

УДК 622.288

Инж. ХОХОТВА А.И. (Минтопэнерго)

АНАЛИЗ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА АНКЕРНУЮ КРЕПЬ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОНЫ НЕУПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Проблема обеспечения устойчивости подготовительных выработок на угольных шахтах Украины является одной из наиболее актуальных и постоянно обостряющихся в связи с усложнением горно-геологических условий отработки. В настоящее время согласно отраслевой программы «Анкер» начато широкое внедрение анкерных крепей для поддержания подготовительных выработок, которые в основном примыкают к очистным забоям [1]. При этом для крепления кровли используются так называемые породные стальные болты, которые закрепляют в шпурах полимерными смолами. Массово на угольных шахтах применяют жесткие породные болты. Поэтому податливость пород кровли, закрепленных такими болтами по многочисленным экспериментальным данным не превышает 10–25 мм. При опускании кровли свыше нескольких сантиметров происходит обрушение пород или требуется применение усиливающей дорогостоящей крепи.

В данной статье описан анализ результатов эксперимента с точки зрения возможности обрушения кровли. В связи с тем, что первые экспериментальные участки по промышленной проверке породных болтов на шахтах Украины выбраны в весьма благоприятных горно-геологических условиях, воспользуемся экспериментальными результатами американских угольных шахт, на которых ежегодно устанавливают миллионы породных болтов в разных, в том числе и сложных горно-геологических условиях.

Эксперимент проводился на шахте №7 в лаве длиной 250 м, отрабатывающей угольный пласт мощностью 2,5 м [2]. Это одна из глубоких шахт, условия разработки которой весьма напоминают условия Южного Донбасса Украины. Глубина работ равна 670 м, что совпадает например с глубиной разработки на шахте Южнодонбасская № 3. Использовалась столбовая система разработки лавами длиной 235 м. Геологический разрез приведен на рис. 1. Две смежные лавы отрабатывали угольный пласт обратным ходом. Использовалось по четыре вентиляционных и три конвейерных ходка. Между средними ходками оставляли целики размером 67 м. Между крайними ширина целиков равна 12 м. Сбойки между ходками находятся друг от друга на расстоянии 91 м для средних ходков и 46 м для крайних. Такая планировка обеспечивает податливость крайних целиков и переносит несущую роль на средние целики. Рациональность такой схемы неочевидна, однако важно то, что наблюдается закономерная тенденция хотя бы частичного ухода от угольных целиков больших размеров с ростом глубины разработки.

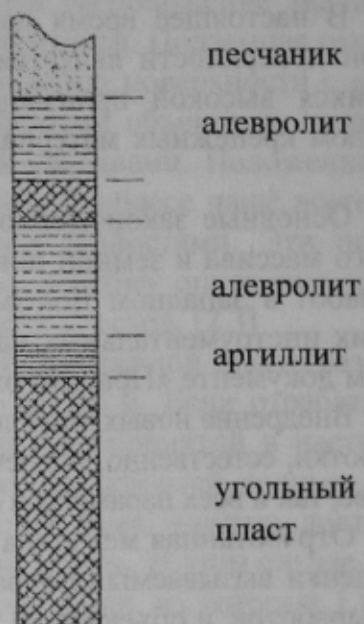


Рис. 1. Структурная колонка

Над пластом залегал неустойчивый пропласток аргиллита толщиной 30 см, а затем пропласток алевролита мощностью 61 см. Выше расположена пачка угля толщиной 25 см, которая перекрыта алевролитом и песчаником. Выработки крепили породными болтами длиной 1,8 м и диаметром 19 мм. Болты скреплялись со стенками шпура по всей своей длине полимерной смолой и устанавливались через 1,2 м. Как обычно принято в современных публикациях, авторы умозрительно привлекают наличие повышенных горизонтальных напряжений для объяснения неудовлетворительной устойчивости подготовительных выработок. Однако достоверность оценки горизонтальной компоненты напряжений неудовлетворительна, что ставит под сомнение правомерность гипотезы о главенствующем влиянии горизонтальных напряжений на устойчивость подготовительной выработки.

