

# Том 7

# Геомеханіка

УДК 624.537

**Коврова В. О. студентка гр. 192-17-1****Науковий керівник: Жабчик К.С., к.т.н., асистент кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки***(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпро, Україна)*

### **ГАБІОНИ ТА ФІТОГАБІОНИ: ГЕОТЕХНІЧНИЙ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ДИЗАЙН**

Розвиток та поширення зсувів, особливо на урбанізованих територіях України, є однією з найнебезпечніших геоекологічних та геотехнічних проблем через непередбачуваність, раптовість та масштабні руйнівні наслідки [1, 2].

В даний час існує безліч інженерних конструкцій та технологій для стабілізації природних схилів та штучних укосів для попередження зсувних процесів, наприклад підпірні стіни, габіони, геотекстильні шари, осушуючі свердловини, поверхневі сітки, фіторекультивацийні технології тощо.

*Габіони* (фр. gabion, від італ. gabbione — великий кошик) – просторова сітчаста коробчата конструкція, яка заповнена природним каменем, використовується в регуляційних та берегоукріпних спорудах, ландшафтному дизайні та для влаштування гравітаційних підпірних стін. Габіони легко ув'язуються між собою дротом, в результаті чого утворюється гнучка стіна, через яку добре фільтрується вода, що дозволяє звести до мінімуму гідростатичний тиск і одночасно намертво закріпити ґрунт.

Для уникнення проникнення ґрунту зворотньої засипки в пустоти габіонної конструкції і, як наслідок, просідання ґрунту використовується геотекстиль, який пропускає через свої пори воду, а ґрунт залишається на місці. Габіонні конструкції вигідно відрізняються від бетонних та залізобетонних аналогічних конструкцій: не потребують спеціальної основи, можуть споруджуватися в будь-яку пору року. Ефективність габіонних конструкцій з віком не зменшується, а тільки зростає завдяки наноси ґрунту в пустоти габіонів та росту в них рослинності [3].

Габіони поділяються на кілька типів: коробчаті габіони, габіонні матраци, габіони з армопанеллю, циліндричні габіони.

В якості матеріалу заповнювача габіонів використовується камінь твердих вивержених порід, а саме базальт, граніт, діабаз, діорит та метаморфічних порід, що мають характеристики стосовно міцності і морозостійкості не нижче встановлених для вивержених порід (рис. 1).

Також для габіонів допускається використання місцевого кам'яного матеріалу. Ручне вкладання каміння у габіон має забезпечувати насипну щільність понад 1750 кг/м<sup>3</sup>. Фракція каміння для габіонів повинна бути 120–250 мм, для розклинювання слід використовувати щебінь фракцією 40–70 мм. При улаштуванні підпірної стінки із габіонів без основи з матраців, в основу необхідно обов'язково використовувати термооброблений геотекстиль та щебінь фракції 20–40 мм, товщина якого залежить від несучої здатності основи.

Габіони широко застосовуються в берегоукрепленні, укріпленні схилів та укосів, дренажних заходах в комплексному кріпленні разом із георешіткою, геотекстилем і гвинтовими палями [4].

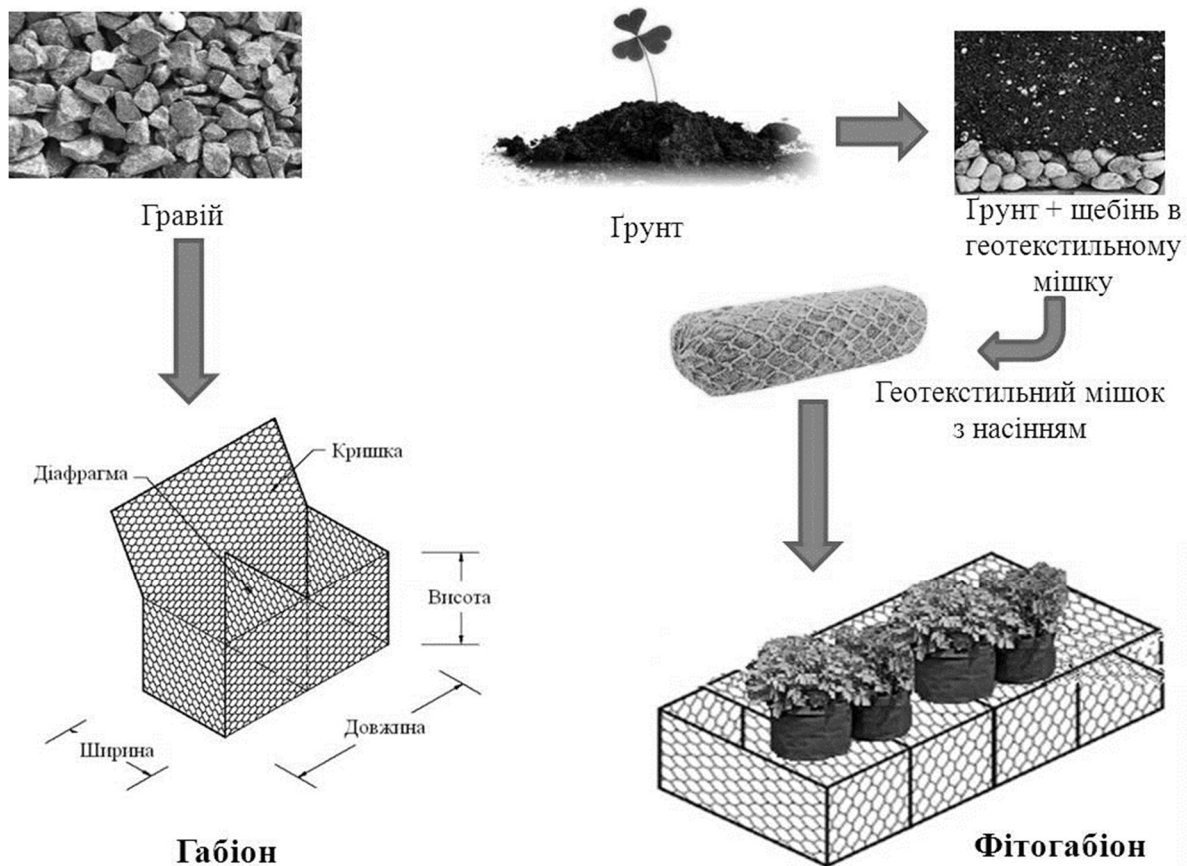


Рис. 1. Структура габіона та фітогабіона

*Фітогабіон* є модифікованим габіоном з внутрішньою рослинністю.

