

**Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний
університет»**

**ТЕХНОЛОГІЇ І ПРОЦЕСИ У ГІРНИЦТВІ ТА
БУДІВНИЦТВІ**

**III Міжнародна науково-технічна
конференція**

(м. Красноармійськ, Україна, 25-29 травня 2015 р.)

Збірник наукових праць

Красноармійськ – 2015

УДК 622.24

Негрей С.Г., Негрей Т.А.

Донецкий национальный технический университет, г.Красноармейск (Украина)

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖЕСТКИХ ОХРАННЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СЛАБЫХ ПОДСТИЛАЮЩИХ ПОРОД

Дальнейшая разработка угольных месторождений обуславливает переход горных работ на большие глубины, а это, в свою очередь, ведет к ухудшению устойчивости подготовительных выработок и необходимости перехода со столбовой на комбинированную систему разработки с проведением конвейерного ходка (штрека) вслед за очистным забоем. Основная причина такой тенденции – ухудшение состояния подготовительных и высокая трудоемкость их поддержания в массиве.

Для охраны повторно используемых выработок в последнее время применяются жесткие искусственные охранные сооружения (литые полосы и тумбы БЖБТ, блоков БДБ), которые показывают достаточно высокую эффективность и позволяют обеспечить эксплуатационное состояние выработок. Одним из ограничивающих факторов для их применения, является необходимость применения в условиях подстилающих пород, прочность которых на одноосное сжатие более 30 МПа [1], а иногда не менее 60 МПа [2] (табл. 1).

Действительно по результатам исследований горного давления в повторно используемых выработках, охраняемых опорами из блоков БЖБТ и являющимися жесткими ограждениями, было установлено, что в условиях легкой основной, неустойчивой непосредственной кровель и слабой почвой применение таких конструкций нецелесообразно [3]. И для жестких охранных сооружений критическое значение параметра

$$\frac{H}{R_{сж.п.}} = 15,$$

что существенно уточняет область применения жестких ограждений на больших глубинах и графически может быть представлено рисунком 1.

Таблица 1– Геомеханические и технологические условия применения способов охраны подготовительных выработок [2]

Вид охранной конструкции	Мощность пласта, м	Глубина ведения работ, м	Слагающие породы f по М.М. Протодьяконову	Параметры выработки	Рекомендуемая область применения
Тумбы БЖБТ, БДБ, КПК и др.	0,5-1,5	400-800	Минимальная прочность пород на вдавливание $f=6$	$S=11,3-15,8\text{м}^2$, форма выработки и крепь любые	Угол падения пород 0-100 до 150 при применении распоров. Требуют большой доли ручного труда. Малоэффективны в сильно трещиноватых породах.
Полоса из быстротвердеющего материала	0,7-2,2	600-1000	Минимальная прочность пород на вдавливание $f=3$	$S=6,8-13,8\text{м}^2$, форма выработки и крепь любые	Угол паления пород 0-250. Ширина полосы варьируется от горно-геологических условий, а также состава вяжущего материала.

Исходя из этого для типичных большинству шахт Донбасса горно-геологических условий применение жестких охранных конструкций не целесообразно и часто небезопасно, потому что, как показывают результаты исследований ряда ученых в области охраны труда, удельный вес травматизма от обвалов и обрушений на сопряжениях очистных и подготовительных забоев составляет 62,3%. В 62% случаев причиной аварий и несчастных случаев от обвалов и обрушений горных пород является нарушение проектов паспортов крепления, в 8% - аварий и несчастных случаев являются следствием несоответствия паспортов крепления горно-геологическим условиям [4].

Поэтому возникает необходимость в разработке адекватных данным условиям способов либо в усовершенствовании существующих, которые бы

были устойчивыми в условиях слабых подстилающих пород и их применение основывалось на совместном создании грузонесущей конструкции из искусственной опоры и вмещающих ее пород. Но разработке таких способов должно обязательно предшествовать проведение комплексных исследований по установлению характера деформирования подстилающих жесткое охранное сооружение пород и степени его влияния на устойчивость примыкающей выработки.

