

*к.т.н. Аверин Г. А.,
к.т.н. Ларченко В.Г.,
Корецкая Е. Г.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЙ КРЕПКИХ ПОРОДНЫХ СЛОЕВ, ЗАЛЕГАЮЩИХ В КРОВЛЕ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА, МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В статье приведены результаты математического моделирования ведения очистных работ, направленные на исследование разрушений "породо - мостов", залегающих в кровле угольного пласта, и определение высоты зоны трещинообразования.

Ключевые слова: математическое моделирование, метод конечных элементов, "породо - мосты", высота зоны образования трещин.

Постановка проблемы. Актуальность. При разработке угольных пластов маркшейдерские службы шахт в соответствии с "Правилами подработки сооружений" [1] рассчитывают сдвиги и деформации земной поверхности в главных сечениях мульды для определения мер охраны подрабатываемых сооружений. В расчетах погрешность параметров достигает иногда более 40% , что выше принятой нормы в 2 раза. Причины таких расхождений полностью не изучены, и поэтому необходимо исследовать факторы, влияющие на точность определения параметров сдвигов и деформаций земной поверхности. Одним из таких факторов является наличие мощных крепких породных слоев, в дальнейшем «породо - мостов», залегающих в кровле разрабатываемых угольных пластов.

Прочностные характеристики в массиве учитываются процентным содержанием крепких породных слоев по мощности (песчаников, известняков) и отношением пределов их прочности на сжатие к слабым породам (аргиллитам, алевролитам) [2], а также степенью катагенеза пород [1]. Указанные показатели не учитывают литологию и последовательность залегания породных слоев. В работе [3] прочностные свойства кровли пласта мощностью m для управления горным давлением в лавах характеризуются совокупным показателем

прочности, учитывающим коэффициент крепости породных слоев и их чередование, но только на ограниченную высоту до $20m$, где m - мощность пласта, что является неполным отражением влияния крепости для пологих пластов Донбасса. По данным проф. Зборщика М.П. высота зоны трещинообразования пород в средней части лавы по нормали к напластованию достигает примерно $(0,8-1)$ длины лавы L . Такие значения высоты зоны трещинообразования пород покрывающей кровли получены на моделях из эквивалентных материалов. По данным ВНИМИ трещиноватость пород по нормали к напластованию (над средней частью лавы) распространяется в подработанную толщу на высоту до $40m$. [4].

Целью работы является определение математическим моделированием (МКЭ) высоты и характера разрушения крепких «породо – мостов» различной мощности, залегающих в кровле отрабатываемого угольного пласта при изменяющемся отношении ширины выработанного пространства (D) к глубине разработки (H) в горно - геологических условиях Восточного Донбасса.

Основной материал.

Была разработана расчетная модель МКЭ [5] с помощью программного комплекса «Лира-9.6», позволяющая моделировать процесс оседания земной поверх-

