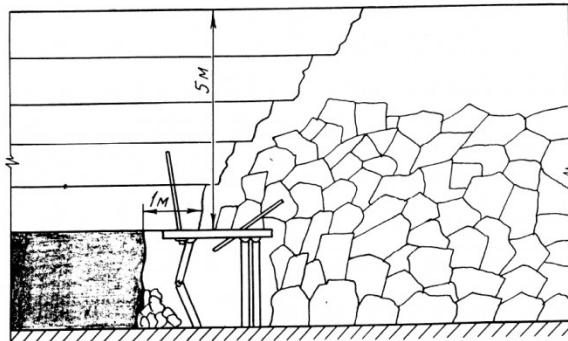


Рис. 1. Разрушение пород кровли над сохраняемой выработкой через 10 суток

ставлена сильно трещиноватым, темносерым, неустойчивым аргиллитом $\sigma = 460 \text{ кг}/\text{см}^2$, переслаивающимся алевролитом $\sigma = 680 \text{ кг}/\text{см}^2$; основная кровля расположена в 5–6 м от пласта и представлена мелкозернистым алевролитом мощностью до 10 м $\sigma = 700–850 \text{ кг}/\text{см}^2$.

Шахтные наблюдения проводились глубинными (приборы расслоения кровли проволочные и анкерные) и контурными реферами, установленными в кровлю, почву и борта конвейерного и дегазационного штреков, а также в сбойках.

Визуальные и инструментальные наблюдения за смещениями и характером разрушения краевой части массива в сравниваемых вариантах показали следующее.

Опускание кровли на участке, охраняющем кострами, шло равномерно. Консоль пород длиной 6–7 метров, медленно разрушаясь, ложилась на почву пласта по мере оседания завальной части костров. Перегиб кровли был расположен в одном метре от целика угля по линии костров.

На участке выработки, охраняемой двухрядной органной крепью, разрушение кровли

через сутки составила 2–2,5 м, а длина зависающей над выработкой консоли 3–3,5 м.

В дальнейшем шло постепенное увеличение высоты свода и уменьшение длины консоли пород, разрушение кромки пласта, смятие верхняков крепи. Через 10 суток анкера, установленные в кровлю со стороны обрушенных пород, выпали из верхняков на 5–10 см (рис.1), что соответствовало смещению кровли 60 мм. При этом высота свода обрушения достигла 6 м, а длина консоли уменьшилась до 1 м, т.е. стала меньше ширины выработки и органная крепь осталась под обрушенными породами.

На участке выработки с охраной подхватами заметных разрушений кровли и крепи (на поддерживаемой части) не отмечалось. Обрушение происходило по крайнему ряду сдвоенных подхватов. На этом участке детальную картину сводообразования получить не удалось.

О характере смещений кровли на всех трех участках и влиянии способа охраны можно судить по графикам конвергенции (рис. 2). Анализируя характер работы костровой крепи, обладающей значительной по-

датливостью и не высокой несущей способностью, можно сказать, что костры из круглого леса (сосна, пихта, ель) не могут быть отдельным охраняющим устройством, обеспечивающим безремонтное поддержание сохраняемых выработок.

Вместе с тем, необходимо отметить, именно данное сочетание параметров костров обеспечило плавное опускание кровли.

Высокая несущая способность органной крепи 400 МПа, сконцентрированная на небольшой площади 0,4 м², также не позволила эффективно воздействовать на процесс разрушения и смещений пород кровли выработки. Через 10 суток крепь оказалась в обрушенных породах (рис.2), т.е. органная крепь, в основном, выполняет

ческие стойки трения «проваливались» в кровлю на 100–200 мм.

Очевидно, что в данном случае, вследствие небольшой поддерживаемой площади охраняющего устройства контактные напряжения превышают предел прочности пород кровли.

Таким образом, при применении костровой и органной крепей сдвигающиеся породы основной кровли не находят надежной опоры. Увеличение поддерживаемой площади непосредственной кровли (при охране подхватами) позволило перенести линию обрушения кровли и уменьшить смещения.

Вывод очевиден, управление смещением достигается оптимальным сочетанием несущей способности охраняющего устройства и площади кров-

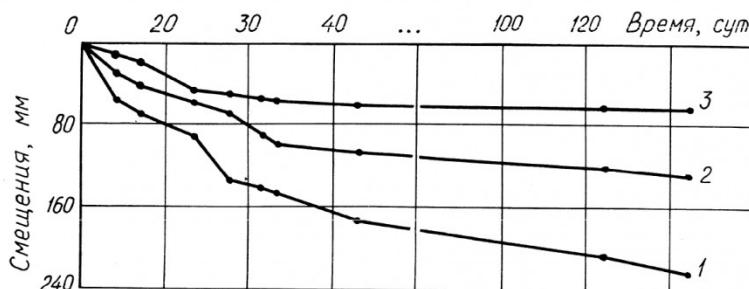


Рис. 2. Конвергенция пород сохраняемой выработки при охране:
1 – кострами, 2 – органным рядом, 3 – подхватами

функцию ограждения от обрушенных пород.