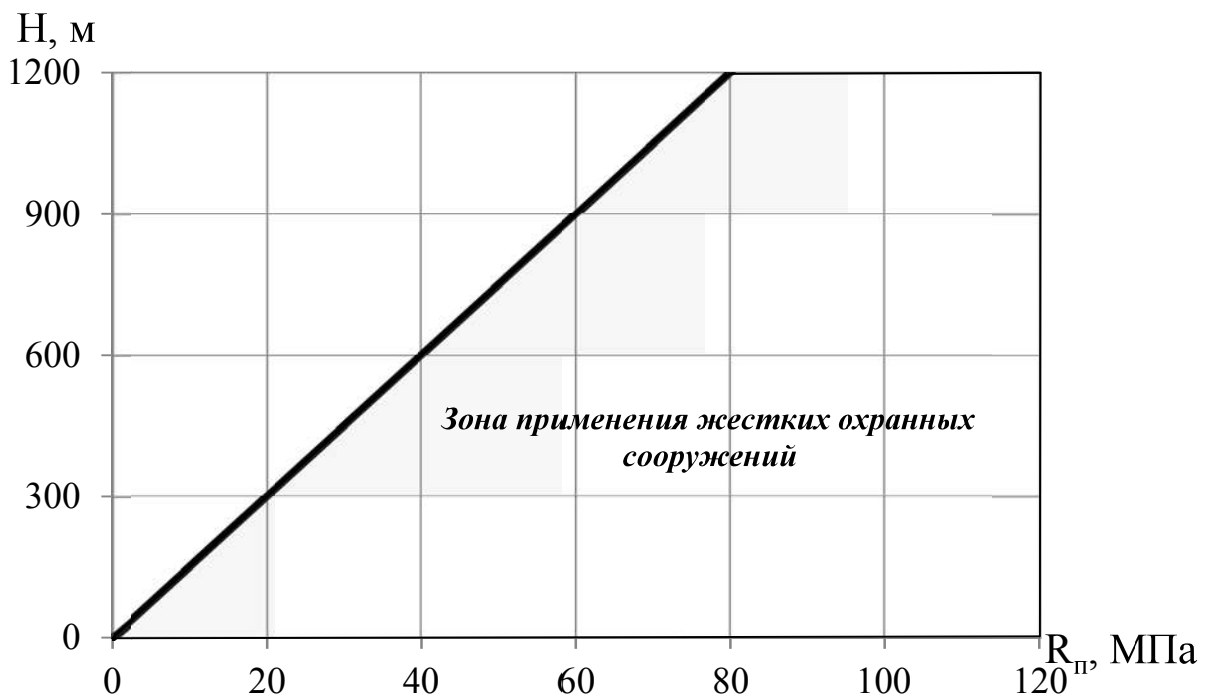


Рисунок 1 – График по определению области применения жестких охранных сооружений

С этой целью нами были проведены исследования в лабораторных условиях на плоских моделях с использованием эквивалентных материалов по изучению процессов, происходящих в окрестности выработки, при применении литой полосы.

При этом необходимо определялся характер деформирования массива пород вокруг выработки и устанавливалась эффективность применения жесткого охрannого сооружения в рассматриваемых горно-геологических и горнотехнических условиях.

Для моделирования проявлений горного давления в окрестности горной выработки был изготовлен плоский стенд, который представлял собой жесткую рамную конструкцию размерами 870×640×20 мм (рис. 2). Размеры и конструкция стенда соответствовали требованиям ВНИМИ [5], подбор эквивалентного материала осуществлялся по известной методике Г.Н. Кузнецова [6].



Рисунок 2 - Общий вид стенда для плоского моделирования методом эквивалентных материалов

Для соблюдения геометрического подобия и исключения в результатах моделирования искажений, которые могли вносить габариты средств измерения, был принят масштаб моделирования 1:35.

Моделируемая толща пород соответствовала горно-геологическим условиям шахтного поля по пласту c_{13} «Шахтоуправления «Южнодонецкое №1», где породы почвы представлены весьма неустойчивым алевролитом $П_1$, мощностью – 1,9-3,9 м и прочностью на одноосное сжатие 20-30 МПа.

В результате испытаний опытных образцов эквивалентного материала [6] была подобрана его необходимая рецептура для соблюдения подобия с

моделируемими горными породами. Отвешенные в соответствии с рецептурой навески песка нагревались в специальных шкафах до температуры 70-80⁰ С. Затем в песок вмешивали связующее - канифоль и парафин или парафин, в зависимости от прочностных свойств материала, и полученный состав закатывался в стенд при помощи инструментариев), подобранных в соответствии с методикой Г.Н. Кузнецова.

Закатка эквивалентного материала в стенде производилась слоями, толщиной 5-11,5 мм в зависимости от расположения их относительно планируемой выработки. Разделение толщи пород в модели на отдельные слои обеспечивалось путем присыпки поверхности каждого слоя крупной молотой слюдой.

