

УДК 622.83:622.023.23

к.т.н. Аверин Г. А.,
к.т.н. Ларченко В. Г.,
Корецкая Е. Г.

(ДонГТУ, г.Алчевск, ЛНР, balgala@ukr.net)

ВЛИЯНИЕ КРЕПКИХ ПОРОД НА МАКСИМАЛЬНЫЕ ОСЕДАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ им. ФРУНЗЕ

Приведены результаты исследования максимальных оседаний земной поверхности с учетом чередования крепких пород, выраженные в процентном отношении к глубине ведения очистных работ, путем моделирования и натурных наблюдений подрабатываемой железной дороги.

Ключевые слова: математическое моделирование, метод конечных элементов, максимальные оседания земной поверхности, процентное содержание, крепкие породные слои.

Постановка проблемы. Прогноз сдвига земной поверхности рассчитывается в соответствии с нормативным документом [1]. Данная методика не учитывает влияния крепких пород (песчаник, известняк и т. д.), залегающих в подрабатываемой толще. Основными исходными данными для этой методики являются: мощность вынимаемого пласта, отношение ширины выработанного пространства к глубине разработки, угол падения пласта, относительная величина максимального оседания, относительная величина максимального горизонтального сдвига пород и др.

Решить эту проблему возможно, используя вычислительные программные комплексы, которые позволяют достичь высокой точности определения параметров сдвига земной поверхности, вызванного ведением очистных работ при отработке тонких и средней мощности полных угольных пластов [2]. При определении параметров сдвижений земной поверхности математическими моделями многие исследователи не учитывают слоистость, в том числе и чередование слабых и крепких слоев и прослоек, что оказывает существенное влияние на процесс и параметры сдвига толщи горных пород над выработанным пространством [3].

Цель исследования – усовершенствовать прогноз максимальных оседаний зем-

ной поверхности с учетом крепких пород в подрабатываемой толще.

Для определения влияния крепких пород кровли в подработанной толще сопоставлены максимальные значения оседаний земной поверхности при различном отношении ширины выработанного пространства (D) к глубине разработки (H). Максимальные значения получены тремя методами: путем нивелирования железной дороги – фактические; моделирования методом конечных элементов; вычисления по нормативной методике [1], вызванные работой 8-й западной лавы пласта h_8 в горно-геологических условиях шахты им. Фрунзе ш/у «Ясиновское» ООО ДТЭК «Ровенькиантрацит».

При исследовании моделированием созданы три математические модели: первая максимально учитывает фактические горно-геологические и горнотехнические условия подрабатываемой толщи, в которой содержание крепких пород составляет 25%; вторая – породные слои аргиллита заменены на песчаники и известняки (100% крепких пород); третья – породные слои песчаника и известняка заменены на аргиллиты (0% крепких пород), с учетом угольных пластов и прослоек.

Вычисления проводились на плоских моделях с помощью программного вычислительного комплекса «Лира», реализующего метод конечных элементов. Процесс оседания земной поверхности моделиро -

Таблица 1

Физико-механические характеристики угля и вмещающих его пород

Порода	Модуль упругости, МПа	Коэффициент Пуассона	Коэффициент сцепления, МПа	Угол внутреннего трения, ...°
Аргиллит	$2 \cdot 10^4$	0,2	5	30
Алевролит	$2 \cdot 10^4$	0,2	8	35
Песчаник	$2,5 \cdot 10^4$	0,2	8	35
Известняк	$2,5 \cdot 10^4$	0,2	8	35
Угольный пласт	$0,5 \cdot 10^4$	0,3	3,4	37

вался с учетом пошагового подвигания очистного забоя, шаг выемки – 10 м. При этом поведение пород максимально приближено к упругопластическому деформированию. Модели учитывали увеличение объема разрушенных и обрушенных пород путем подстановок на место пошагово вынутых элементов новых элементов с прочностными свойствами, соответствующими обрушенным породам. Расчетная модель имеет размеры 3460 м по простиранию и 1200 м по глубине. Размеры конечных элементов назначались в зависимости от мощности угольных пластов, пропластков и вмещающих пород. Размер элемента в моделях по мощности составляет от 0,2 до 7,5 м. Размер элемента для моделирования изменения свойств обрушенных во времени пород использован процессор «МОНТАЖ».