В одном из ходков оборудовали наблюдательную станцию для измерения нагрузки на тело болтов и расслоения кровли. Расслоение кровли измеряли тремя глубинными реперами, а нагрузку специально изготовленными породными болтами. Вдоль оси болта длиной 1,8 м на противоположных его гранях прорезаны пазы, в которые наклеены 6 тензодатчиков. Провода от каждой пары тензодатчиков выведены наружу, а пазы залиты плотным компаундом для предохранения тензодатчиков от повреждения.

Характеристика металла, из которого изготовлен измерительный болт соответствует отечественным легированным сталям с добавлением хрома. Точка текучести стали примерно равна 160 кН. Четыре измерительных болта были установлены в ряд перпендикулярно оси выработки. Ряд измерительных болтов был вписан между рядами обычных болтов и таким образом измерительные болты не возмущали напряженного состояния кровли, поскольку работали одновременно как основная стандартная крепь выработки. Рядом с измерительными болтами установлены глубинные реперы в шпуры, указанные крестиками для измерения расслоения кровли. По левой стороне ходка установлены деревянные костры, что входило в паспорт крепления выработки.

Инструментальные наблюдения проводили в течение 250 суток. При этом было охвачено влияние как первой, так и смежной с ней второй лавой, которая отработала запасы с другой (с левой) стороны от наблюдательной станции. На рис. 2 показаны диаграммы нагрузки на все четыре измерительных болта. В верхней части рисунка приведена легенда, где показана шкала нагрузки. При этом 20–25 единиц деформации. Звездочками указаны участки болтов, перешедших в состояние текучести. При этом 20–25 единиц соответствует пределу текучести стали или 160 кН. Диаграмма такой нагрузки соответствует прямоугольнику, заштрихованному квадратной сеткой. На последующих диаграммах показано перераспределение нагрузки на все измерительные болты после их установки, после прохода лав справа, а затем слева соответственно. Анализ динамики перераспределения показывает, что вначале все болты натянулись в средней части. Нагрузка отвечала примерно 30–120 кН. После прохода правой лавы в левом (№ 1) и правом (№ 4) крайних болтах нагрузка превысила предел текучести. При этом более высокий уровень нагрузки сместился в нижнюю часть, что свидетельствует об интенсивном расслоении неустойчивого слоя аргиллита. Это расслоение было подтверждено результатами измерений сдвижений в кровле с помощью глубинных реперов. В средних болтах нагрузка находится в пределах упругости, что характеризует устойчивое состояние кровли и отсутствие каких-либо расслоений.

После прохода левой лавы нагрузка выше предела текучести распространяется на всю длину левого болта (№ 1) и появляется на средних участках средних бол-

