

## О ПЕРСПЕКТИВЕ СОХРАНЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫЕМОЧНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ КАРКАСНОЙ УСИЛИВАЮЩЕЙ КРЕПЬЮ

Бондаренко Ю.В., Соловьев Г.И., Кублицкий Е.В., Демин И.К.  
ДНТУ, ГХК «Донуголь»

*В роботі приведені результати експериментальної перевірки нового кріплення підсилення на шахті «Південнодонбаська №3»*

Сотрудниками факультета геотехнологий и управления производством Донецкого национального технического университета была разработана новая конструкция усиливающей крепи для сохранения устойчивости выемочных выработок в зоне влияния очистных работ глубоких шахт.

В 1998-2000 г.г. в условиях шахты «Южнодонбасская №3» в выемочной выработке пласта с<sub>11</sub> на глубине более 600 м впервые была проведена опытно-промышленная проверка каркасной усиливающей крепи с высокой частотой расположения наблюдательных станций – через 0,8 м по длине выработки. Основной целью натурального эксперимента было выявление влияния соединения автономных комплектов крепи жесткой балкой на опускание кровли выработки.

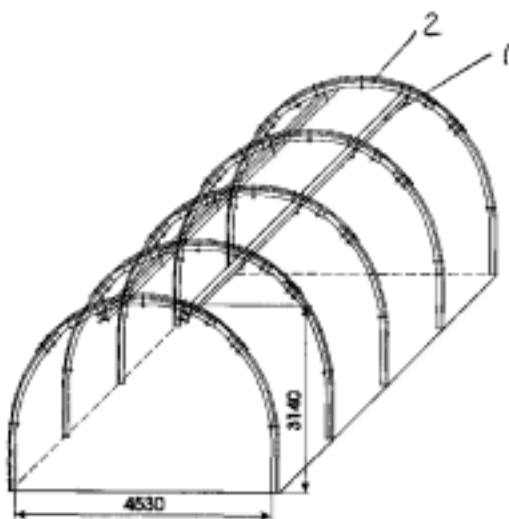


Рис. 1 Каркасная крепь усиления:  
1 - двутавровая балка;  
2 - криволинейный сегмент

Крепёж усиления представляла собой одну или две длинные жесткие балки из двутавров, которые подвешивались к верхнякам арочной крепи до входа соответствующего участка выемочной выработки в зону влияния опорного давления лавы. Для предотвращения искривления профиля верхняков между ними и балкой (балками) располагались криволинейные сегменты из спецпрофиля, соединяемый с верхняком по

своим концом металлическими хомутами (рис. 1).

Наблюдения проводились на контрольном и 3-х опытных участках вентиляционного ходка 4-й восточной лавы пласта с<sub>11</sub>, на каждом из которых применялись 3 разных варианта усиливающей крепи (рис. 2).

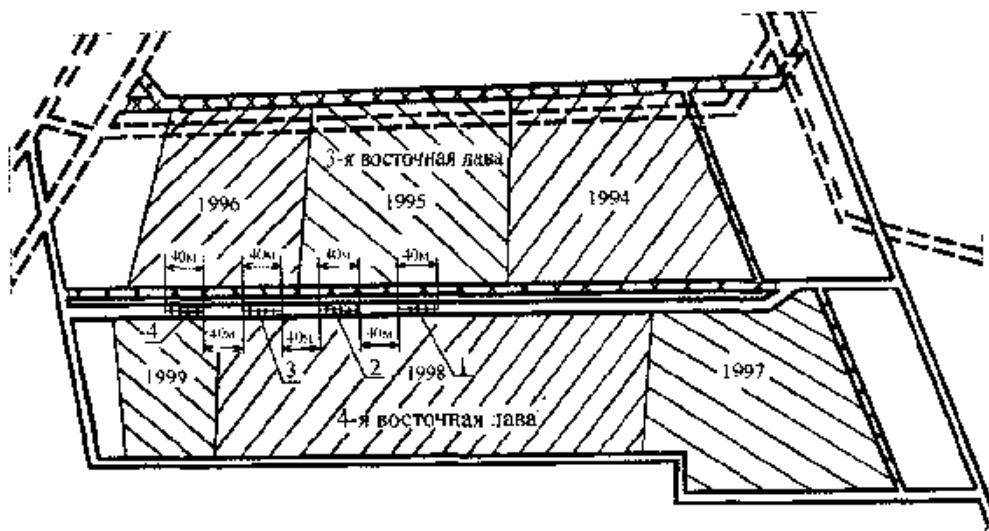


Рис. 2 Выкопировка из плана горных работ пласта с<sub>11</sub> шахты «Южнодонбасская №3» по 4-й восточной лаве: 1 – контрольный участок, 2 – 1-й экспериментальный участок, 3 – 2-й экспериментальный участок, 4 – 3-й экспериментальный участок

На контрольном участке комплекты крепи работали автономно.