Пласт h_8 сложного строения, средняя его мощность 1,4 м, угол падения на выемочном участке изменяется от 4° до 18° . Глубина лавы в среднем 950 м. Выемка антрацита проводилась механизированным комплексом 1КМТ-1,5. Скорость подвигания очистного забоя изменялась от 30 до 75 м/мес.

Фактические оседания земной поверхности определялись по данным наблюдений (геометрическое нивелирование) подработанной железной дороги, которые проводились во время работы 8 западной лавы (с октября 2000 г. по июнь 2002 г.). Расстояние между реперами составляло 30 м. Замеры проводили раз в месяц.

тов по простиранию – 5 м. Модели состоят из 162377 элементов. Тип конечных элементов – физически нелинейный, универсальный, прямоугольный конечный элемент (КЭ) плоской задачи (грунт). Критерий разрушения определялся теорией прочности Кулона-Мора для грунтов. Моделируемая подработанная толща пород была представлена чередующимися слоями различных типов пород, отличающимися между собой деформационными прочностными характеристиками, соответствующими стратиграфической колонке, полученной в результате бурения разведочных скважин. Физико-механические характеристики угля и вмещающих его пород приведены в таблице 1

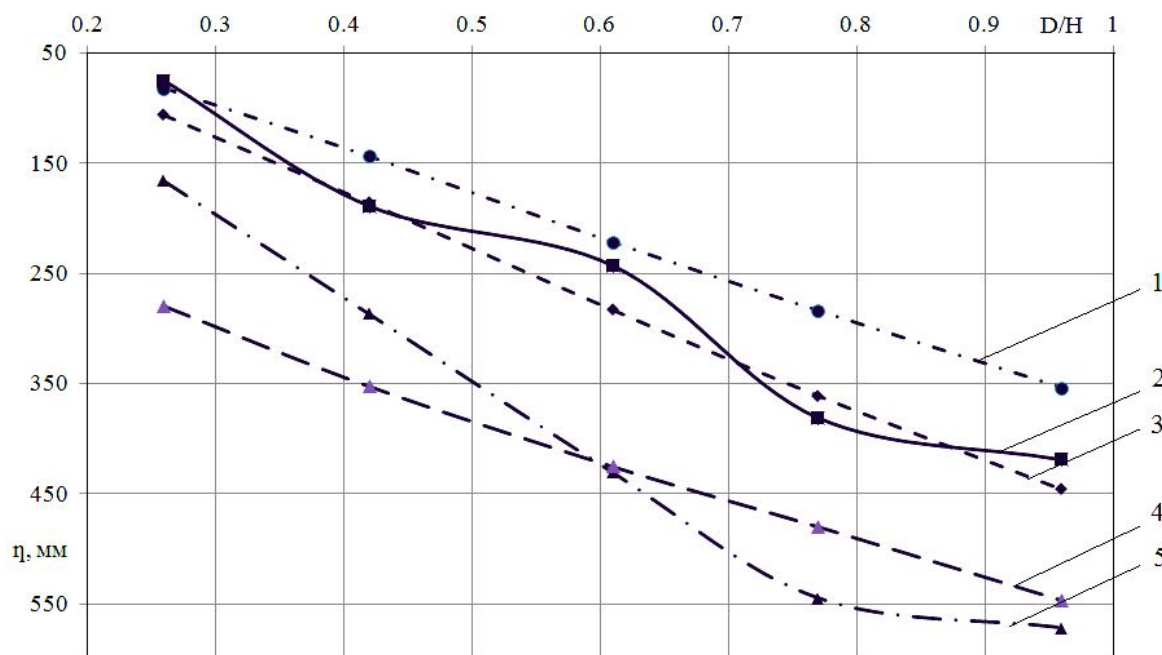
Результаты максимальных оседаний земной поверхности, полученные в результате исследований, представлены в таблице 2.