Из-за невозможности воспроизведения большой области толщи пород (малой высоты модели) для принятого масштаба при отработке моделей применялось пригрузочное устройство. В качестве пригрузочного устройства использовалась пневмобаллонная крепь, величина компенсирующей пригрузки которой определялась из выражения [7]

$$g_m = g_n \cdot (\gamma_m / \gamma_n) \cdot (l_m / l_n) , \quad (1)$$

где g_n – величина давления пород в натуре (для моделируемых нами условий $g_n = 17,5$ МПа); (γ_m / γ_n) – соотношение объемных весов материалов природы и модели; (l_m / l_n) – геометрический масштаб моделирования.

Определенное для условий эксперимента значение компенсирующей пригрузки равно $g_m = 0,69$ МПа.

Место положения выработки в модели было выбрано с учетом граничных условий, с расчетом, чтобы условие, существующее на наружном контуре модели, не влияло на величины напряжений и деформаций, которые возникали на границах интересующего нас участка.

Модель крепи выработки изготавливалась из полосы латунной фольги шириной 10 мм. Состояла из трех элементов - верхняка и двух ножек. Соединение элементов крепи производилось внахлестку при помощи полоски алюминиевой фольги шириной 6 мм и полоски изоляционной ленты такой же ширины. Рамы крепи были предварительно протарированы, в результате чего была определена их податливость в зависимости от усилий затяжки изоляционной ленты на соединении верхняка с ножками. К применению были приняты рамы крепи, у которых податливость начиналась при нагружении до 80 % от предельной несущей способности. Вдоль выработки, верхняки и ножки крепи соединялись с помощью специального клея полосками латунной фольги шириной 4 мм, по одной на каждом элементе.

В качестве затяжки крепи модели использовались полоски воощеной бумаги длиной 20 мм, шириной 5 мм и толщиной 0,8 мм.

При выемке пласта со стороны лавы возводилась литая, которая имитировалась деревянным объемом. После выкладки полосы далее до боковой стенки производилась выемка пласта, сопровождавшаяся установкой рядов стоек через 20 мм.

В результате лабораторного моделирования была отработана модель из эквивалентных материалов. Ее отработка производилась поэтапно (рис. 3):

1. После полной закатки модели она дважды пригружалась давлением 0,15 МПа, каждый раз на сутки, для исключения пустот в толще пород, образованных при закатке.
2. После уплотнения толщи пород модель окончательно была пригружена давлением воздуха в пневмобаллонах равным 0,69 МПа.
3. Проведение выработки производилось в течение 6 суток путем извлечения эквивалентного материала и установкой рам крепи.
4. После проведения выработки и затухания деформационных процессов в толще пород была начата выемка пласта угля.

После каждого этапа обработки, когда прекращались деформационные процессы в толще пород, производились промеры расстояний от реперов до нижней опалубки («базы»).

Анализ результатов моделирования показывает, что конвергенция пород кровли и почвы выработки за время обработки модели, которое

