

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 отработываемого 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 «Лири-9.6», позволяющая моделировать процесс оседания земной поверх-

M 1:500

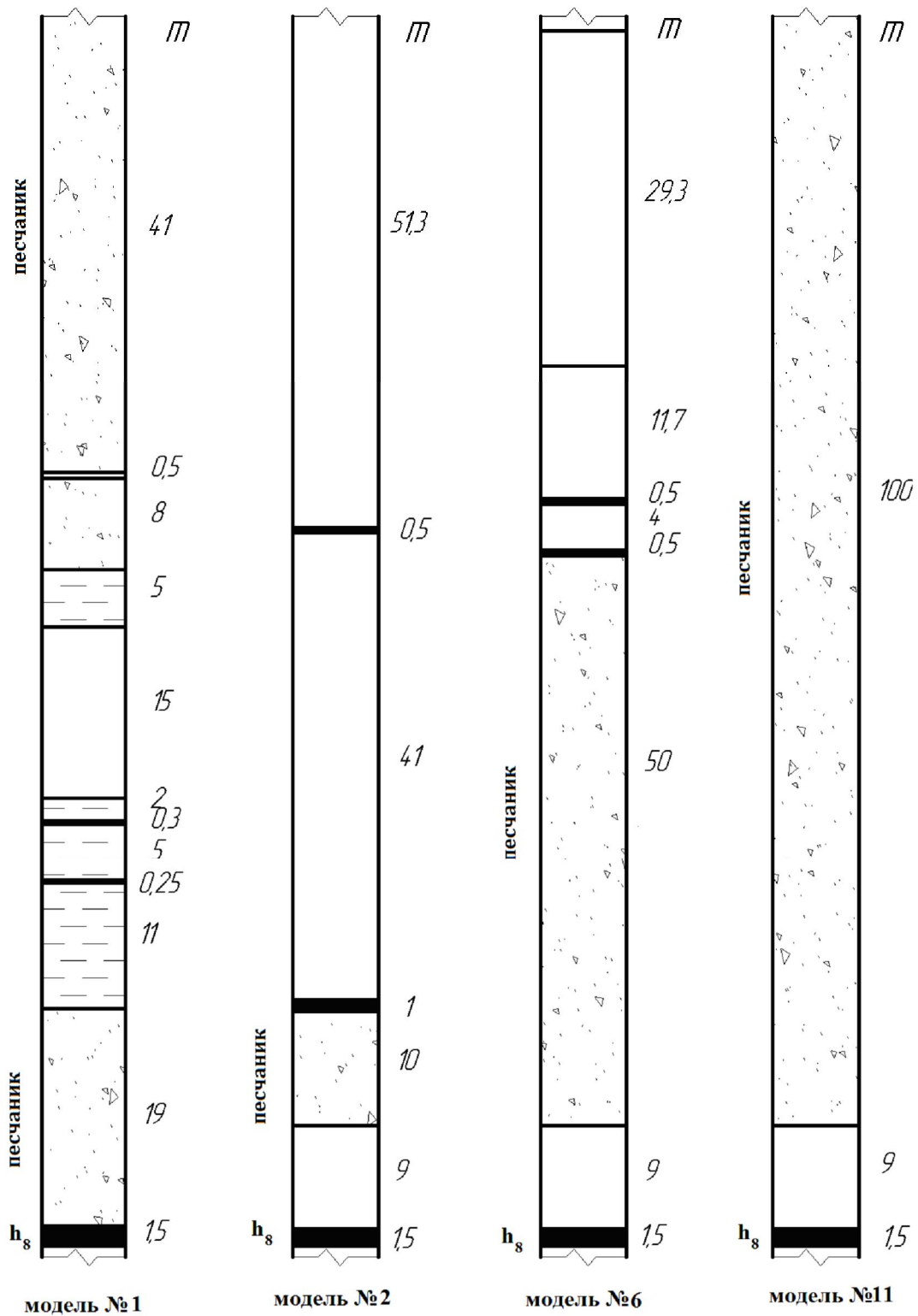


Рисунок 1 – Стратиграфические колонки пород кровли в моделях № 1, № 2, № 6, № 11

ности при её подработке лавой № 8 западной шахты им. «М. В. Фрунзе» ш/у «Ясиновское» ООО ДТЭК «Ровенькиантрацит», обрабатывающей 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 обрабатываемого 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  $h_{\text{max}}$  - 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.