Основними відмінностями цих геотехнічних структур є наступне. Фітогабіон заповнюється гравієм меншого розміру у середній частині для успішного росту рослин. Саджанці або насіння життєздатних та високостійких видів рослин разом з ґрунтовою сумішшю всередину перфорованих мішків виготовлених з геотекстилю. Мішки щільно розміщуються у середній частині фітогабіону.

Глибоке проникнення коренів рослин у ґрунтовий субстрат створює свого роду моноліт, що ефективно закріплює схил з подальшим естетичним відтворенням ландшафту за допомогою відповідних геоекологічних технологій.

Отже, фітогабіони як комбінація типових геотехнічних структур з рослинністю можуть бути доцільним інженерним рішенням та інноваційною технологією для стабілізації укосів схильних до зсувних процесів на урбанізованих територіях.

### Перелік посилань

1. Prychna K. The Estimation of Gully Slope Stability in Urban areas / K. Prychna // The 8-th International Forum for Students and Young Researches "Widening our horizons", April 11-12, 2013. – D: State Institute of Higher Education "National Mining University", 2013. – Volume 2. – P. 138.

2. Шаповал В.Г., Причина Е.С., Булич І.Ю. Вероятностный метод определения коэффициента устойчивости откосов и склонов // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2014. – Т. 10, № 3. – С. 195-201.

3. Вікіпедія — вільна енциклопедія. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BD>.

Заголовок з екрану: Габіон.

4. Офіційний сайт компанії GeoBudService. Режим доступу: <http://gbservice.com.ua/ua/materijaly/gabiony>. Заголовок з екрану: Габіони.

УДК 622.023.2

Пасько М.В., студент гр. ОБ-61м

Науковий керівник: Зуєвська Н.В., д.т.н., професор кафедра геотехніки

(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна)

## ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАЛІЗИСТИХ КВАРЦИТІВ І ВИБУХОВОЇ РЕЧОВИНИ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Проведені розрахунки залізистих кварцитів та вибухової речовини виходячи з даних ультразвукових досліджень, представлена методика перерахунку їх статичних і динамічних пружних властивостей. Розраховані основні гідродинамічні параметри детонаційних хвиль і продуктів детонації. Визначенні данні можна використовувати для подальшого комп'ютерного моделювання в динамічних пакетах.

Ключові слова: кар'єр, скельні породи, динамічні властивості, моделювання, вибухова речовина, вибух

При розробці родовищ корисних копалин відкритим способом особливого значення набуває проблема стійкості породних укосів уступів і бортів кар'єрів.

Основні завдання геомеханіки стосовно стійкості уступів і бортів кар'єрів полягає у визначенні таких їх параметрів, при яких забезпечується безпека гірських порід і досягається висока економічність виробництва.

Сучасний стан гірничої промисловості, в силу постійно гірничо-геологічних умов, вимагає проведення робіт, спрямованих на поліпшення існуючої технології видобутку корисних копалин. Буропідривні роботи, які є невід'ємною частиною технологічного ланцюжка виробництва, також потребують постійного вдосконалення. Застосування сучасних засобів математичного моделювання вибухового руйнування гірських порід дозволяє оцінити характер вибуху і оптимізувати параметри вибухових робіт.

Визначення основних динамічних характеристик породи. До динамічних властивостей гірських порід належать пружні динамічні (динамічний модуль пружності, динамічний коефіцієнт Пуассона, динамічний модуль зсуву) та акустичні характеристики.

Пружність характеризує властивість порід відновлювати свою початкову форму і об'єм після припинення дії зовнішніх навантажень; характеризується модулем пружності, модулем зсуву і коефіцієнтом поперечних деформацій. При імпульсному прикладанні до середовища зовнішньої збудливої сили через середовище проходить два типи пружних хвиль, які розповсюджуються з певною кінцевою швидкістю залежно від пружних сталей і від щільності середовища [1].

Визначаємо динамічні пружні властивості породи [2].

Динамічний модуль зсуву

$$G_{\text{дин}} = V_s^2 \times \rho = 2590^2 \times 3300 = 2,21 \times 10^{10},$$

де  $V_s$  – швидкість розповсюдження поперечної хвилі 2590 м/с [3]

$\rho$  – щільність породи 3300 кг/м<sup>3</sup>

Динамічний модуль пружності [2]

$$E_{\text{дин}} = 2 \times G_{\text{дин}} \times (1 + \mu) = 2 \times 2,21 \times 10^{10} \times (1 + 3,3) = 19,006 \times 10^{10}$$

Динамічний коефіцієнт Пуассона

$$\mu = \frac{0,5 - R^2}{1 - R^2} = \frac{0,5 - 0,6^2}{1 - 0,6^2} = 0,2187$$

$$R = \frac{V_s}{V_p} = \frac{2590}{4310} = 0,6$$

Стала Ляме

$$\lambda = \rho \times (V_p^2 - 2 \times V_s^2) = 3300 \times (4310^2 - 2 \times 2590^2) = 1,7 \times 10^{10}.$$