M 1:500

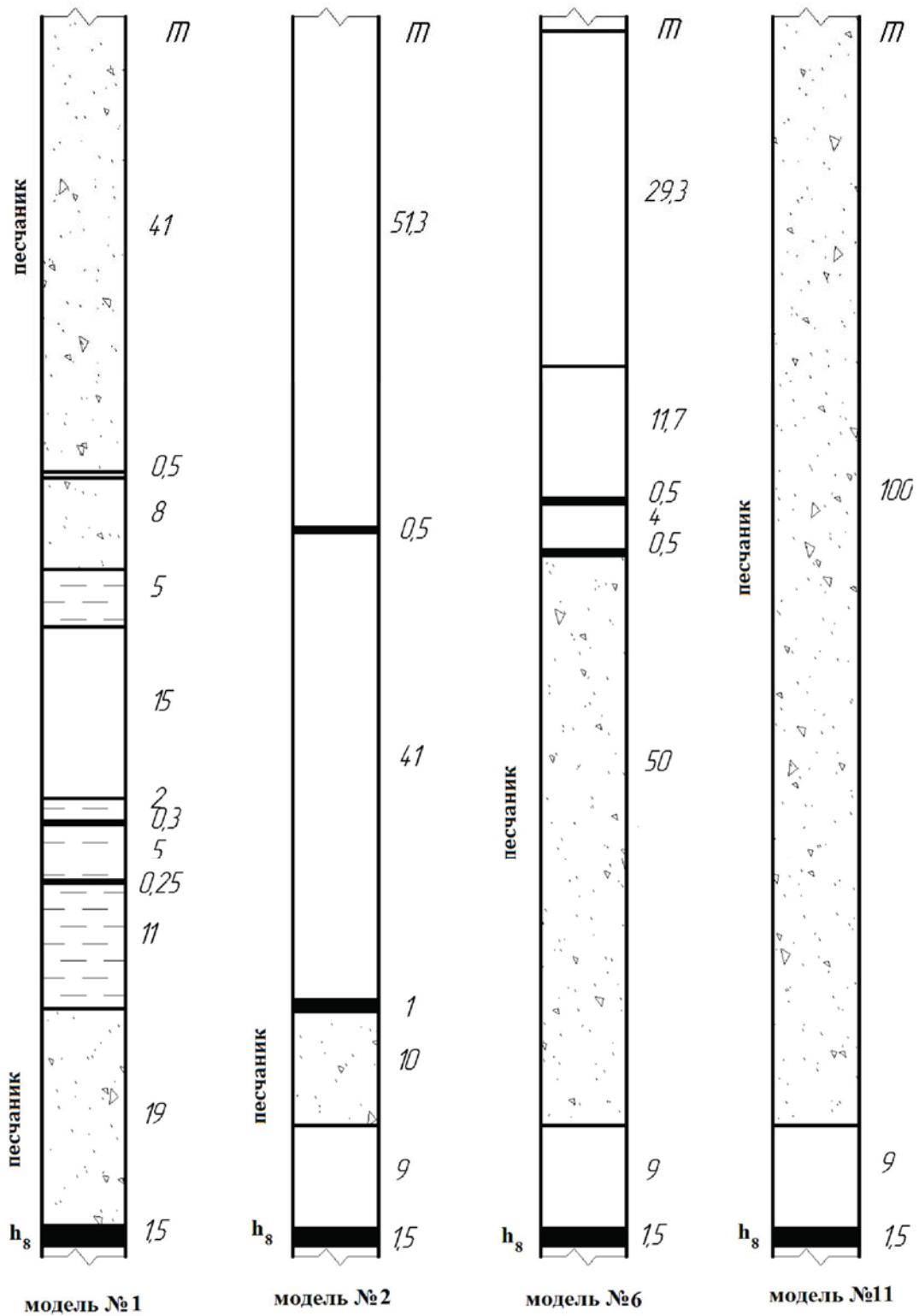


Рисунок 1 – Стратиграфические колонки пород кровли в моделях № 1, № 2, № 6, № 11

ности при её подработке лавой № 8 западной шахты им. «М. В. Фрунзе» ш/у «Ясиновское» ООО ДТЭК «Ровенькиантрацит», отрабатывающей пласт h_8 на глубине 980м. Угол падения угольного пласта на исследуемом участке изменяется от 5 до 14 градусов, его мощность составляет в среднем 1,5м.

В расчетной схеме модели № 1 учтены все слои и прослойки горных пород, слагающих массив, в соответствии с данными стратиграфических колонок, построенных на базе разведочных скважин, расположенных на территории шахты «им. М. В. Фрунзе». Суммарная мощность крепких «породо - мостов» (песчаников) в двухсотметровой толще от пласта составила 68 метров, на модели №2 – в кровле залегает «породо - мост» мощностью 10м, на модели № 6 - 50м, а в модели №11 - 100м. Вышележащие породные слои в кровле пласта, представленные на основных моделях, показаны на рисунке 1. Моделирование процесса отработки выемочного столба лавой № 8-западной проведено в несколько этапов, по мере поквартального подвигания очистного забоя на 250м от разрезной печи ($D/H = 0,255$); 400м ($D/H = 0,41$); 550м ($D/H = 0,561$); 730м ($D/H = 0,744$) и 910м ($D/H = 0,928$).

Процесс разрушения пород моделировался в нелинейной постановке при использовании деформационных свойств разрушенных пород, представленный в работе [5]. На каждом шаге моделирования, соответствующем конкретной дате фактических замеров, определялась максимальная величина оседания земной поверхности, которая сравнивалась с соответствующей фактической. Расхождение между ними не превышали 7%. Из чего следует, что созданную модель возможно использовать для дальнейших исследований, направленных на изучение влияния мощности крепких «породо - мостов», залегающих выше отрабатываемого пласта.

В полученных моделях определялись разрушенные элементы при растяжении и сдвиге.