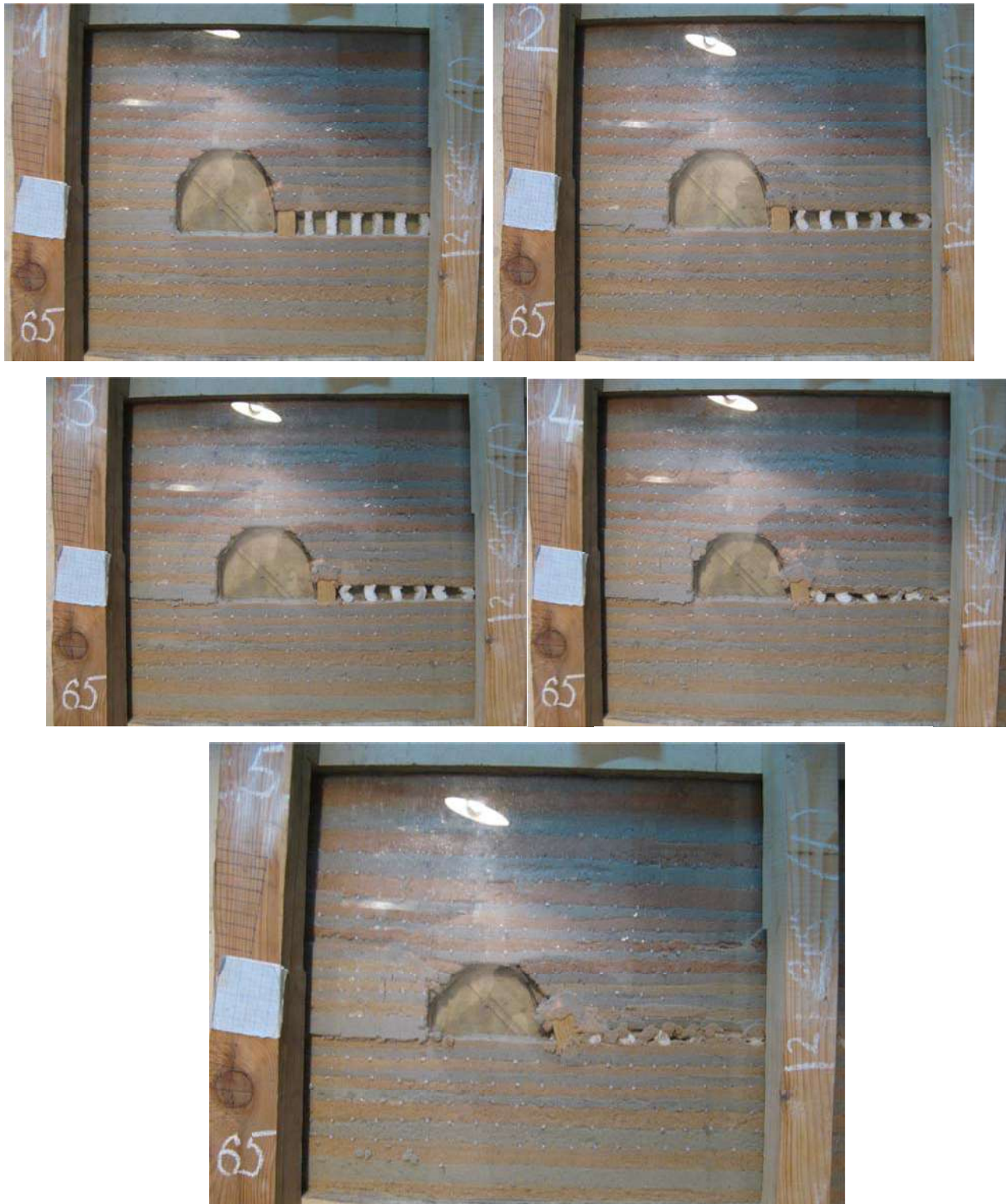


Рисунок 3 - Общий вид модели в процессе ее обработки

соответствовало времени посадки основной кровли, составила 29% от высоты выработки, причем на кровлю приходится 17%, а почву– 12% (рис. 4, 5). Потеря сечения выработки происходила в большей мере за счет уменьшения высоты выработки, чем ее ширины (рис. 5), причем уменьшение последней было отмечено в результате «опрокидывания» охранного сооружения и сползания пород в полость выработки (рис. 6). Начальный момент «опрокидывания» охранного сооружения был отмечен на 8 сутки отработки модели, после чего произошла потеря высоты выработки на 12,6% и интенсификация пучения пород почвы (рис. 4).

Охранное сооружение потеряло свою устойчивость вследствие смятия и обрезки пород кровли, залегающих непосредственно над охранной конструкцией. «Опрокидывание» произошло в сторону выработки, поэтому векторы смещений этих пород были также направлены в полость выработки.

