

REFERENCES

1. Kravets V.G., Rogozhnikova V.I. Blasting operations in structurally unstable soils. – Kiev: Znanie, 1980. – 115 p. [in Russian]
2. Norov Ju.D., Turaev A.S., Abdullayev Sh.M. and others Guidance on the application of a method for forming recesses explosions diked charges trench with soil release to the guttering of sandy soils. – Tashkent: Fan, 2000. – 9 p. [in Russian]
3. Pecheroga P.S. The study of the influence of the explosion linearly extended emission charges in water-saturated soil mass by various methods // Vzryvnoe delo. – Moscow: Nedra, 1986. – № 88/45. – PP. 135–139. [in Russian]
4. Norov Ju.D., Raimzhanov B.R Turaev A.S. and others. Methods of modeling of the blast diked soil trench charge of explosives on the release / / DAN university. – 1997. – № 7. – PP. 38–41. [in Russian]
5. Vovk, A.A., Cherniy G.I., Mizaylyuk G.I. The influence of the properties of explosives on the result of explosions in soils // Vzryvnoe delo. – Moscow: Nedra, 1974. – № 74/31. – PP. 100–105. [in Russian]
6. Wentzel E.S. Theory of chances. – Moscow: Nauka, 1969. – PP. 139–141. [in Russian]
7. Mathematical statistics / Ed. by Dlina A.N. – M.: Vysshaja shkola, 1975. – 398 p. [in Russian]
8. Methodological guidance on the application of data processing programs on a digital computer. – Moscow: IGD A.A. Skochinskiy, 1985. – 53 p. [in Russian]

Стаття надійшла 05.08.2013

УДК 622.831

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ
ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА В ОКРЕСТНОСТИ
ВЫРАБОТОК В ЗОНАХ ДИЗЬЮНКТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ**

А. В. Солодянкин, А. В. Халимендик, Х. Т. Тилабов

Государственный ВУЗ «Национальный горный университет»

просп. К. Маркса, 19, Днепропетровск, 49027, Украина.

E-mail: solodyankinO@nmu.org.ua; xalim_gs@mail.ru; zarafshoni_88@mail.ru

Приведены результаты лабораторных исследований на моделях из эквивалентных материалов закономерностей деформирования породного массива вокруг выработки в зоне мелкоамплитудного геологического нарушения типа «сброс».

Ключевые слова: устойчивость выработки, геологические нарушения, смещения контура, способы охраны.

**ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ
ДЕФОРМУВАННЯ ПОРОДНОГО МАСИВУ В ОКОЛИЦІ ВИРОБОК
У ЗОНАХ ДИЗ'ЮНКТИВНИХ ПОРУШЕНЬ**

О. В. Солодянкин, О. В. Халимендик, Х. Т. Тилабов

Державний ВУНЗ «Національний гірничий університет»

просп. К. Маркса, 19, Дніпропетровськ, 49027, Україна.

E-mail: solodyankinO@nmu.org.ua; xalim_gs@mail.ru; zarafshoni_88@mail.ru

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Наведено результати лабораторних досліджень на моделях з еквівалентних матеріалів закономірностей деформування породного масиву навколо виробки в зоні дрібноамплітудного геологічного порушення типу «скид».

Ключові слова: стійкість виробки, геологічні порушення, зміщення контуру, засоби охорони.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Подземная разработка угля неизбежно связана с ростом глубины ведения работ (рис. 1). При этом проблемы обеспечения устойчивости не только подготовительных, но и капитальных выработок приобретают особую актуальность. Одним из факторов, ухудшающих горно-геологическую обстановку является увеличение числа геологических нарушений (рис. 2). Следует отметить, что среди всех типов геологических нарушений наиболее проблемными с точки зрения прогнозирования являются мелкоамплитудные нарушения (с амплитудой до 50 м) разрывного характера, не выявляемые на стадии геологической разведки проектируемого горнотехнического объекта. Это влечет за собой несоответствие паспортных средств охраны горной выработки фактической горно-геологической ситуации.

В связи с этим цель работы – исследование закономерностей деформирования породного массива вокруг протяженной выработки в окрестности мелкоамплитудных геологических нарушений, что является важной научно-практической задачей.