В якості ВР обраний Анемікс 70 щільністю 1220 кг / м<sup>3</sup>. Для визначення стану продуктів детонації прийнято рівняння Джонса-Уїлкінсона-Лі (JWL) зі стандартними коефіцієнтами для даної ВР. За результатами проведених обчислювальних експериментів отримані залежності зміни щільності ВВ на фронті хвилі і тиску на фронті детонаційної хвилі, а також визначена масова швидкість частинок за фронтом хвилі і швидкість продуктів детонації

Основні гідродинамічні параметри детонаційних хвиль і продуктів детонації розраховані за формулами:

Розраховуємо для вибухової речовини Анемікс 70

Визначаємо щільність ВР на фронті детонаційної хвилі [5]

$$\rho = \frac{4}{3} \times \rho_0,$$

де  $\rho_0$  – початкова щільність ВР кг/м<sup>3</sup>

$$\rho = \frac{4}{3} \times 1220 = 1626,66 \text{ кг/м}^3$$

Визначаємо масову швидкість за фронтом детонаційної хвилі

$$V_M = \frac{D \times (\rho - \rho_0)}{\rho} = \frac{5000 \times (1626,66 - 1220)}{1626,66} = 1250 \text{ м/с},$$

де D – швидкість детонації м/с

Визначаємо тиск у точці Чепмена-Жуге

$$P_{Cj} = \frac{\rho_0 + D^2}{n+1} = \frac{1220 \times 5000^2}{3,2+1} = 7,26 \text{ Гпа},$$

де n – показник політропи продуктів вибуху, що залежить від початкової щільності ВР (для Анемікс 70 n = 3,2)

Визначаємо тиск на фронті детонаційної хвилі

$$P = 2 \times P_{Cj} \times \left(1 - \frac{c^2}{D^2}\right) + P_0 = 2 \times 7,26 \times \left(1 - \frac{3750^2}{5000^2}\right) + 0,0001 = 6,3526 \text{ Гпа},$$

де c – швидкість звуку у ВР (для Анемікс 70 c = 3750 м/с),

$P_0$  – атмосферний тиск 101,3 кПа..

В процесі виконання роботи на основі проведених досліджень ґрунтів на трьохосний стиск і ультразвукових випробувань проведені розрахунки статичних і динамічних характеристик залізного кварциту і основних гідродинамічних параметрів детонаційної хвилі і продуктів детонації вибраної вибухової речовини. На прикладі ідентифікації параметрів моделі залізного кварциту і вибухової речовини Анемікс 70 створені вихідні дані для моделювання в динамічних пакетах.

### Перелік посилань

1. Зуєвська Н.В., Ванчак М.І., Туровський М.В. Оцінка деформацій підземної конструкції під впливом вибухового навантаження. – 2015. – 36 с.
2. Прикладна геодинаміка вибуху в гірництві та геотехнічному будівництві: монографія / В.Г. Кравець, О.О. Вовк, В.В. Котенко, О.М. Терентьєв. – Житомир: ЖДТУ, 2012. – 164 с.
3. Чала О.М. Оцінка і прогнозування сейсмостійкості бортів кар'єру в умовах багато блокових масових вибухів : дис. ... к.т.н. / Чала Ольга Миколаївна. – К., 2011. – 143 с.

УДК 624.131

**Костирка М.С. студент гр. ОС-71мп****Науковий керівник: Загоруйко Є.А., к.т.н., доцент кафедри геотехніки***(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»)*

### ПАРАМЕТРИ КРІПЛЕННЯ СТОЛІВ В УМОВАХ ІV КАТЕГОРІЇ СТІЙКОСТІ ОСАДОВИХ ПОРІД

Важливою умовою високоефективної і безпечної роботи вугільних шахт є забезпечення робочого стану стволів з мінімальними витратами на їх проведення і підтримку. Умови підтримки шахтних стволів визначаються ступенем складності механічних, структурних і гідрогеологічних властивостей товщі, взаємним розташуванням стволів щодо очисних робіт і інших виробок, процесами водопониження і дренажування. Оцінка ступеня складності підтримки стволів виробляється в відповідно до категорій стійкості, що визначаються за величиною критерію стійкості  $C$  [1, 2]:

$$C = k_r k_{cb} k_{ц} k_t k_p H_p / [2,63 + k_\alpha \sigma_{ст} (5,25 + 0,0056 k_\alpha \sigma_{ст})], \quad (1)$$

де  $\sigma_{ст}$  – розрахунковий опір порід масиву на стискання, МПа;  $k_r$  – коефіцієнт, що враховує зважувальне дію води; для ділянок поза водоносних горизонтів дорівнює 1;  $k_{cb}$  – коефіцієнт, що враховує вплив інших виробок; для протяжних ділянок ствола  $k_{cb} = 1,0$ , для сполучень  $k_{cb} = 1,5$ ;  $k_{ц}$  – коефіцієнти впливу на ствол очисних робіт; для ділянок, що не випробовують впливу,  $k_{ц} = 1,0$ ;  $k_t$  – коефіцієнти впливу часу експлуатації вироблення;  $k_\alpha$  – коефіцієнти впливу кута залягання порід  $\alpha$ ;  $H_p$  – розрахункова глибина розташування виробки, м. При значенні критерію  $C$ : до 3 – стійкий стан, I категорія; від 3 до 6 – середньо стійкий, II категорія; від 6 до 10 – нестійкий, III категорія; більше 10 – дуже нестійкий, IV категорія.