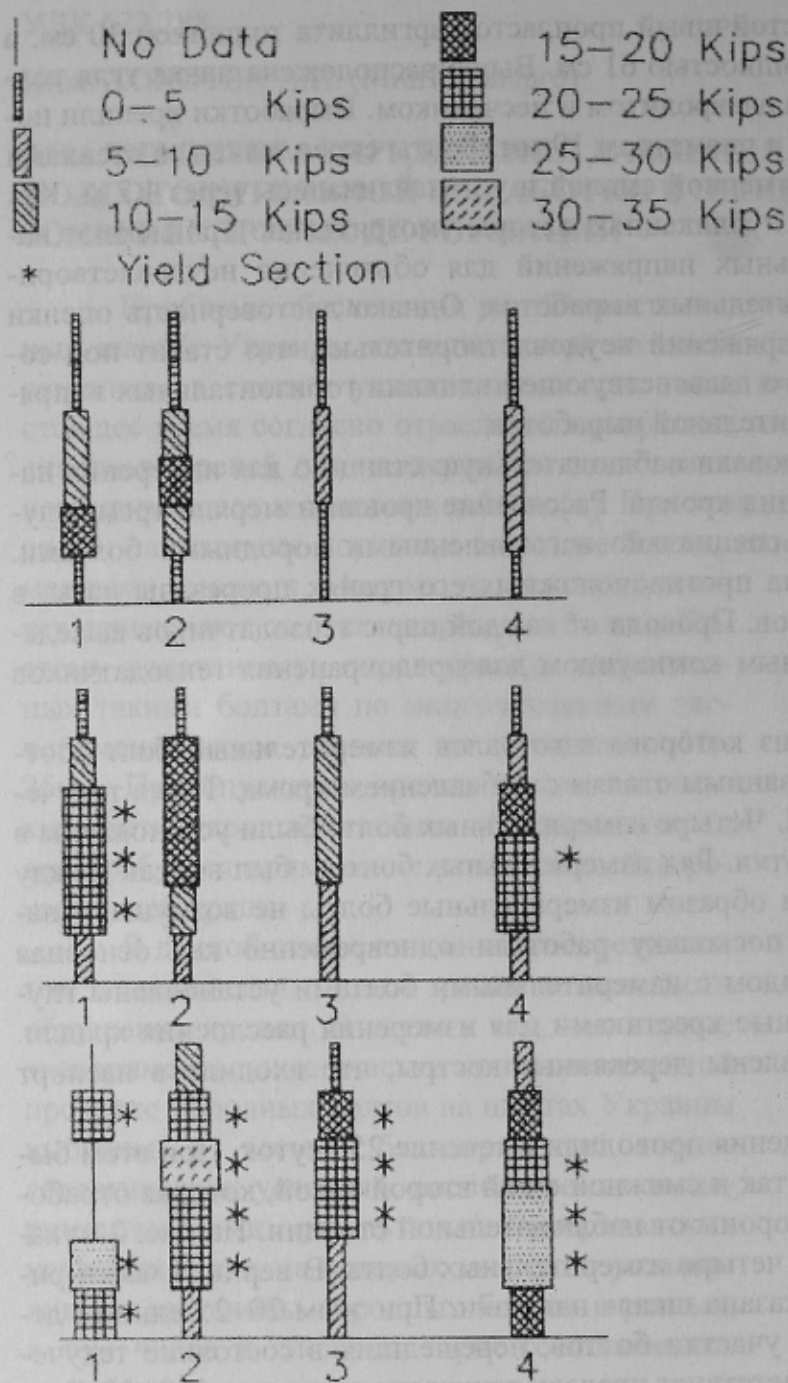


Рис. 2. Динамика изменения нагрузки на измерительные болты

тов. При этом максимум растягивающих напряжений на этих болтах смещается в верхнюю их часть. Лишь крайний правый болт № 4 увеличил свою нагрузку примерно пропорционально, не нарушив соотношение напряжений по своей длине.

Как видим, в целом нагрузка на болты по мере развития зоны разрушений в кровле выработки растет, однако закономерности ее роста неясны. Это подтверждают и авторы эксперимента. Можно сказать, что нагрузка увеличивается на большей части болтов в хаотическом порядке. Эта закономерность подтверждается и на вспомогательных болтах, установленных уже в процессе проведения эксперимента. На рис. 3 показаны графики изменения нагрузки на болты во времени. Хорошо видно, что, несмотря на общую тенденцию к увеличению нагрузки, отдельные участки болтов на определенных этапах деформирования кровли разгружаются от растягивающих напряжений. Это видно по графику изменения нагрузки на болты № 1, 4 и особенно № 5. Нагрузка на болт № 5 падает после 100 суток наблюдений со 100 кН до 50 кН и возрастает лишь в конце эксперимента после обработки второй лавы.

На болтах № 1, 4 и 3 отмечено кратковременное падение нагрузки. Лишь болт № 2 испытывал монотонное увеличение горного давления. Аналогичные данные получены еще на трех наблюдательных станциях. Такое массовое явление не может быть объяснено случайными погрешностями измерений и должно быть признано закономерным. Тем более, что такие необъяснимые скачки нагрузки получены во многих других экспериментах, выполненных на угольных шахтах США, Австралии и других стран. Эти данные массово опубликованы, однако не нашли удовлетворительного объяснения.