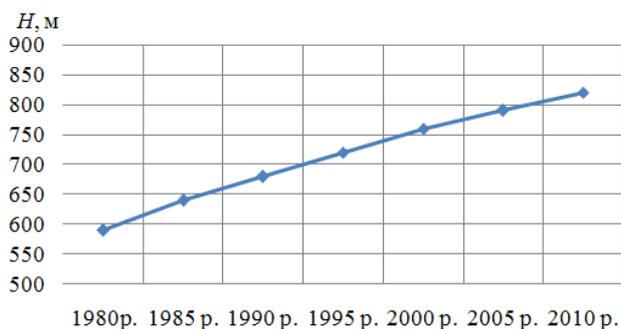


Рисунок 1 – Средняя глубина разработки угольных месторождений Донбасса

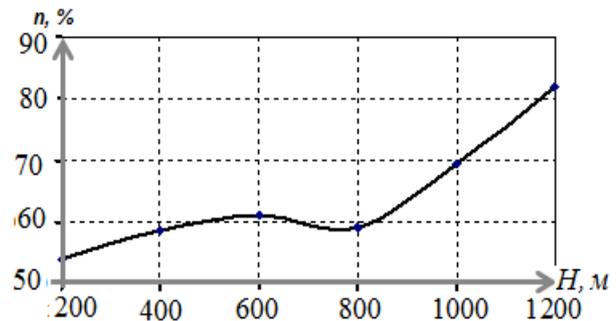


Рисунок 2 – Зависимость частоты геологических нарушений угольных пластов от глубины

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. *Постановка задачи и выбор объекта исследований.* Поскольку большинство разрабатываемых и подготавливаемых угольных запасов сосредоточено в Донбассе, целесообразней всего в качестве базовых выбирать местные предприятия. Наиболее показательным в этом смысле является «Шахтоуправление «Покровское» – лидер национальной угольной отрасли. Кроме того, выбор данного предприятия обусловлен следующими факторами – горные работы на шахте ведутся в значительном диапазоне глубин с тенденцией постоянного роста и охватывают наиболее характерные для данного региона условия в горно-геологическом, горнотехническом и гидрогеологическом плане. При этом на проектируемых участках возрастает

число непрогнозируемых мелкоамплитудных геологических нарушений преимущественно разрывного характера, что, безусловно, в последующем негативно влияет на эксплуатационное состояние горнотехнических объектов. В частности, в таких условиях проводится уклон блока № 10 горизонта 860 м.

Предшествующий мониторинг состояния уклона позволил выявить основные факторы, ухудшающие общее состояние выработки. К ним, в первую очередь, нужно отнести зоны влияния геологических нарушений, удельный вес которых относительно общей трассы выработки составляет не менее 30 %.

Выбор метода исследований. Так как шахтные инструментальные исследования являются весьма объемными и трудоемкими, а также для облегчения интерпретации полученных результатов, были проведены лабораторные исследования проявлений горного давления на физических моделях. Такой подход позволяет установить основные элементы механизма и характер процессов смещения, деформации и разрушения горных пород при создании искусственных полостей в земных недрах, дает необходимый материал для последующей проверки и верификации решений аналитических задач. Цель моделирования состоит в воспроизведении на модели процессов, подобного тем, что протекают в натуральных условиях.

Наиболее эффективным для решения задач геомеханики, является метод моделирования на эквивалентных материалах, предложенный Г.Н. Кузнецовым, основная идея которого изложена в работе [1]. Сам метод, благодаря своей относительной простоте и наглядности по праву, является одним из наиболее распространенных методов физического моделирования при исследовании процессов, протекающих в породном массиве.

Исследования закономерностей деформирования породного массива в зоне геологического нарушения типа «сброс». В соответствии с задачами, которые поставлены в процессе экспериментов, изготавливались модели, имитирующие слоистый неоднородный массив в зоне геологического нарушения типа «сброс». Материал для каждого слоя модели подбирался отдельно с учетом его структуры и физико-механических свойств и масштаба модели. Отобранные и проверенные по соответствующим методикам рецептуры эквивалентных материалов, принятых для проведения исследований в данной работе, наиболее полно отражающие свойства пород свиты пласта d_4 для условий уклона блока № 10 «ШУ «Покровское» (табл. 1). Основные физико-механические параметры эквивалентных материалов приведены в табл. 2.