Для визначення параметрів кріплення стволів в умовах IV категорії в загальному випадку базується на оціночних показниках радіусу  $R_L$  зони граничного стану порід [1-3]. При природному напруженому стані, близькому до гідростатичного, радіус  $R_L$  визначається за формулою

$$R_L = R_o [(2\gamma H + b_1 \sigma_{ст}) / (b_2 \sigma_{ст} + b_3 P_K)]^C, \quad (2)$$

де  $R_o$  – радіус виробки в чорні, м;  $P_K$  – опір кріплення, МПа;  $\gamma$  – об'ємна вага порід, МН/м<sup>3</sup>;  $b_1 = 1/(1/\sin\rho - 1)$ ;  $b_2 = 1/\sin\rho$ ;  $b_3 = 1 + \text{tg}^2(45 + \rho/2)$ ;  $C = 0,5 \text{ctg}(45 + \rho/2)$ ;  $\rho$  – кут внутрішнього тертя, град.

Переміщення породного контуру ствола  $U_L$  в залежності від  $R_o$  і  $R_L$  визначається так:

$$U_L = (R_L^2 - R_o^2)(k_L - 1)/2R_o, \quad (3)$$

де  $k_L$  – коефіцієнт розпушення порід в зоні граничного стану з урахуванням опору кріплення.

Зазвичай при розрахунках параметрів кріплення визначають навантажено-деформаційну характеристику порід контуру ствола як функцію  $U_L = F(\gamma H, \sigma_{ст}, \rho, P_K)$ , виходячи з рівнянь (2) і (3). Після, приймаючи ту чи іншу функцію навантажено-деформаційної характеристики кріплення  $U_K = F(P_K)$  і вирішуючи ці рівняння спільно,

знаходять опір кріплення і його переміщення. На рис.1 показана діаграма взаємодії кріплення з контуром порід ствола при вирішенні задач такого роду.

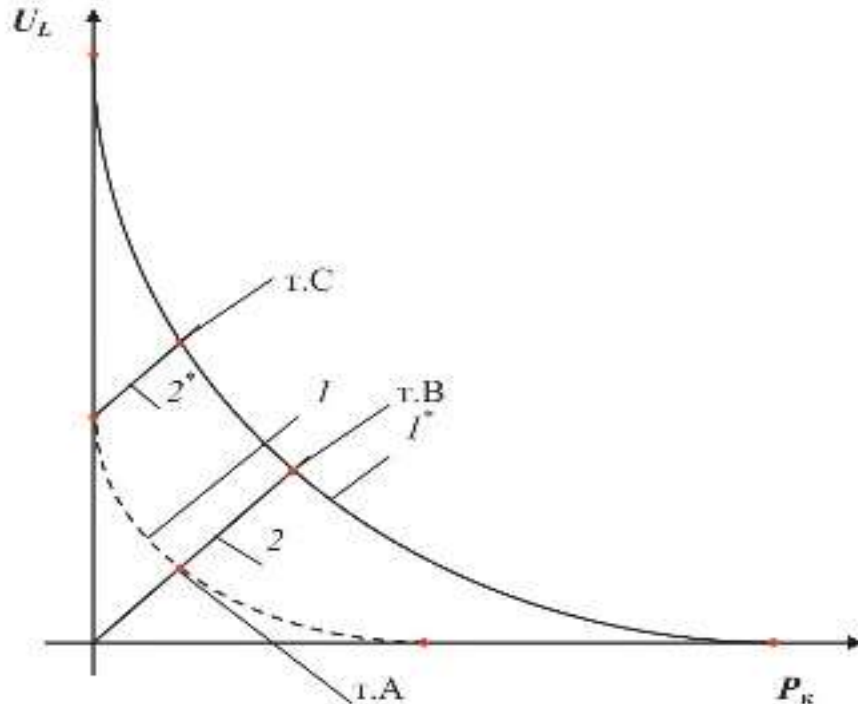


Рис. 1. Діаграма взаємодії кріплення з контуром порід ствола в умовах IV категорії стійкості порід:  $1$  – навантажено-деформаційна характеристика порід контуру ствола на момент початку його будівництва при  $\sigma_{ст t \approx 0}$ ;  $1^*$  – навантажено-деформаційна характеристика порід контуру ствола при  $\sigma_{ст} = \sigma_{ст \infty}$ ;  $2$  і  $2^*$  – навантажено-деформаційні характеристики кріплення ствола.

У конкретних рішеннях на практиці частіше приймають міцність масиву порід на основі випробування міцності зразків породи в лабораторних умовах і коефіцієнта структурного ослаблення без урахування тривалості (рішення т. А) або, що рідше, приймають її до уваги, але спрощено (рішення т. В). Так, наприклад, згідно з обширними дослідженнями, наведеними в роботі [4], тривала міцність  $\sigma_{\infty}$  становить  $0,36 \dots 0,86$  від короткочасної міцності  $\sigma_{ст t \approx 0}$  присередньому значенні  $\sigma_{\infty} = 0,65 \sigma_{ст t \approx 0}$ .

#### Перелік посилань

1. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи. – М.: ВНИИОМШС, 1983. – 272 с.
2. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. – Л.: ВНИМИ, 1986. – 222 с.
3. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок / Г.Л. Фисенко. – М.: Недра, 1976. – 272 с.
4. Прочность и деформируемость горных пород / Ю. М. Карташов и др. – М.: Недра, 1979. – 269 с.
5. Громов Ю. В. Управление горным давлением при разработке мощных пологих пластов угля / Ю. В. Громов, Ю. Н. Бычков, В. П. Кругликов. – М.: Недра, 1985. – 239 с.
6. Строительная механика / Ю. М. Бурчаков и др. – М.: Высшая школа, 1983. – 255 с.
7. К обоснованию параметров крепи стволов в условиях IV категории устойчивости осадочных пород / Ю. Г. Феклисов, А. Д. Голотвин, М. А. Широков // Российская академия наук Уральское отделение Институт горного дела. – 2014. – С. 264–266.