Для изучения механизма воздействия органной крепи на породы кровли, на сохраняемом участке конвейерного штрека 53 пласта «Тонкого» шахты «Анжерская», над органным рядом была вскрыта кровля выработки на высоту 2 метра – органная крепь внедрялась в породы кровли, образуя в ней конус мелко дробленых пород, при этом кровля по обе стороны органного ряда продолжает опускаться. Непосредственная кровля пласта представлена крепким песчаником 100–120 МПа, мощностью до 5 м, склонным к плавному опусканию. Аналогичное явление наблюдалось на пласте Кумпановском шахты «Бутовская» – металли-

ли, на которой она распределена.

Аналогичный результат получен в «Ростовугле» К. И. Рутьковым [1], где расстановка двух рядов тумб из деревянно-бетонных блоков с промежутками 0,8 м позволила снизить смещения кровли в 2–3 раза, по сравнению со сплошной полосой из 2-х рядов тех же тумб.

Для количественной оценки применимости типа охраняющего устройства и степени его влияния на смещения предложен критерий:

$$K_u = R_{oy} / S_{nk};$$

Предложенный показатель включает в себя, с одной стороны, несущую способность охраняющего устройства (R_{oy}) (это основная характеристика способа охраны), а с другой, площа-

кровли (S_{nk}), поддерживаемой этим устройством, т.е. интегральную характеристику, отражающую свойства кровли: прочность, устойчивость, трещиноватость и т.д.

Данный критерий, по физической сущности, представляет собой: *интенсивность распределения несущей способности охраняющего устройства*.

Обработка данных эксперимента позволила получить зависимость:

$$U = 130,2 - 0,22R_{oy} - 12,8S_{nk} + 0,7t;$$

$$F = 58,7; r = 0,93,$$

где U – смещения кровли; R_{oy} – несущая способность охраняющего устройства; S_{nk} – площадь кровли, поддерживаемая охраняющего устройства; t – время.

По данным эксперимента данный параметр имеет следующие значения при охране: кострами $K_{1u} = 7,8$; подхватами $K_{2u} = 22,2$; органкой $K_{3u} = 1000$.

Следовательно, можно записать: $K_{1u} < K_{2u} < K_{3u}$; $7,8 < 22,2 < 1000$.

Таким образом, если построить координатную плоскость $\langle R_{oy} - S_{nk} \rangle$, то при значениях $K_{2u} = 22$ и его окрестности имеет место эффективное управление сдвижением пород кровли.

На основании этого можно сделать прогноз: повышение несущей способности охраняющего устройства в данных ГГУ, например, возвведение узкой бетонной стенки не даст положительных результатов.

Критерий «Необходимая несущая способность охраняющего устройства» предложен для получения количественной оценки возможности достижения безремонтного поддержания и степени приближения к нему мероприятий по охране выработок, расположенных на границе «массив – обрушенные породы».

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, сдви-

жения и разрушение массива в окрестности данной выработки.

Анализ результатов натурных исследований, 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.

горных пород, которая происходит на расстоянии 50–100 м от очистного забоя в зависимости от ГГУ. Обработав экспериментальные данные, получим величину изменения ширины зоны разрушенного угля на данном участке выработки:

$$C_1 - C = \Delta C.$$

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.

сущей способности охраняющего устройства.

Предлагаемый способ прост и доступен, не требует дорогостоящего оборудования, позволяет быстро и надежно определять искомую величину и вести 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: $C = 2$ м; $C_1 = 4,5$ м; $\Delta C = 2,5$ м; $\sigma_{cyc} = 15$ Мпа, тогда $\Delta P = 2,5 \cdot 15 \cdot 10^3 = 37500$ кН.

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

$$K_{uc} = 2000/37500 = 0,053.$$

Т.е. данное охраняющее устройство 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 – обрученные породы», по данным критериям позволит получить представление о возможности достижения безремонтного поддержания.

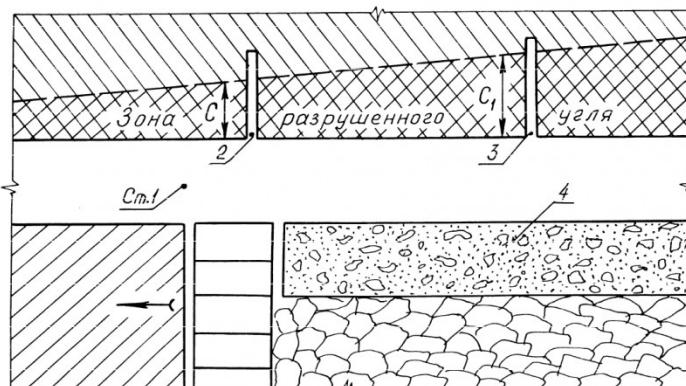


Рис. 3. Схема расположения замерных станций в сохраняемой выработке

В начале определяется ширина зоны разрушенного угля пласта « C » (рис.3) 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 « C_1 » в зоне стабилизации сдвигов

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 :

$$\Delta P = \Delta C \cdot \sigma_{cyc}.$$

Полученная величина может служить ориентировочным показателем необходимой не-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рутъков К.И., Беликов В.В., Беликова Н.В. Охрана повторно используемых подготовительных выработок тумбами из деревянно-бетонных блоков. Уголь № 10, 2000, С.59 - 61.

□ Автор статьи:

Игнатов

Евгений Владимирович

- канд.техн.наук, доц. каф. геологии