Таблица 1 – Состав смесей эквивалентных материалов

Модель	Весовое соотношение веществ, %			
	Песок	Парафин	Графит	Солидол
Песчаник	92,5	6,2	0,8	0,5
Алевролит	94,7	4,1	0,7	0,5
Уголь	96,3	2,5	0,7	0,5

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Таблица 2 – Основные физико-механические параметры эквивалентных материалов и материалов природы

Характеристика материала	Песчаник		Алевролит		Уголь	
	Натура	Модель	Натура	Модель	Натура	Модель
Прочность на сжатие, МПа	62	0,4–0,45	44	0,24–0,28	13,5	0,17–0,19
Модуль Юнга, МПа, $\times 10^4$	1,1	0,02	0,53	0,01	0,41	0,01
Объемный вес, т/м^3	2,6	1,6–2,0	2,5	1,6–2,0	1,4	0,6–1,0
Коэффициент Пуассона	0,25	0,25	0,28	0,28	0,26	0,26

Для проведения исследований в лаборатории моделирования и конструктивных материалов кафедры строительства и геомеханики Национального горного университета использовался специальный стенд (рис. 3), позволяющий изготавливать и испытывать модели с масштабом от 1:50 до 1:200. Стенд состоит из стола-платформы, рабочей камеры с передней прозрачной стенкой и рычажной системы для создания дополнительной нагрузки при воспроизведении глубины заложения выработки.

Измерение абсолютных смещений выполнялись с определенными интервалами времени методом фотофиксации изменений нанесенной на лицевую сторону модели мелом сетки, которая заменяет маркеры и не влияет на процесс моделирования.

С целью получения достоверных данных при подготовке лабораторных испытаний были использованы положения теории планирования эксперимента [2, 3].

Для выполнения поставленной задачи было испытано 23 модели.

Принципиальная схема модели вмещающего угольный пласт массива пород в месте геологического нарушения приведена на рис. 4 и соответствует фактическому геологическому разрезу уклона блока № 10 «ШУ «Покровское» районе ПК59 (табл. 3).

Таблица 3 – Выписка из сводной ведомости «Основные проявления горного давления по трассе уклона блока № 10

№ ПК	Наличие геологических нарушений	Основной вид деформаций
57–64		<p>Имеет место несимметричная деформация верхняка крепи; Интенсифицируется процесс пучения пород почвы.</p>

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ КОРИСНИХ КОПАЛИН

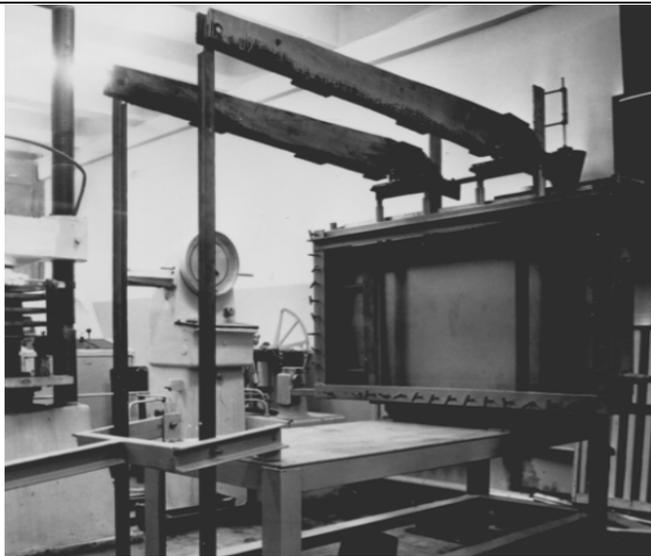


Рисунок 3 – Стенд для моделювання проявлень горного тиску на еквівалентних матеріалах