УДК 622.833

Стрельник-Дзюба И.В., студ. гр. 192м-16-1 ФБ

Научный руководитель: Солодянкин А.В., д.т.н., профессор кафедры СГГМ  
(Государственный ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепр, Украина)

### ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СПОСОБА ОХРАНЫ ВЫЕМОЧНОЙ ВЫРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ

Добыча угля на шахтах Украины ведется в сложных горно-геологических условиях. Вследствие этого снижается устойчивость выработок, требуется большой объем ремонтных работ. Часто на глубоких шахтах Донбасса при столбовой системе разработки, кратность ремонтов в подготовительных выработках составляет 2...3 и более. Тем не менее, многие объединения рассматривают возможность применения повторного использования выработок при столбовой системе отработки.

Такая задача актуальна и для шахты «Котляревская» ГП «Селидовуголь», условия разработки на которой достаточно сложные. На шахте принята панельная система подготовки. Размеры панели по простиранию 2,0...3,0 км, по падению – до 2,0 км. Выемка угля осуществляется комплексами 1КД-90, комбайнами 1К-101. Управление кровлей – полное обрушение. Добыча угля ведется по пластам на глубине от 400 до 650 м.

Породы кровли почти всех пластов неустойчивы и представлены аргиллитами и алевролитами. В почве выработок в основном залегают аргиллиты и алевролиты, крепостью 2...4, склонные к пучению, резкой потере прочности при размокании, с наличием зон тектонических нарушений, зон распространения ложной кровли, размывов пластов и т.д.

Объектом исследования является 3 северная лава южного уклона пласта  $l_1$  длиной 250 м. Длина выемочного столба – 900 м. Мощность пласта – 1,0...1,25 м. Запасы оконтуренного выемочного столба составляют 420 тыс. т. Порядок отработки выемочного столба – обратным ходом. Вследствие сложных геомеханических условий, при отработке 3-й северной лавы для поддержания конвейерного штрека проводится три подрывки почвы и перекрепление выработки. Причем первая подрывка почвы выполняется еще до подхода первой лавы.

Для сохранения выработки, снижения стоимости ремонтных работ и обеспечения возможности повторного использования, необходимо применять такие конструкции крепи, которые уменьшат смещения породного контура, позволят за весь срок службы выработки выполнять не более одной подрывки и избежать ее перекрепления.

Для повышения устойчивости выработок с небольшим сроком службы для этих целей целесообразно использовать рамно-анкерные крепи.

Первой задачей в этом направлении было определение такого количества анкеров, при котором смещения пород почвы не вызовут необходимости подрывки до подхода первой лавы (обычно, не более 0,4 м) [1]. Выполненные для рассматриваемых условий численные исследования позволили установить, что для обеспечения устойчивости выработки количество анкеров, установленных в кровле и боках должно быть 10...12 шт. Это позволит сохранить достаточную для нормальной работы площадь сечения выработки на сопряжении «лава-штрек» без проведения на этом этапе подрывки пород почвы [2].

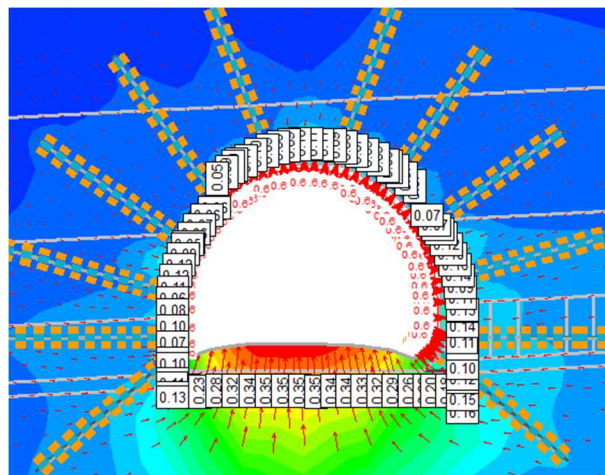


Рис. 1. Перемещения на контуре выработки при 12-ти анкерах, установленных по контур выработки



Следующей задачей являлся выбор типа охранной полосы. Выполненный анализ опыта применения охранных полос при бесцеликовой отработке угля, позволил обозначить их основные параметры и область рационального использования (табл. 1).

Таблица 1

Технологические и экономические параметры охранных конструкций

Наименование	$R$ , несущая способность МПа	Податливость, %	Стоимость на 1 м выработки	Трудоемкость	Область применения
Породная беговая полоса	25	50	320	высокая	При разработке тонких пластов, в лавах, при управлении кровлей, при проведении широким забоем
Текхард	35	5	4100	средняя	Подготовительные (выемочные) выработки
Накатные костры		20-25	196	высокая	Очистные выработки, выработанное пространство лавы
Органный ряд	30	до 50	150	высокая	Очистные, подготовительные выработки
Литая полоса из твердых смесей	39-45	10	940	средняя	При разработке пологих тонких и средних пластов, трудно-обрушаемых пород в кровле

Среди рассмотренных типов охранных полос для горно-геологических условий шахты «Котляревская» ГП «Селидовуголь», по показателям требуемой прочности, податливости, технологичности, а также из-за наличия слабых пород почвы, целесообразно применение накатной полосы из шпального бруса или сборной полосы из сухой цементно-минеральной смеси Tekhard;

Однако, учитывая высокую стоимость сухой цементно-минеральной смеси Tekhard, с экономической точки зрения, более эффективно применение полосы из шпального бруса.

Кроме того, для улучшения состояния участка на сопряжении «лава-штрек» необходимо применение канатных анкеров длиной 6...8 м.

