

родных условий при добыче угля на разных угольных месторождениях. В количественном отношении она представляет собой разность между уровнем замыкающих (предельных) затрат на добычу угля, установленных для данного угольного бассейна, и полной себестоимостью угля.

Экономическая ценность 1 тонны теряемых балансовых запасов угля в недрах на шахте «Коммунист» составляет 50,8 грн/т, что приносит значительный ущерб. Это объясняется, прежде всего, сложными горно-геологическими условиями разработки, несовершенной организацией работ.

Чтобы увеличить уровень извлечения потерь из недр, постоянно проводятся различные мероприятия. Наиболее эффективными являются: бесцеликовая технология отработки выемочных участков, расконсервация запасов под объектами поверхности и вовлечение в отработку забалансовых запасов угля. Наряду с этими мероприятиями действенным методом снижения потерь должно стать экономическое воздействие на горные предприятия, при котором на результативных показателях предприятия отражались бы последствия потерь запасов угля. Для этого необходимы два основных условия:

1. Научно обоснованная методика экономической оценки потерь угля в недрах, обеспечивающая реальное (с необходимой степенью достоверности) определение ущерба от этих потерь в масштабе угольной отрасли.

2. Конкретное отражение ущерба от потерь угля в недрах в конечных экономических показателях горного предприятия (себестоимости и прибыли).

#### Библиографический список

1. **Отраслевая инструкция** по учету балансовых и расчету промышленных запасов, определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь угля при добыче. – М: Недра, 1974. – 85 с.
2. **Правила охраны** сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – М: Недра, 1981. – 288 с.

УДК 622.83

### УСТАНОВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА МЕХАНИЧЕСКОГО ОТПОРА ПОРОДАМ ПОЧВЫ ВЫЕМОЧНОЙ ВЫРАБОТКИ

*Асс. Негрей С.Г., асс. Сахно И.Г., студ. Шулубина А.С., ДонНТУ, г. Донецк, Украина*

Одной из основных проблем угольных шахт является безремонтное поддержание выемочных выработок. Потеря устойчивости контура таких выработок в 70% случаев вызвана пучением пород почвы выработки, представляющим собой сложный процесс, обусловленный целым рядом факторов и протекающий по-разному в различных горно-геологических и горнотехнических условиях и на разных этапах существования выработки.

К настоящему времени разработан широкий спектр способов практически для всех условий [1]. Но их отличие не только в формах практической реализации, но и в формах затратности и сложности технической реализации. Способы борьбы с пучением пород почвы горных выработок, по нашему мнению, можно классифицировать по следующим признакам: по типу выработок, в которых применяются данные способы; по стадиям их реализации относительно срока эксплуатации выработки.

Если рассматривать способы по второму признаку, то большая часть из них реализуется во время проведения выработки (применение замкнутых конструкций крепи, проведение выработки завышенным сечением, применение взрывного способа, способ активной предварительной разгрузки, взрывощелевой способ разгрузки почвы и др.), а также в непосредственной близости к очистному забою и позади него (установка крепей усиления, комплексный способ охраны, интенсификация пучения пород почвы в выработанном пространстве лавы и др.).

Единственным способом, предотвращающим последствия пучения пород почвы является проведение подрывки. Но, как показывает практика, подрывка приводит к увеличению интенсивности процесса деформирования пород на контуре выработок [2]. Это свидетельствует о том, что вмешательство в естественный процесс смещений пород почвы за счет их подрывки приводит к нарушению установившегося в массиве равновесного состояния и активизации протекающих геомеханических процессов.

Решением рассматриваемой проблемы может быть создание силового воздействия на почву выработок, которое эквивалентно весу вынимаемых во время подрывки пород – применение способа механического отпора породам почвы [3].