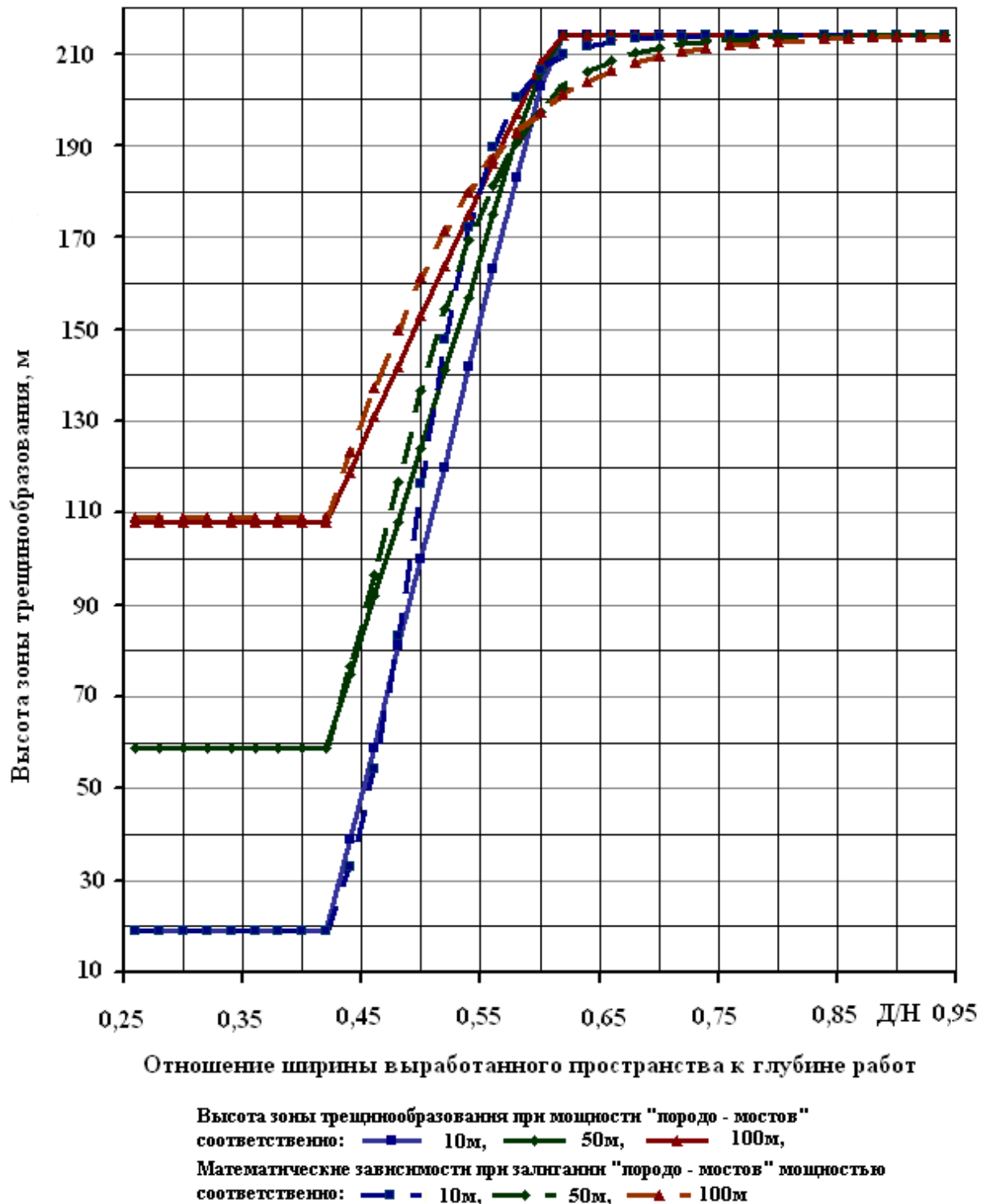


Рисунок 2 - Зависимость высоты распространения трещин от Д/Н

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.