С учетом выполненного анализа, результатов исследований, а также рекомендаций [3], система крепления и охраны выработки для повторного использования должна включать 10...12 сталеполимерных анкеров длиной 2,4 м, канатный анкер, длиной 6 м и накатную полосу из бруса (рис. 2).

Окончательный выбор параметров охранной полосы для сложных условий шахты «Котляревская» должен быть выполнен на основе проведения численных исследований с последующей опытно-промышленной проверкой в реальных условиях.

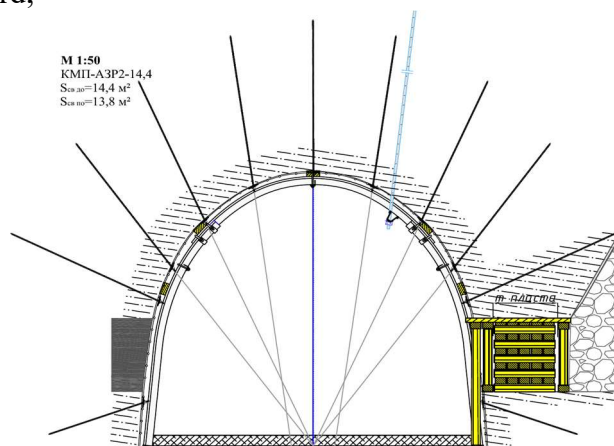


Рис. 2. Схема установки анкерной крепи и накатной полосы из бруса в повторно используемых выработках

### Перечень ссылок

1. Шашенко А.Н., Солодянкин А.В., Смирнов А.В. Пучение пород почвы в выработках угольных шахт. – Днепропетровск: ООО «ЛизуновПресс», 2015. – 256 с.
2. Солодянкин А.В., Дудка И.В., Машурка С.В. Обоснование рациональных параметров крепи выработки в условиях больших деформаций приконтурного массива // Форум гірників: Матеріали міжнародної конференції. – Дніпро: НГУ. – 2017. – С. 101-106.
3. Технологічні матеріали з проектування кріплення, підтримання та охорони дільничних виробок, що використовують повторно на шахтах ТОВ «ДТЕК ЕНЕРГО». ІТМ ім. М.С. Полякова – ООО «ДТЕК ЕНЕРГО», Дніпро, 2015. – 38 с.

УДК 623.09

Детцель Т.Є. студ. гр. ОС-61м, Самусь В.І. студ. гр. ОС-61м

**Науковий керівник: Стівник С.М., к.т.н., доцент кафедра геотехніки***(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна)*

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ НАВАНТАЖЕННЯ СЕГМЕНТНОГО ЕЛЕМЕНТУ ІНВЕНТАРНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ СТВОЛІВ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ ПРИ МІЛКОМУ ЗАКЛАДАННІ

Створення системи комунікаційних тунелів супроводжується спорудженням великої кількості вертикальних стволів мілкового закладання. Відомі технології будівництва передбачають залізобетонну конструкцію, яка безповоротно залишається в масиві після закінчення будівництва стволу.

Для скорочення обсягів гірничих робіт і зменшення вартості будівництва запропонована інвентарна конструкція кріплення для вертикальної виробки, що має можливість багаторазового використання (рис.1 і 2).

Визначення навантажувальних характеристик кільцевої конструкції, включаючи вертикальну колону, виконано моделюванням процесу навантаження в програмному комплексі "SOLIDWORKS".

Нижче наведені результати досліджень даної конструкції. Методикою передбачено визначення максимальних деформацій, що виникають в окремому елементі конструкції з чавуну. Основні характеристики кріплення (табл.).

Таблиця

Загальні характеристики деталі

Характеристики	Значення
Розмір елемента ШxВ, мм.	1175x900
Вага, кг.	474,5
Об'єм, м <sup>3</sup>	0,066
Матеріал	Чавун СЧ25 ГОСТ 1412-85

Деталь виготовлена у вигляді сегментної частини кола (діаметром 10 м) з шістьма ребрами жорсткості на внутрішній поверхні та одним ребром – поперечним. По центру деталь має отвір діаметром 120 мм для виконання бурових робіт з метою локального розвантаження елемента від тиску ґрунтового масиву, а також установки домкрату для підйому колони при демонтажі.

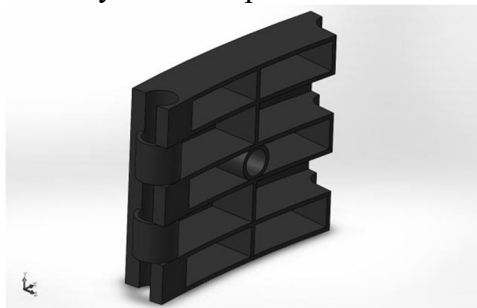


Рис. 1. Загальний вигляд

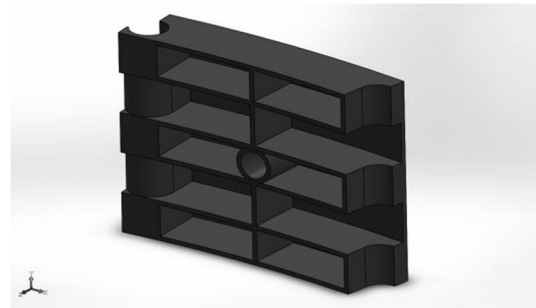


Рис. 2. Загальний вигляд 2

Навантаження, що задається в процесі навантаження обумовлена діаметром стовбура 10 м на глибині залягання 20 м, щільність ґрунтів приймається 2 т/м<sup>3</sup>.

Виходячи з взаємодії сил гравітації в розглянутих вище умовах максимальний тиск на зовнішню поверхню елемента досягає 40 т/м<sup>2</sup> (рис. 3).