Исследуя разрушение вышележащих слоёв кровли по мере выемки угольного пласта на моделях, приведенных выше, установлено, что высота зоны полных сдвижений при отношении ширины выработанного пространства к глубине разработки (D/H) от 0,25 до 0,42 определяется по формуле:

$$h_{\text{раз}} = M + 6 \cdot t, \text{ м}, \quad (1)$$

где M - суммарная мощность всех вышележащих «породо - мостов», на предполагаемую высоту трещинообразования [4];
 t – мощность разрабатываемого угольного пласта, м.

Ширина выработанного пространства менее 0,25 D/H в расчетах не рассматривалась.

Высота зоны трещинообразования пород при отношении D/H более 0,42 подчиняется логистической зависимости:

$$h_{\text{раз}} = \frac{h_{\text{max}}}{1 + b \cdot e^{-c(D/H-0,4)}}, \quad (2)$$

где h_{max} - максимальная высота разрушения, принимаем 200-220м [5];

b, c – свободные коэффициенты;

b – рассчитывается по формуле:

$$b = \frac{h_{\text{max}}}{M + h_{\text{н.к}}} - 1, \quad (3)$$

где $h_{\text{н.к}}$ - высота непосредственной кровли, м.;

c – рассчитывается по формуле:

$$c = 10 \cdot \ln \left(1 + \frac{h_{\text{max}}}{M + h_{\text{н.к}}} \right), \quad (4)$$

На рисунке 2 показаны изменение высоты трещинообразования от ширины выработанного пространства к глубине разработки, полученные путем моделирования и их математические зависимости.