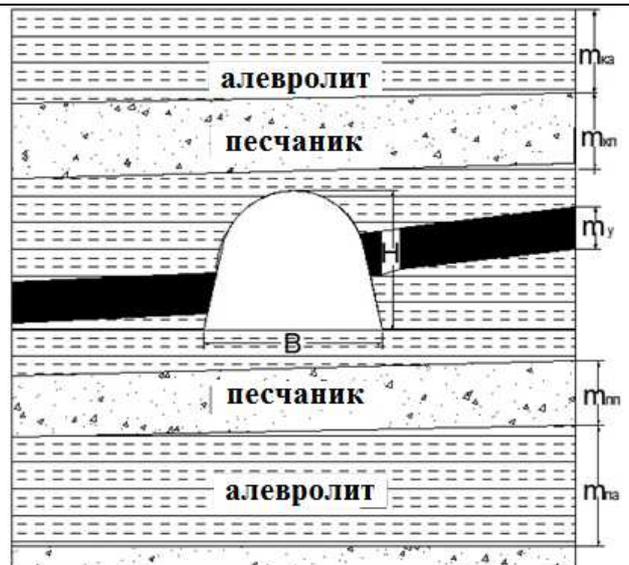


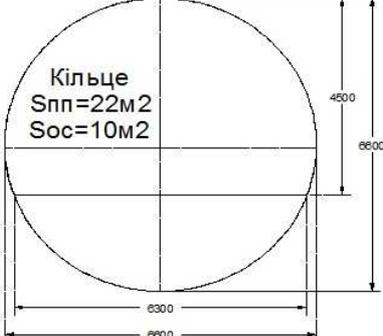
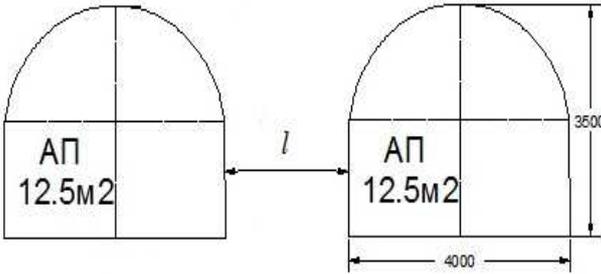
Рисунок 4 – Принципіальна схема моделі породного масива в районі «сброса»

В табл. 4 приведені можливі технологічні рішення по забезпеченню стійкості виробки.

Таблиця 4 – Технологічні рішення по забезпеченню стійкості виробки

№	Предлагаемые схемы	Особенности крепи
1.		<ul style="list-style-type: none"> • рамно-анкерная: <ul style="list-style-type: none"> – КШПУ-22,0 из СВП-27/33; – 11 анкеров / ряд длиной 2,4 м; – шаг крепи 0,67 м.
2.		<ul style="list-style-type: none"> • рамно-анкерная с канатными анкерами в бортах виробки: <ul style="list-style-type: none"> – КШПУ-22,0 из СВП-27/33; – 7 анкеров / ряд длиной 2,4 м; – 4 канатных анкера / ряд длиной 4-6 м; – шаг крепи 0,67 м; • канатные анкера закреплены вне зоны максимально разрушенных пород.

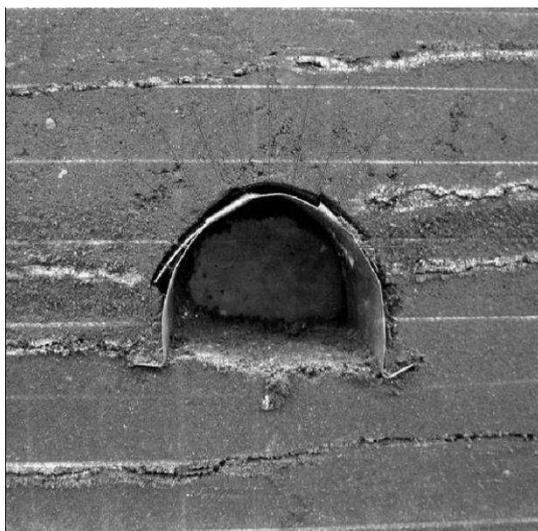
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ КОРИСНИХ КОПАЛИН

№	Предлагаемые схемы	Особенности крепи
3.		<ul style="list-style-type: none"> Использование крепи замкнутого сечения (кольцо) аналогичного профиля при обеспечении соответствия технологическим требованиям базовой крепи существенно уменьшает величину вертикальной конвергенции за счет снижения перемещений в почве выработки.
4.		<ul style="list-style-type: none"> две смежные выработки меньшего сечения с охранным целиком между ними, что уменьшает эквивалентную ширину выработки в проходке и повышает ее устойчивость; крепь типа КМП-А3 (АП) при одинаковой площади сечения с КШПУ имеет меньшие габаритные размеры по почве.