Рис. 3. Тиск на стінку кріплення від масиву

Результати розрахунків дозволяють виявити зони максимальних внутрішніх напружень (рис. 4 і 5).

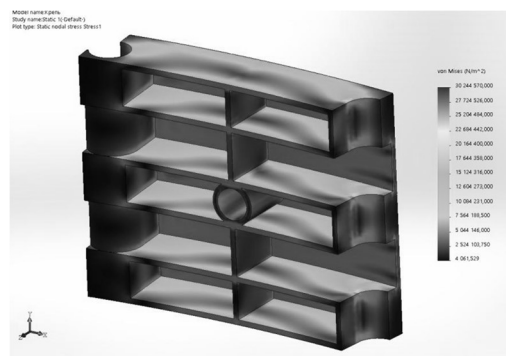


Рис. 4. Загальний вигляд розподілу внутрішніх напружень



Рис. 5. Розподіл деформації в елементі

Представлені результати розрахунків для чавунної конструкції. Аналогічні розрахунки були проведені для бетону, сталі і полімерів.

Висновки: запропонований конструктивний елемент витримує задані робочі навантаження ( $40 \text{ т/м}^2$ ) при максимальних внутрішніх напруженнях  $30244,57 \text{ кН/м}^2$ , і максимальної деформації  $0,261 \text{ мм}$  із значенням коефіцієнта запасу  $K = 7.004$

### Перелік посилань

1. Клованич С.Ф. Модель прочності и деформацій бетону и ґрунту при сложном напруженном состоянии // Строительные конструкции. – Киев, НИИСК. – 2003. – Вып. 59. – С. 163-170.

УДК 622.268.2

**Прокудін О.З.**, здобувач кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки  
**Науковий керівник: Солодянкін О.В.**, д.т.н., професор кафедри БГГМ  
 (Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпро, Україна)

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО КРІПЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛИСТОВОГО ПРОКАТУ ЯК МІЖРАМНОЇ ОГОРОЖІ

Досвід експлуатації шахт в складних гірничо-геологічних умовах свідчить, що для забезпечення експлуатаційного стану виробок необхідно поряд з установкою кріплення застосовувати спеціальні заходи щодо підвищення їх стійкості.

В даний час на шахтах Західного Донбасу для підтримки капітальних виробок в складних умовах застосовують комбіноване кріплення з тампонажем закріпного простору. Багаторічний досвід підтримки виробок на шахтах цього регіону показав їх високу технологічність та ефективність [1, 2]. За рахунок рівномірного розподілу навантаження, усунення зосереджених зусиль і перекосу раціонально використовується матеріал кріплення, знижується величина згинальних моментів, ефективніше працюють вузли податливості, з'являється додатковий несучий шар із затверділого матеріалу. Несуча здатність кріплення в цьому випадку збільшується в кілька разів.

Як несуча конструкція застосовується кріплення КШПУ із залізобетонною огорожею (затяжкою). Затяжки, як несучий елемент в цій конструкції неефективні, оскільки мають низьку несучу здатність, ресурсомісткі, нетехнологічні, формують велику кількість стиків і, фактично, виконують при тампонажі роль опалубки. Отже, вона може бути замінена профільним листом (рис. 1), або іншим листовим матеріалом – більш зручним за технологічними та транспортними показниками і менш дорогим. Оскільки в цьому випадку міжрамна огорожа практично не працює як несучий елемент, розглянемо вплив параметрів тампонажного шару, як штучного кам'яного матеріалу на величину зміщень породного контуру і розмір зони непружних деформацій (ЗНД).

Дослідження напружено-деформованого стану (НДС) масиву порід, що вміщує виробку, виконано методом скінчених елементів, реалізованого в ПП «Phase2», канадської лабораторії геомеханіки Rocscience. На першому етапі була розроблена «контрольна» модель (рис. 2), вихідними параметрами якої були гірничо-геологічні умови шахт Західного Донбасу.

При цьому результати переміщень порід на контурі виробки і розміри ЗНД, отримані при вирішенні «контрольної» моделі вважалися «еталонними», і відповідали аналогічним параметрам виміряних в шахтних умовах. Результати розрахунку наведені на рис. 3.

Надалі в «контрольну» модель вносилися зміни параметрів, що досліджувалися і виконувався порівняльний аналіз еталонних і отриманих результатів.

Як досліджувані параметри обрані: ширина закріпного простору (перебори),  $m - \delta$ , міцність тампонажної суміші, МПа –  $R_{ст}$  і крок кріплення,  $m - l_{кр}$ .

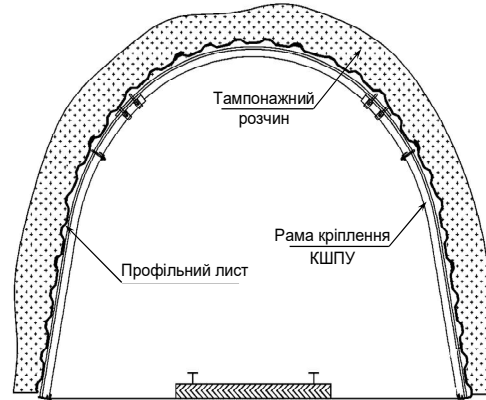


Рис. 1. Конструкція комбінованого кріплення

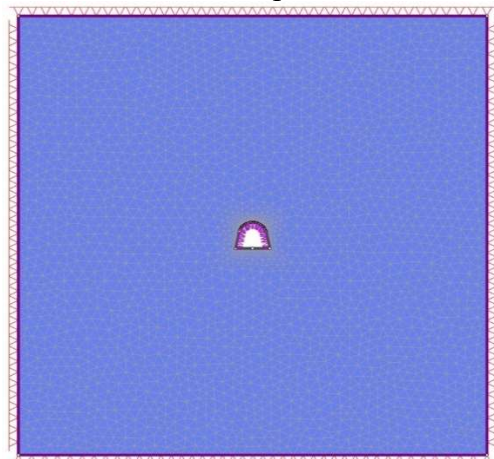


Рис. 2. Скінчено-елементна розрахункова схема

Величина переборів  $\delta$  варіювалася від 0,05 до 0,30 м. Міцність тампонажного розчину була прийнята відповідно до [3], і варіювалася від 3 до 18 МПа. Крок кріплення приймався рівним 0,3; 0,7 і 1 м.