На основании исследований, выполненных автором статьи установлено, что вмещающие подготовительную выработку породы разрушаются на блоки в процессе

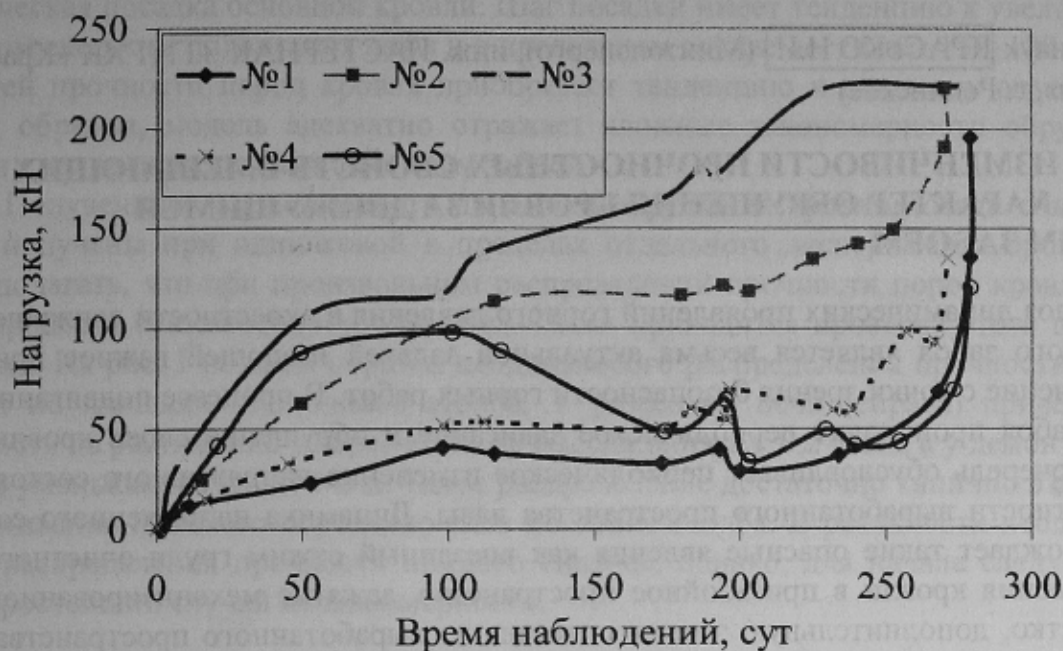


Рис. 3. Изменение нагрузки на болты во времени

формирования зоны неупругих деформаций. При этом отдельные блоки стремятся смещаться в полость выработки. Однако одновременное их смещение невозможно, поскольку возникает эффект саморасклинивания [3], который увеличивает несущую способность массива. Для того чтобы поддерживать смещения в сторону полости выработки, блоки движутся поочередно. Это и объясняет хаотический характер изменения нагрузки на отдельные участки породных болтов. Так, если болт закреплен в нескольких смежных породных блоках, участок болта, размещенный между обгоняющим и отстающим блоком натягивается, и наоборот, усилие натяжения на участке, закрепленном между замедляющим свое движение и догоняющим блоками уменьшается. Таким образом, результаты изучения кинематики сдвижений блочной разрушенной кровли хорошо объясняют полученные экспериментальные данные.

Следующим этапом исследований является изучение механизма обрушения кровли и признаков, по которым можно прогнозировать место и время возможного вывала.

Библиографический список

1. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт. — Днепропетровск, ИГТМ: «Вильпо», 2002. — 372 с.
2. Signer S., Mark C. Comparisons of active versus passive bolts in a bedded mine roof // 12th Conference on ground control in mining. — Morgantown, 1995. — Pp. 16–23.
3. Nazimko V.V., Peng S.S., Lapteev A.A., Alexandrov S.N., Sazhnev V.P. Damage mechanics around a tunnel due to incremental ground pressure // 36th U.S. Rock Mechanics Symposium, 1997. — J. Rock Mech. & Min. Sci. 34:3–4, Paper No. 222.

© Хохотва А.И., 2003