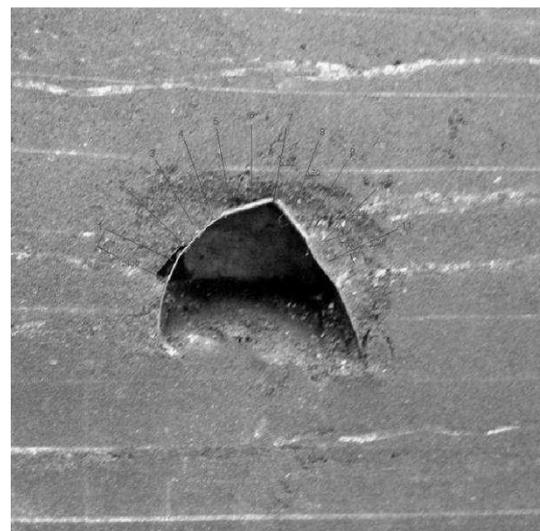
В целом исследование характера развития деформационных процессов системы «крепь-массив» выполнялось в четыре этапа.

Первым этапом предполагалось моделирование выработки (модель А, рис. 5,а), устойчивость которой обеспечивается паспортными средствами охраны (рис. 6).

Основной идеей первого этапа было сопоставление полученных качественных данных моделирования с результатами шахтного мониторинга, что в целом позволяет обоснованно судить об адекватности предложенного метода исследований.



а



б

Рисунок 5 – Модель А до (а) и после (б) нагружения

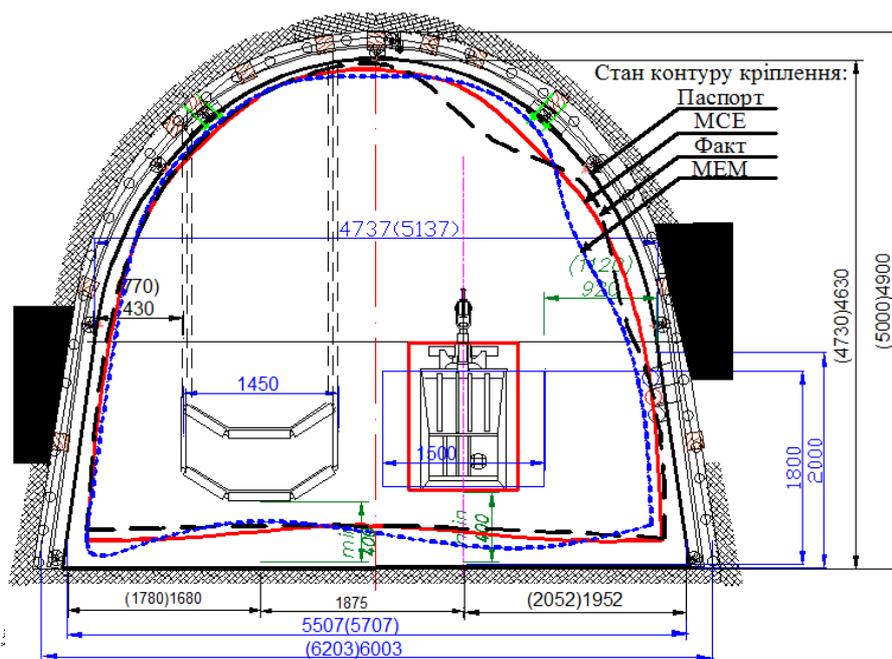
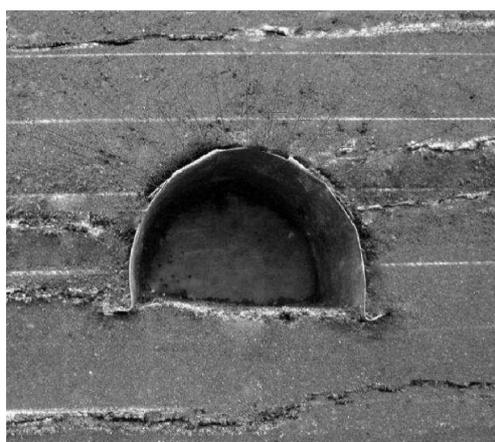