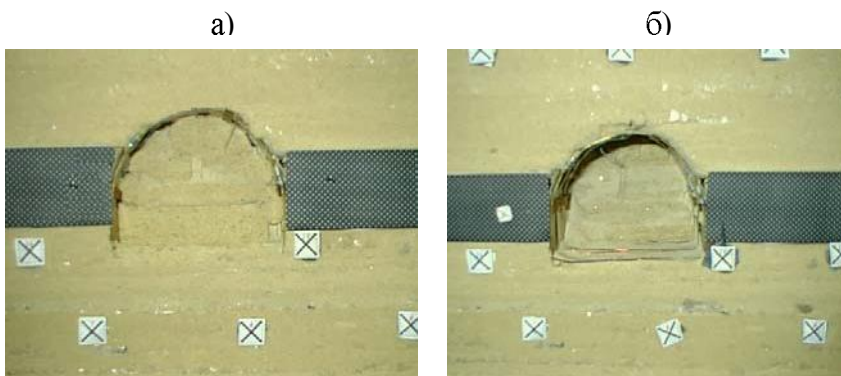
Так как применение данного способа возможно в условиях, когда вокруг выработки образовалась зона разрушенных пород и почва может быть идентифицирована как сыпучая среда [4], то можно предположить что способ возможно применять не только после проведения подрывки, но и на стадии эксплуатации выработки, когда смещения почвы выработки находятся в допустимых пределах и необходимо предотвратить последующее ее пучение.

Для подтверждения данного утверждения нами были проведены лабораторные исследования по установлению эффективности применения способа механического отпора породам почвы на моделях с использованием эквивалентных материалов.

Основной идеей методики лабораторного эксперимента явилось использование двух совершенно одинаковых моделей, отличия которых заключались только в том, что в одной из них не применялись средства механического отпора выдавливанию пород почвы выработки

(гибкие поперечные стяжки по почве), а в другой – применялись (рис. 1).

Моделировались горно-геологические условия пласта с<sub>11</sub> шахты «Южнодонецкая» №3 ГП «ДУЭК». Подбор физико-механических характеристик эквивалентного материала и элементов крепи выработок производился по известной методике Г.Н. Кузнецова [5].

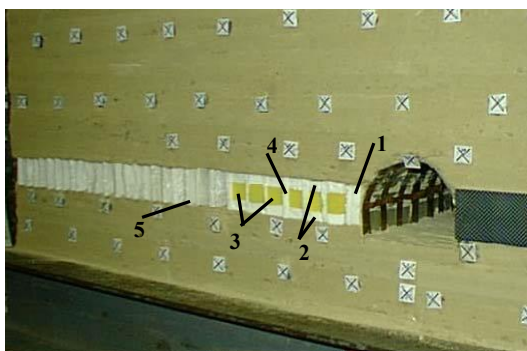


**Рис. 1** - Общий вид проводимой выработки в моделях без установки (а) и с установкой (б) гибких поперечных стяжек по почве выработки

нецова [5].

Гибкие поперечные стяжки в модели имитировались отрезками проволоки диаметром 0,001м и длиной 0,18м. Их параметры были подобраны с учетом масштаба моделирования 1:50. Отрезки проволоки устанавливались по почве выработки между ножками крепи, их концы друг с другом соединялись полосками алюминиевой фольги и изоляционной ленты шириной 0,004м.