На первом экспериментальном участке длиной 40 м комплекты жестко связывались одной двутавровой балкой (спецпрофиль № 14), которая подвешивалась к верхнякам крепи металлическими крюками диаметром 0,035 м с установкой под верхняки сегментов из спецпрофиля большего, чем в крепи выработки типоразмера. По длине выработки балки длиной 3 м соединялись между собой внахлестку при помощи болтовых соединений.

Второй экспериментальный участок длиной 40 м располагался на расстоянии 40 м от первого. В дополнение к конструкции крепи усиления первого варианта каждый комплект крепи усиливался одним химическим анкером длиной 2,5 м, который располагался вертикально по центру выработки у верхняка каждой крепи и соединялся с ним отрезками металлической конвейерной цепи.

Третий экспериментальный участок длиной 40 м и был удален от второго на 40 м. Каркасная крепь усиления этого участка представляла собой две двутавровые балки из спецпрофиля № 14, сегменты из спецпрофиля, два химических анкера (на каждом комплекте основной крепи), соединительные узлы.

На контрольном и трех экспериментальных участках контурные замерные станции состояли из 4-х реперов (кровельного, почвенного и 2 боковых), представляющих собой отрезки металлических стержней длиной 0,8 м и диаметром 30 мм, которые устанавливались на цементном растворе в короткие шпурсы. На каждом участке станции располагались через 0,8 м в средней части участка длиной 20 м и через 1,6 м на остальной его части.

Замеры смещений на первом участке начались при подходе лавы к первому участку на 180 м и фиксировались через 24-48 часов. Наблюдения были прекращены, когда лава прошла расстояние в 120 м от последней замерной станции третьего экспериментального участка.

Вентиляционный ходок 4-й восточной лавы пласта  $c_{11}$ , в котором испытывалась новая крепь усиления, был проведен вприсечку к транспортному ходу 3-й восточной лавы с оставлением ленточного угольного целика шириной 3,0-4,0 м (рис. 1б). Боковые породы были представлены песчано-глинистыми сланцами мощностью от 1,6-2,0 до 4,5-13,7 м и прочностью 30-40 до 20-40 МПа.

Пласт  $c_{11}$ , имеющий в пределах выемочного поля слабоволнистую гипсометрию с относительно выдержанным углом падения  $7-9^\circ$  и мощностью 1,55-1,7 м, вынимался 4-восточной лавой по восстанию по комбинированной системе разработки. Общая длина выемочного поля составляла 1300 м. Средняя скорость подвигания лавы составляла 55-60 м в месяц.

Вентиляционный ходок сечением  $11,2\text{ м}^2$  и крепился трехзвенной арочной крепью, комплекты которой устанавливались через 0,8 м и охранялся двумя рядами бутокостров размером  $1,6 \times 1,6$  м, выкладываемых сплошную и заполняемых породой от подрывки почвы выработки в створе с лавой.

До применения каркасной крепи в выемочной выработке в зоне влияния лавы наблюдалось интенсивное опускание кровли.

Анализ результатов инструментальных наблюдений, проведенных на 4-х участках выемочной выработки, дал убедительные свидетельства положительного влияния консолидации автономных комплектов крепи. Соединение верхняков одной балкой (жесткостью  $IE=7,5 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ ) уменьшило опускание кровли выработки в период прохождения по ней зоны опорного давления на 19%. При использовании двух балок (общая жесткость конструкции -  $IE=15 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ ) отмечено еще большее уменьшение опусканий кровли – до 58%. (рис. 2). Положительный эффект особенно существенно проявился в зоне влияния опорного давления очистного забоя.

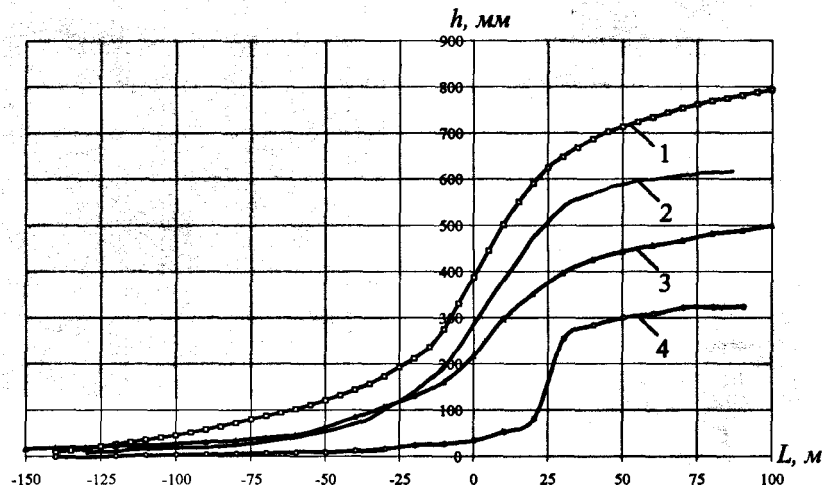


Рис. 3 График зависимости средних смещений от расстояния между замерной станцией и лавой (1 – контрольный участок, 2,3,4 – соответственно 1-й,2-й и 3-й экспериментальные участки)

Представляет научный и практический интерес объяснение физического механизма этого впервые выявленного положительного эффекта, достигаемого без увеличения несущей способности крепи и без применения дополнительных распорных элементов, а только за счет соединения верхняков крепи жесткими в вертикальной плоскости металлическими балками.