Рисунок 6 – Типовий паспорт кріпи і усереднені показателі втрати сечення уклону на ПК59 («сброс») по результатам шахтного моніторингу і моделювання на еквівалентних матеріалах

Как видно из рис. 5, результаты моделирования адекватно описывают геомеханические процессы для заданных горно-геологических условий и качественно соответствуют результатам шахтного мониторинга.

Вторым этапом (модель Б) предполагалось дополнительное введение в систему крепи канатных анкеров длиной 4–6 м в борта выработки (рис. 7,а). Как видно из рис. 7,б, установка дополнительных анкеров уменьшила суммарное смещения, однако в силу того, что почва остается незакрепленной, величина пучения пород практически не изменилась.



а



б

Рисунок 7 – Модель Б до (а) и после (б) нагрівання

В связи с тем, что при моделировании стандартная крепь в месте «сброса» не обеспечивает поддержание проектных показателей, на третьем этапе имитировалась выработка, устойчивость которой обеспечивается установкой крепи замкнутого типа (рис. 8, Модель В). Результаты моделирования этой ситуации показали, что такая форма выработки и крепи является оптимальной для данных горно-геологических условий.

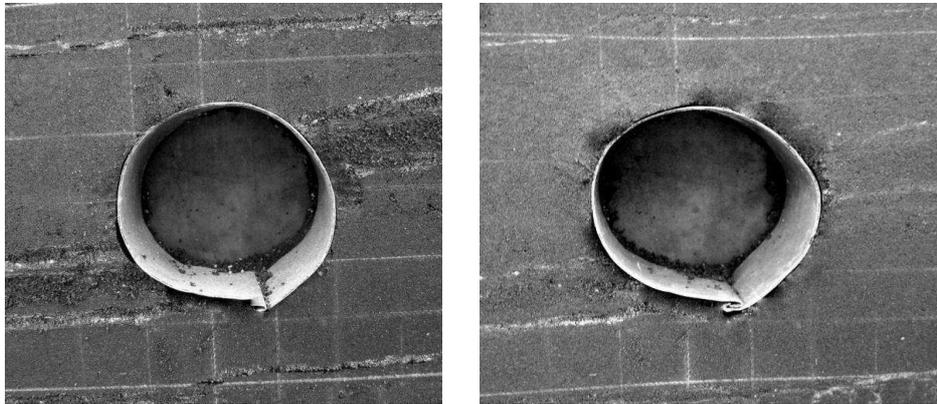


Рисунок 8 – Модель В до (а) и после (б) нагружения

Поскольку проведение выработки кольцевого типа не всегда является экономически целесообразным и технологически сложное в исполнении, четвертым этапом предполагалось моделирование двух смежных выработок меньшего сечения (модель Г) с охранным целиком, ширина которого будет достаточной для того, чтобы исключить существенное взаимное влияние и предупредить возникновение и развитие общей для двух выработок зоны рыхления (рис. 9).