Фактические и полученные моделированием максимальные оседания в условиях 8-й западной лавы пласта h_8 шахты им. Фрунзе примерно равны. В графиках, построенных по данным таблицы 2 (рис. 1), максимальное отклонение составляет не более 14%. Соответственно, данные, полученные в результате моделирования первой модели (25% крепких пород, ломаная 3 рис. 1), в дальнейшем можно использовать как фактические. Расчетные максимальные значения превышают фактические в среднем в 1,1 раза.

Таблица 2

Максимальные оседания земной поверхности, полученные различными методами

Отношение ширины выработанного пространства D к глубине разработки H	Максимальные оседания, мм				
	Фактические	Нормативные	Полученные на моделях при содержании песчаника		
			0%	25%	100%
0.26	95	279	166	106	82
0.42	189	352	287	186	144
0.61	243	425	431	283	222
0.77	381	480	545	361	284
0.96	419	546	672	446	354



1, 3, 5- моделируемые, соответственно, для крепких пород 100%, 25%, 0%; 2 – фактические; 4 – нормативные.

Рисунок 1 Зависимость максимальных оседаний земной поверхности от отношения ширины выработанного пространства D к глубине разработки H угольного пласта

Путем интерполяции зависимостей максимальных оседаний земной поверхности от отношения ширины выработанного пространства к глубине разработки по данным моделей, содержащих 0%, 25% и 100% крепких пород в подрабатываемой

толще, получены зависимости максимальных оседаний при других процентных содержаниях крепких пород, представленных на рисунке 2.

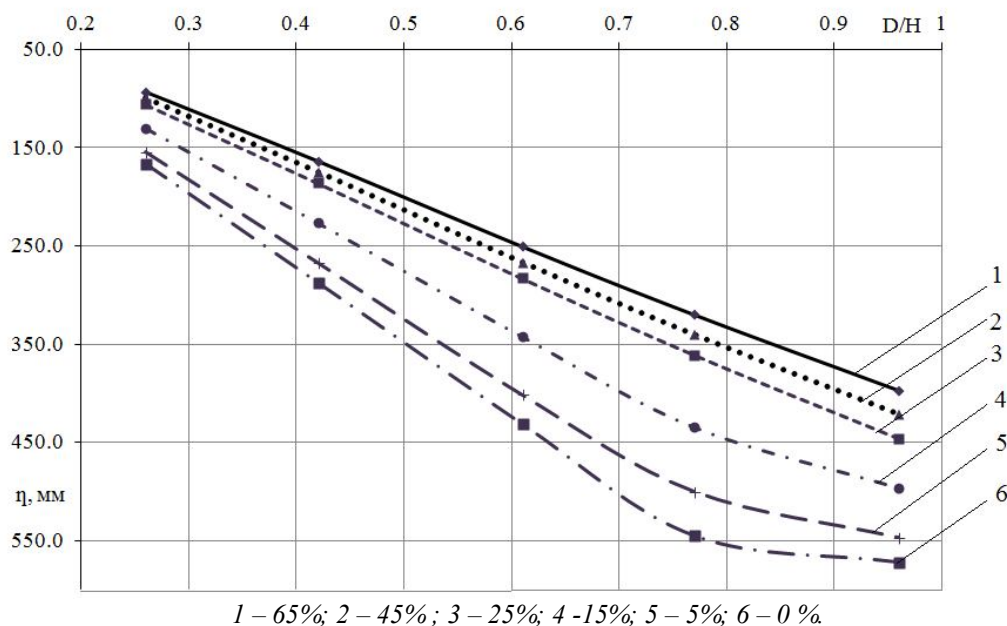


Рисунок 2 Зависимости максимальных оседаний земной поверхности от соотношения ширины выработанного пространства D к глубине H при разном содержании крепких пород в подработанной толще