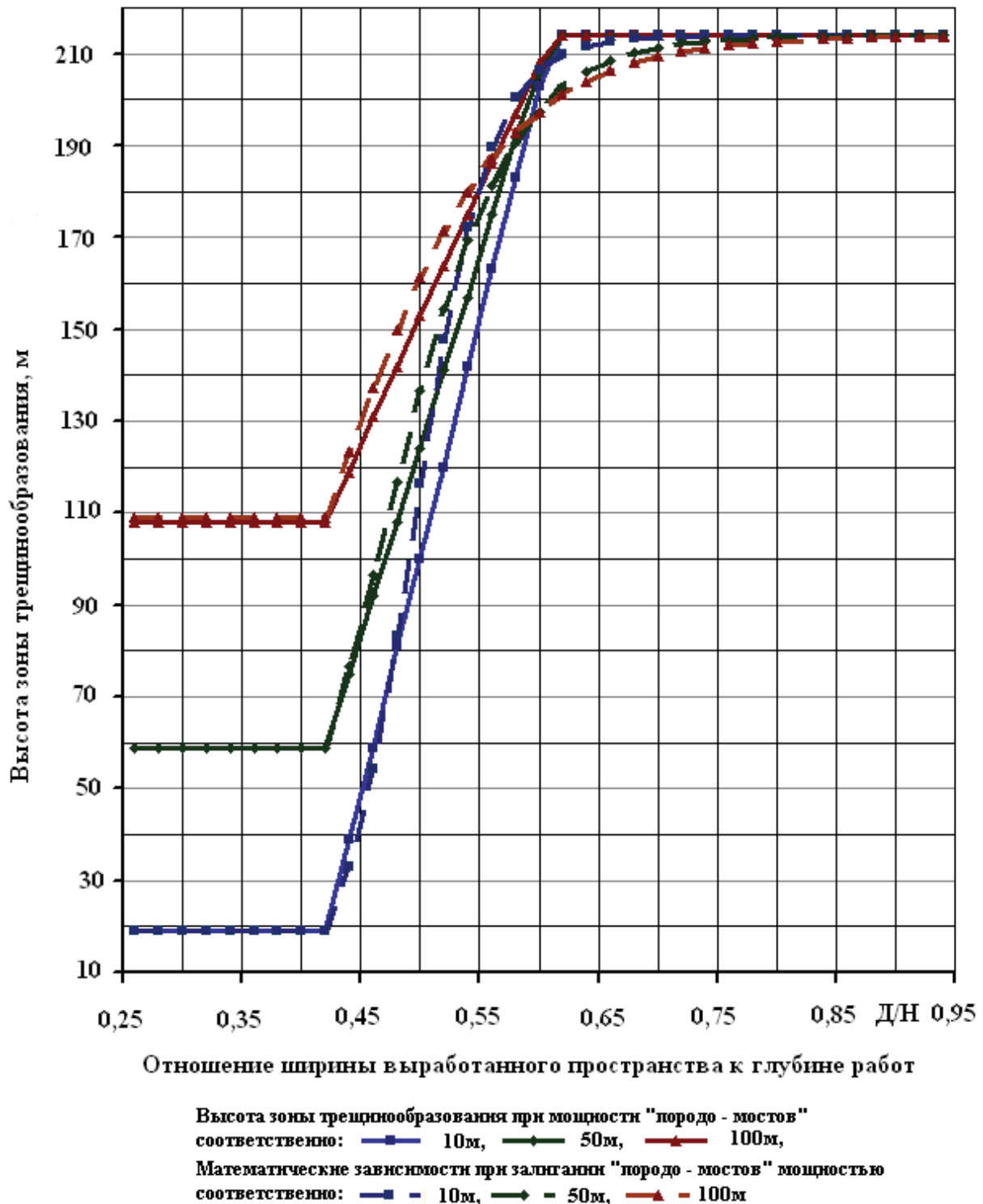


Рисунок 2 - Зависимость высоты распространения трещин от Д/Н

Выводы: Математическое моделирование процесса сдвижения горных пород методом конечных элементов с применением программного комплекса «Ли́ра 9.6», вызванного ведением очистных работ на примере 8 западной лавы в горно-

геологических условиях шахты «им. М. В. Фрунзе» ш/у «Ясиновское» ООО ДТЭК «Ровенькиантрацит» позволило получить математические зависимости определения высота зоны трещинообразования пород при наличии «породо - мостов» мощностью от 10м до 100м, при различной ширине выработанного пространства.

Установлено, что при отношении ширины выработанного пространства к глубине разработки от 0,25 до 0,42 высота зо-

ны образования трещин пород при наличии «породо - мостов», как правило, равна мощности залегаемого крепкого породного слоя с учётом непосредственной кровли, при отношении (0,42- 0,6) Д/Н возрастает и подчинена логистической зависимости, свыше 0,6Д/Н постоянна и равна 214м. Разрушение «породо – мостов» может быть причиной появления техногенных микро – землетрясений.

Библиографический список

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. ДСТУ 101,00159226,001-2003/ Затв. наказом Мінпаливенерго України 28.11.2003р. – К.: УкрНДМІ. – 2004.-128 с.
2. Черняев В.И. Расчет напряжений и смещений пород при разработке свиты пластов. - Киев: Технік., 1987.-148с.
3. Борзых А.Ф. Влияние трещиноватости пород на шаг периодических осадок труднообрушающейся кровли /А.Ф. Борзых, Г.А. Аверин // Уголь Украины. – 1990. - №9. - С.12.
4. Зборицик М.П. Охрана выработок глубоких шахт в зонах разгрузки /М.П.Зборицик, В.В. Назимко. К.:Техніка, 1991. - 248с.
5. Аверин Г. А. Влияние прочных породных слоёв в кровле вынимаемого пласта на максимальные оседания земной поверхности / Аверин Г. А., Корецкая Е. Г.// Сб. научн. трудов ДонГТУ. ИПЦ «Лад». - 2013. – Вып.40. - С. 58 – 63.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Бабиюком Г. В.

Статья поступила в редакцию 30.10.13.

**к.т.н. Аверін Г. О, к.т.н. Ларченко В. Г., Корецька О. Г. (ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРУЙНОВАНЬ МІЦНИХ ПОРОДІДНИХ ШАРІВ, КОТРІ ЗАЛЯГАЮТЬ
У ПОКРІВЛІ ВУГІЛЬНОГО ПЛАСТУ, МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

У статті наведені результати математичного моделювання ведення очисних робіт, спрямованих на дослідження руйнувань "породо - мостів", що залягають в покрівлі вугільного пласта, та визначення висоти зони тріщиноутворень.

Ключові слова: математичне моделювання, метод скінчених елементів, "породо - мости", висота зони утворення тріщин.

Averin G. A., Larchenko V. G., Koretskaja E. G. (DonSTU, Alchevsk, Ukraine)

RESEARCH DESTRUCTION OF STRONG ROCK'S LAYERS WHICH LIE IN THE COAL SEAM BY METHOD OF FINITE ELEMENTS

The article gives the results of mining work simulation. They were directed on the determine height of zones full shifts and directed on the destruction of rock-bridges , which deposited in the main roof.

Key words: simulation, method of finite elements, rock-bridges, height of zone full displacement.