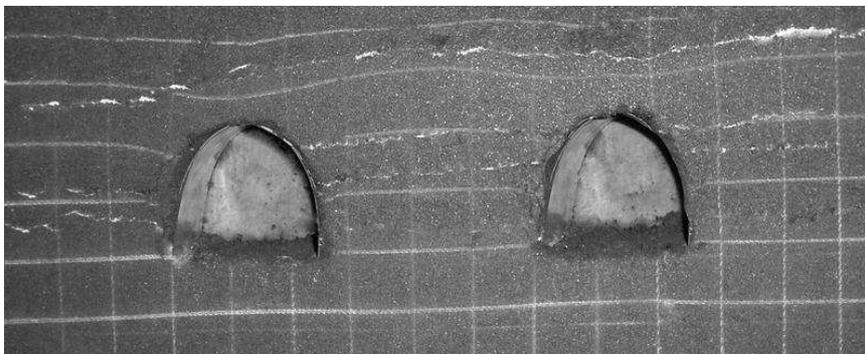


Рисунок 9 – Моделирование двух смежных выработок (модель Г)

Целесообразность такого подхода обусловлена тем, что на общую устойчивость выработки наибольшее влияние имеет ширина выработки в проходке. Так в работе М.А. Выгодина [4] отмечается, что показатель устойчивости выработки с шириной в проходке 3 м в три раза выше аналогичной с шириной 5 м.

С целью сохранения технологической функциональности реальная выработка, имеющая ширину и высоту в проходке соответственно 6.35 и 5 м была заменена двумя выработками меньшего сечения с шириной и высотой в проходке соответственно 4 и 3.5 м. Ширина целика принималась в соответствии с результатами работы [6] и равна двум пролетам выработки.

По результатам моделирования получены графики зависимости вертикальной и горизонтальной конвергенции контура выработки (рис. 10) от принятого типа крепи и глубины заложения, которая задается приложением эквивалентной нагрузки.

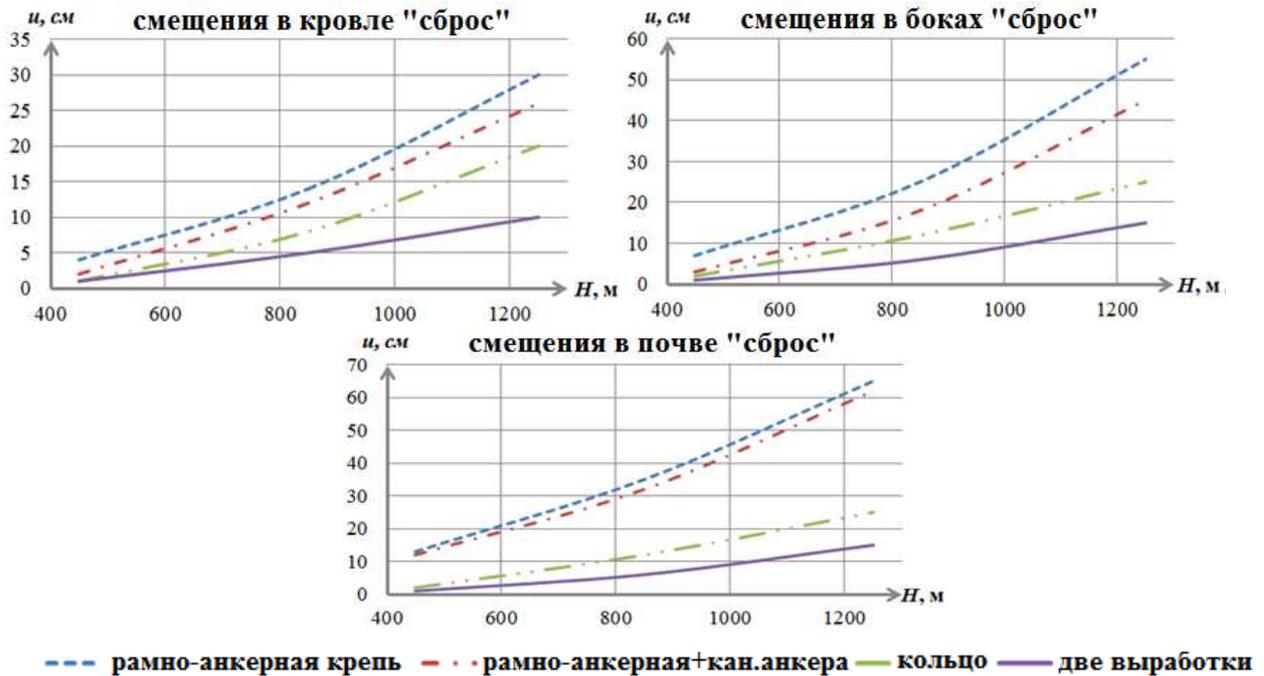


Рисунок 10 – Зависимость конвергенции контура выработки от принятого типа крепи и глубины заложения

ВЫВОДЫ. 1. Результаты выполненного моделирования свидетельствуют о том, что принятый способ физического моделирования с использованием эквивалентных материалов адекватно описывает геомеханические процессы и в полной мере соответствует результатам шахтного мониторинга.