Таблица 3

Поправочный коэффициент в максимальные оседания, вычисленные по методике [1], при различном процентном содержании песчаника в подработанной толще

D/H	Содержание крепких пород в земной толще, %						
	65%	55%	45%	35%	25%	15%	5%
0.26	3.0	2.9	2.8	2.6	2.6	2.1	1.8
0.42	2.2	2.1	2.0	1.9	1.9	1.6	1.3
0.61	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.2	1.1
0.77	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.1	1.0
0.96	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0

На основании сравнения максимальных оседаний, полученных на моделях и рассчитаны по нормативному документу [1], определены поправочные коэффициенты, позволяющие учесть содержание крепких пород (табл. 3), которые можно ввести в «Правила подработки зданий, сооружений и водных объектов при отработке угля подземным способом» [1].

Выводы

При получении максимальных оседаний земной поверхности необходимо учиты-

вать крепкие породы в подрабатываемом массиве.

Математическое моделирование с помощью программы «ЛИРА» позволяет создать расчетные схемы для прогнозирования максимальных оседаний земной поверхности, с помощью которых учитывается литология подрабатываемых пород.

Проведенные исследования сдвижения земной поверхности методами натурных наблюдений и математическим моделированием позволили получить поправочные коэффициенты, учитывающие процентное

содержание крепких пород, залегающих в горно-геологических условиях близлежащих шахт ООО ДТЭК «Ровенькиантрацит», при прогнозировании максимальных оседаний земной поверхности.

По максимальным оседаниям в соответствии с «Правилами...» [1] можно вычислить величины сдвижений и деформаций земной поверхности в точках главных сечений мульды.

Библиографический список

1. ГСТУ 101.00159226.001– 2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом [Текст]. — Київ : Мінпаливенерго України, 2004. — С. 127.
2. Аверин, Г. А. Прогнозирование максимальных оседаний земной поверхности при различном содержании крепких породных слоев подработанного массива [Текст] / Г. А. Аверин, В. Г. Ларченко, Е. Г. Корецкая, О. Г. Доценко // Уголь Украины. — 2016. — № 8. — С. 4–7.
3. Аверин, Г. А. Влияние слоистости на оседание земной поверхности [Текст] / Г. А. Аверин, П. Н. Кирьязов, О. Г. Доценко // Уголь Украины. — 2010. — № 10. — С. 34–35.

© Аверин Г. А.
 © Ларченко В. Г.
 © Корецкая Е. Г.

Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. РМПИ ДонГТУ Леоновым А. А., гл. маркшейдером ш. «XIX съезда КПСС» Кияненко Н. А.

Статья поступила в редакцию 15.11.16.

**к.т.н. Аверин Г. А., к.т.н. Ларченко В. Г., асс. Корецька О. Г. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)
 ВПЛИВ МІЦНИХ ПОРІД НА МАКСИМАЛЬНІ ОСІДАННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХІ В
 УМОВАХ ШАХТИ ім. ФРУНЗЕ**

Приведені результати дослідження максимальних осідань земної поверхні з урахуванням чергування міцних порід, виражені в процентному відношенні до глибини ведення очисних робіт, шляхом моделювання і натурних спостережень залізниці, що підробляється.

Ключові слова: математичне моделювання, метод кінцевих елементів, максимальні осідання земної поверхні, процентний вміст, міцні породні шари.

**PhD Averin G. A., PhD Larchenko V. G., Koretskaia E. G. (DonSTU, Alchevsk, LPR)
 INFLUENCE OF HARD ROCKS ON MAXIMUM EARTH CRUST SUBSIDENCE IN THE
 CONDITIONS OF FRUNZE MINE**

The research results of maximum earth crust subsidence are shown considering hard rock alternations presented in percentage ratio to a depth of coal-face working, by modelling and naturalistic observations for the railway undermined.

Key words: mathematical modeling, finite element method, maximum earth crust subsidence, percentage, hard rock layers.