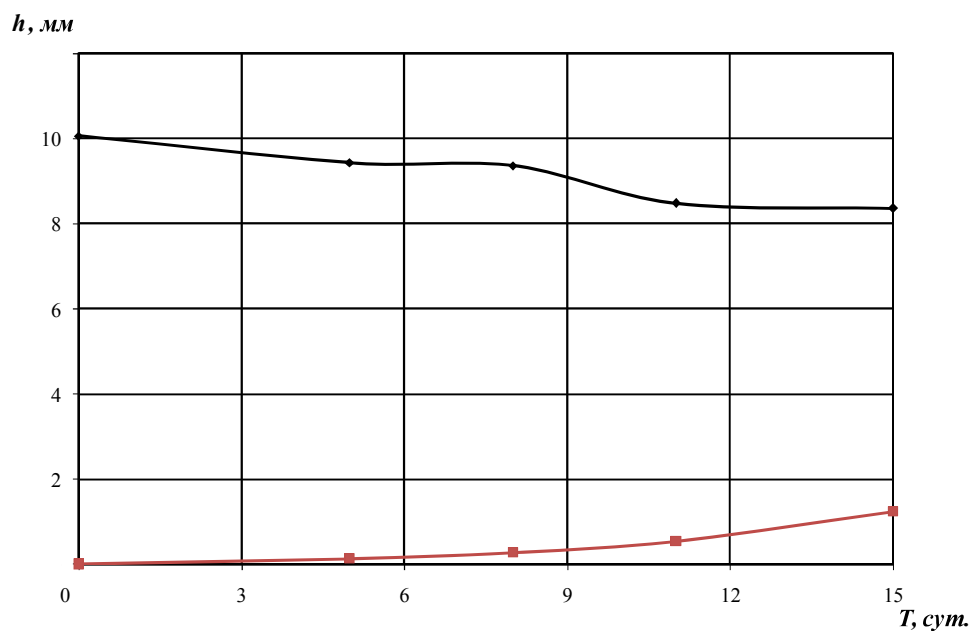


Рисунок 4 - Изменение профиля выработки при отработке модели

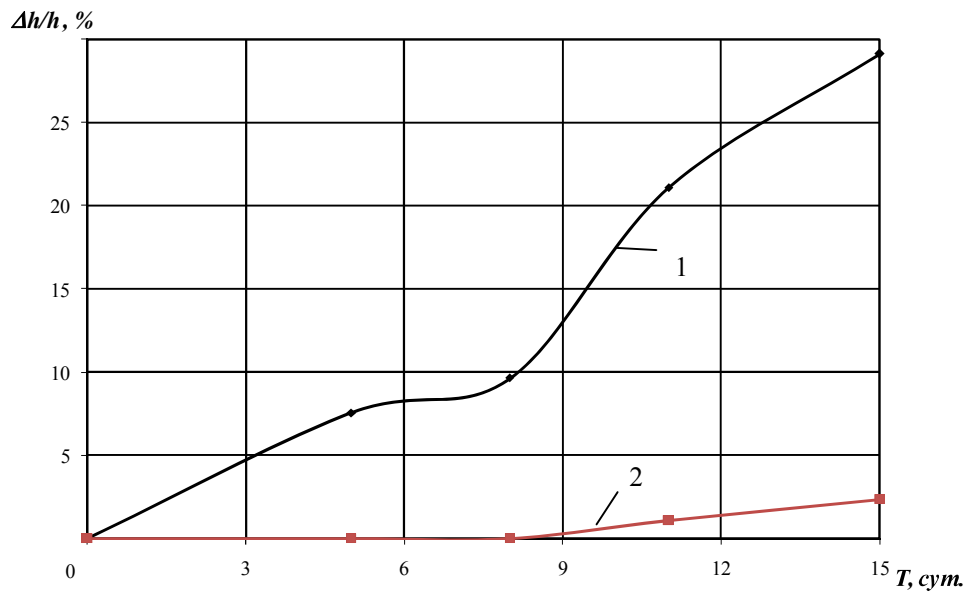


Рисунок 5 Графики изменения высоты (1) и ширины (2) выработки при обработке модели



Рисунок 6 - Общий вид деформирования пород вокруг охранного сооружения и выработки

Данние выводы позволяют сделать предположение, что в рассматриваемых условиях целесообразным было бы размещение охранного сооружения на некотором удалении от выработки с целью обеспечения более качественной опоры для пород кровли. Также дополнительно стоит предусмотреть закладку рядовой породы в полость между жестким охранным

сооружением и выработкой, что позволит обеспечить подпор жесткого элемента и сохранить его устойчивость.

Перечень ссылок

1. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. – Л.: ВНИМИ, 1986. – 222 с.
2. Фомин Е.В., Шапошников В.И., Цыплаков Б.В. Исследования проявлений горного давления при сохранении выработки для повторного использования // Уголь. – 1993. – №11. – С. 19-22.
3. Тимохин А.Н. Обоснование параметров и разработка податливых опор для охраны повторно используемых выработок // Автореф. к.т.н., 05.15.02, Санкт-Петербург, 1993.– 14с.
4. Левкин, Н.Б. Разработка научно-организационных методов предотвращения аварий и травматизма на основе установления закономерностей их проявления в угольных шахтах Украины: Дисс...докт. техн. наук: 05.26.01/ Н.Б. Левкин; Макеевка: МакНИИ.– 2003.– 357с.
5. Требования по технике и методике моделирования методом эквивалентных материалов: Утв. Техн. упр. МУП СССР 27.12.72. / М-во угольной промышленности СССР, ВНИМИ. – Л., 1973. – 56 с.
6. Моделирование проявлений горного давления / Кузнецов Г.Н., Будько М.Н., Васильев Ю.И., Шклярский М.Ф., Юревич Г.Г. – Л.: Недра, 1968. – 280 с.
7. Борисов А.А. Расчет горного давления в лавах пологих пластов. - М.: Недра, 1964. - 278 с.

Надійшла до редакції 11.05.2015