2. Моделирование типовых крепей в условиях разрывного геологического нарушения подтвердило их недостаточную эффективность, особенно при обеспечении устойчивости пород почвы, в первую очередь, в силу того, что почва выработки остается незакрепленной.

3. Установка дополнительных канатных анкеров в борта выработки значительно повышает ее общую устойчивость благодаря тому, что место их закрепления находится вне зоны максимально разрушенных пород. При этом в почве выработки смещения контура практически не меняются.

4. Наиболее оптимальным в данном случае является использование крепей замкнутого типа, или двух выработок меньшего сечения, которые будут аналогично существующей выработке удовлетворять необходимым технологическим требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моделирование проявлений горного давления / Г.Н. Кузнецов, М.Н. Будько, Ю.И. Васильев и др. – Л.: Недра, Ленинградское отделение, 1968. – 279 с.

2. Методичні вказівки з визначення на моделях з еквівалентних матеріалів характеру проявів гірничого тиску навколо підземних виробок / Упоряд.: О.М. Шашенко, С.М. Рева. – Дніпропетровськ: НГА України, 2000. – 22 с.
3. Засименко В.М. Основи теорії планування експерименту: навчальний посібник з курсу «Теорія планування експерименту». – Львів: Вид. Держ. університету «Львівська політехніка», 2000. – 205 с.
4. Выгодин М.А. Обоснование параметров армопородных грузонесущих конструкций на базе рамно-анкерных крепей и технология их сооружения в выработках шахт Западного Донбасса: дисс... канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1990. – 139 с.
5. Григор'єв О.Є. Обґрунтування параметрів запобіжних ціликів капітальних гірничих виробок вугільних шахт: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: 05.15.04. – Дніпропетровськ, 2011. – 18 с.

**LABORATORY INVESTIGATIONS OF REGULARITIES DEFORMATION
ROCK MASS IN THE NEIGHBORHOOD WORKINGS IN AREAS
OF DISJUNCTIVE DISLOCATIONS**

A. Solodyankin, O. Khalimenduk, K. Tilabov

State Higher Education Institution "National Mining University"

prosp. K. Marks, 19, Dnipropetrovs'k, 49027, Ukraine.

E-mail: solodyankinO@nmu.org.ua; xalim_gs@mail.ru; zarafshoni_88@mail.ru

Results of laboratory investigations on models of equivalent materials regularities deformation rock mass around working in the zone finely amplitude geological violation of the "reset".

Key words: stability of working, geological disturbances, displacements of contour, methods of protection

REFERENCES

1. Modeling of rock pressure manifestations / G.N. Kuznetsov, M.N. Bud'ko, Y. Vasiliev and others. – L.: Nedra, Leningrad Department, 1968. – 279 p. [in Russian]
2. Methodical instructions to determine on models of equivalent materials character of rock pressure manifestations of around excavations / Uporyadn.: O.M. Shashenko, S.M. Reva. – Dnipropetrovs'k: NSA of Ukraine, 2000. – 22 p.
3. Zasymentko V.M. Basic theory of design of experiment: a manual for the course "Theory of experiment planning." – Lviv: Ed. State. University "Lviv Polytechnic" 2000. – 205 p.
4. Vygodina M.A. Substantiation of parameters steel rock load bearing constructions based on frame-roof bolting technology and their construction of mines in the Western Donbass. Ph.D. diss ... – Dnepropetrovsk, 1990. – 139 p.
5. Grigoriev A.E. Justification safety of parameters pillars of capital mining coal mines. - Abstract Dis. Ph.D. ...: 05.15.04. Dnipropetrovsk, 2011. – 18 p.

Стаття надійшла 10.08.2013.