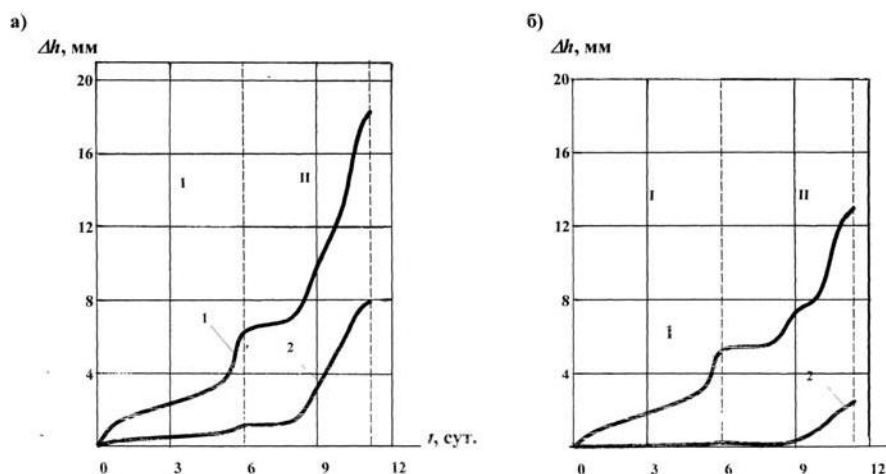
При выемке пласта по аналогии с натурой предусматривалось возведение охранного сооружения со стороны лавы – чураковой стенки и бутовой полосы. В модели чураковая стенка имитировалась двумя полосками пенопласта 1 (рис. 2), в качестве бутовой полосы использовался пенопласт 2 (рис.2) и поролон 3. Подбор характеристик и размеров материала для бутовой полосы осуществлялся путем испытания их на сжатие, с учетом возможности усадки полосы до 60 % от мощности пласта. Вслед за установкой бутовой полосы после каждого этапа вплотную к ней устанавливался ряд стоек 4 из полосы пенопласта. Отработка каждой модели состояла из следующих этапов: закатки модели, уплотнения толщи пород, проведения выработки, выемки пласта угля и установки охранного сооружения. После каждого этапа, когда прекращались деформационные процессы в толще пород, производились замеры смещения реперов в слоях модели.



**Рис. 2** - Расположение элементов модели на стенде после выемки «угольного пласта» (1- чураковая стенка; 2, 3, 4- бутовая полоса; 5- ряд стоек).

зовой модели и в модели со стяжками в среднем составили соответственно 44 и 18% (рис. 3).

Интенсивный рост смещений в обеих моделях был отмечен после выемки первой полосы угля. К началу выемки пласта почва выработки в первой модели поднялась на 1,2мм



**Рис. 3.** - Конвергенция кровли и почвы (1) и смещения почвы (2) выработки  $\Delta h$  по мере отработки моделей №1 (а) и №2 (б): I- проведение выработки; II- выемка угольного пласта крепление очистного забоя ( $t$  – время с начала отработки моделей)

во второй модели - на 0,2 мм (0,01м в натуре), по завершении выемки величины смещений почвы составили соответственно 8,0 и 2,3мм или 0,4 и 0,12м в натуре.

Доля смещений почвы от общих вертикальных смещений контура выработки в базовой модели и в модели со стяжками в среднем составили соответственно 44 и 18% (рис. 3).

Анализ и сравнение результатов моделирования на моделях из эквивалентных материалов позволили качественно оценить преимущества модели, в выработке которой устанавливались поперечные стяжки по почве, и установить эффективность применения способа механического отпора породам почвы на стадии эксплуатации выработки как до подрывки, так и после нее.

#### Библиографический список

1. Литвинский Г.Г., Бабиюк Г.В., Быков А.В. Эффективные способы предотвращения пучения пород в шахтах // ЦНИЭИуголь, ЦБНТИ Минуглепрома УССР.– М., 1985.– 48 с.
2. Зубов В.П., Чернышков Л.Н., Лазченко К.Н. Влияние подрывок на пучение пород в подготовительных выработках // Уголь Украины. – 1985. – №7. – С. 15-16.
3. Негрей С.Г. Результаты испытаний способа предотвращения повторного пучения пород почвы горной выработки // Проблемы подземного строительства и направления развития тампонажа и закрепления горных пород: Материалы научно-практической конференции.– Луганск: Изд-во Восточнoукраинского национального университета им. В.Даля.– 2006.– С.202-206.
4. Касьян Н.Н., Негрей С.Г., Сахню И.Г. О влиянии механического отпора выдавливанию пород почвы горных выработок на их смещения // Разработка рудных месторождений. – 2004.– Вып. 87. – С. 28-29.