Высокая плотность наблюдений позволила выявить ранее никем не отмечаемую интенсивную неравномерность опускания кровли выработки на расстоянии 0,8 – 1,2 м по длине выработки. Впервые установлено, что опускание кровли выемочной выработки имеет резко выраженный неравномерный по ее длине характер и эта неравномерность отчетливо увеличивается в зоне опорного давления от движущегося очистного забоя. В качестве меры для измерения неравномерности опусканий соседних точек кровли принято среднее квадратичное отклонение скорости смещения кровли.

В результате натурного эксперимента было установлено, что при автономной работе комплектов крепи в выемочной выработке на расстоянии 50-100 м перед движущимся очистным забоем, среднее квадратичное отклонение скорости смещений изменяется от 31 до 11 мм/сут и по мере приближения лавы оно увеличивается до 69 м/сут. На расстоянии 40...50 м позади очистного забоя интенсивность рассогласования уменьшается до 26-36 мм/сут, а на расстоянии 120 м за лавой оно снижается до 3 мм/сут.

Применение жесткой каркасной крепи усиления существенно снижает неравномерность опускания кровли. При жесткости балки  $7,5 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$  среднее квадратичное отклонение скорости смещений

контура кровли снизилось от 35 до 23 мм/сут (т.е. на 34%), а при жесткости  $15 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$  неравномерность скорости смещений уменьшилась до 15 м/сут - на 35% (рис. 4).

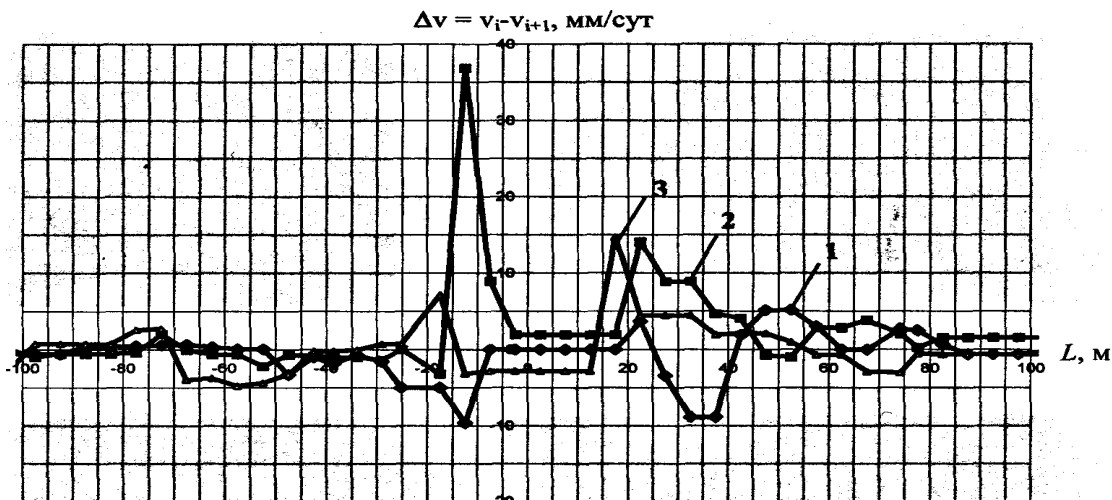


Рис.4 График зависимости разности скоростей смещений кровли выработки на соседних комплектах крепи от расстояния между замерной станцией и лавой (1 - 3-й экспериментальный участок, 2 - контрольный участок, 3 - 2-й экспериментальный участок)

Применение жесткой связи комплектов крепи изменяет характер ее взаимодействия с породами зоны неупругих деформаций вокруг выработки, которая идентифицируется как дискретная распорная среда. Физическая модель этого взаимодействия заключается в перераспределении поддерживающего ресурса недогруженных комплектов крепи за счет съема жесткой балкой повышенных нагрузок с перегруженных комплектов и равномерной передачи их на недогруженные комплекты крепи. При этом, не реализованная потенциальная энергия несостоявшихся или компенсированных жесткой балкой смещений перегруженных комплектов крепи расходуется на горизонтальные смещения в кровле выработки и частично передается в виде дополнительной нагрузки на бока и почву выработки. Это свидетельствует о положительном эффекте придания крепи каркасности и объясняется подавлением неравномерности опускания кровли на ее соседних участках.

Таким образом, успешная опытно-промышленная проверка новой крепи усиления позволяет рекомендовать ее для сохранения устойчивости выемочных выработок в зоне влияния очистных работ глубоких шахт для обеспечения эффективной и безопасной работы современных механизированных комплексов.