5. **Моделирование** проявлений горного давления / Кузнецов Г.Н., Будько М.Н., Васильев Ю.И., Шклярский М.Ф., Юревич Г.Г.– Л.: Недра, 1968.– 280 с.

УДК 622.831

## **О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОДОЛЬНО-БАЛОЧНОЙ КРЕПИ УСИЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

*К.т.н., доц. Соловьев Г.И., студ. Бекетов А.С., ДонНТУ, г. Донецк, Украина*

Разработанная сотрудниками ДонНТУ продольно-балочная крепь усиления [1,2], представляет собой сложную пространственную статически неопределимую конструкцию и характер ее работы в различных горно-геологических условиях изучен еще недостаточно. С 1998 по 2007 г.г. данная крепь усиления прошла опытно-промышленную проверку на шахтах “Южнодонецкая №3”, им. Е.Т.Абакумова, им. М.И.Калинина, им. А.А.Скочинского производственного объединения “Донецкуголь”. При этом вместе с накоплением экспериментальных данных были проведены теоретические исследования по обоснованию параметров продольно-балочной усиливающей крепи в различных условиях применения.

В основу теоретических исследований была положена математическая модель каркасной крепи, как  $(n-2)$  раза статически неопределимая конструкция (где  $n$  - число элементов крепи), решаемая на основе метода сил. Проведенные исследования позволили изучить характер и особенности работы элементов каркасной крепи при различных нестационарных режимах нагружения и выяснить механизм перераспределения горного давления на менее нагруженные секции [2]. В целом результаты экспериментальных наблюдений и теоретических исследований имели хорошее согласование.

Рассматривая работу арочной крепи, можно отметить, что основными возможными причинами проседания арочной крепи под воздействием горного давления являются следующие проявления горного давления.

Механизм “выключения” из работы отдельных элементов и перераспределения нагрузки можно объяснить на основе механики разрушения пород кровли. Первоначально целостные породы непосредственной кровли по мере проседания опор крепи разрушаются и растрескиваются на отдельные соизмеримые по величине элементы, которые можно рассматривать как дискретную распорную или с некоторым допущением псевдосыпучую среду. Подобное положение подтверждается гипотезами Лабасса, Зольденрата и К.В.Руппенейта [3, 4]. Одной из особенностей движения сыпучих материалов является образование и разрушение со временем естественных сводов над просевшими участками.

В арочной крепи при достижении внешней нагрузкой “пороговых” значений отдельные элементы крепи получают значительные разовые смещения, в результате чего породы непосредственной кровли растрескиваются, превращаясь в сыпучую среду. При этом образуют естественный свод, опирающийся на ближайшие соседние элементы и перераспределяющий на них дополнительную нагрузку. В результате эти комплекты крепи также оказываются перегруженными и, если нагрузка на них превышает “пороговые” значения, также проседают, вызывая перераспределение нагрузки на другие комплекты.

Превышение “порога” внешней нагрузки в одном комплекте крепи вызывает цепную реакцию разрушения непосредственной кровли над несколькими комплектами. Механизм данной цепной реакции легко проследить на следующем примере.

Рассмотрим работу участка крепи из 9 арок (рис. 1). Величина “пороговых” или предельных значений внешней нагрузки  $P$  (задается в ее долях) и смещения комплектов крепи  $d$  (величина технологической податливости крепи) приведены в таблице 1.

Пренебрегая упругими деформациями и предполагая, что величина проседания элементов пропорциональна значениям “пороговых” нагрузок, нагрузим на первом этапе элементы крепи равными внешними нагрузками  $0,85P$ . При этом элементы 3, 7 и 9, для которых внешняя нагрузка превысила “пороговые” значения, проседают соответственно на  $0,85d$ ,  $0,85d$  и на  $0,8d$ .