З урахуванням всіх зазначених параметрів було розроблено і розраховано 48 чисельних моделей.

Результати моделювання наведені на рис. 4 і 5. На графіках використані величини зміщень породного контуру тільки в покрівлі, оскільки саме ці деформації є визначальним і провокують зміщення породного контуру по всьому периметру.

Аналіз виконаних досліджень показав, що зміщення породного контуру зменшуються зі збільшенням товщини і міцності тампонажного розчину. Робота профільного листа в розробленій моделі, внаслідок його невеликої товщини, не розглядалася.

Міцність тампонажного каменю – параметр, який найбільшою мірою впливає на величину зміщень породного контуру, може бути збільшена за рахунок дисперсного армування полімерними волокнами в кількості 0,1-1%.

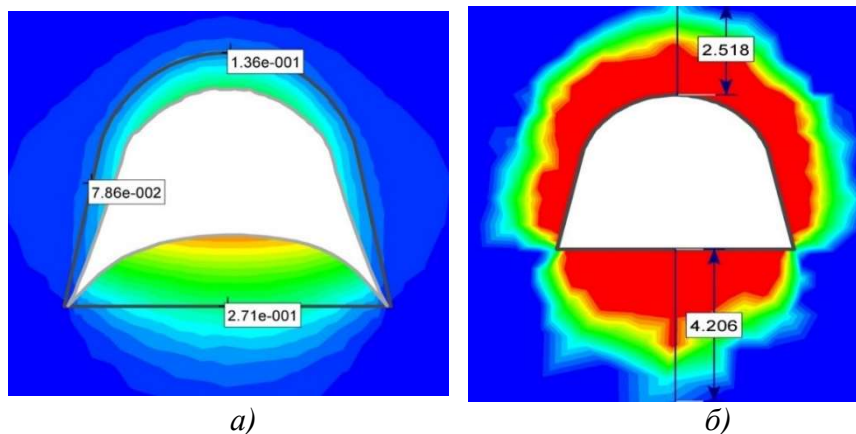


Рис. 3. Зміщення на контурі виробки (а) і конфігурація ЗНД (б) отримані при вирішенні задачі для «контрольної» моделі

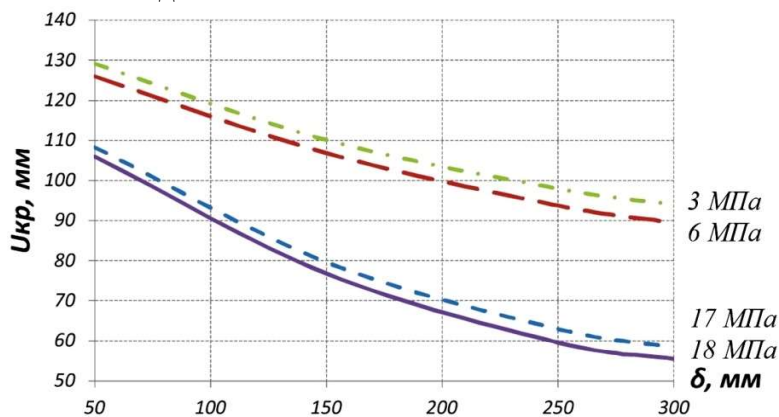


Рис. 4. Вплив величини переборів на зміщення контуру покрівлі для різних параметрів тампонажної суміші

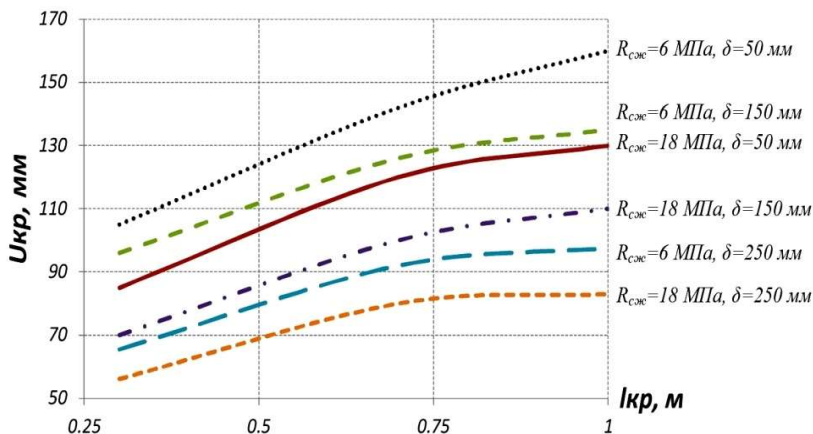


Рис. 5. Вплив кроку кріплення на величину зміщень покрівлі для різних параметрів тампонажної суміші

### Перелік посилань

1. Шашенко А.Н., Смирнов А.В., Солодянкін А.В. Пучение пород почвы в выработках угольных шахт. Днепропетровск: ЛизуновПрес, 2015. – 256 с.
2. Шашенко А.Н., Солодянкін А.В., Мартовицкий А.В. Управление устойчивостью протяженных выработок глубоких шахт. – Днепропетровск: ЛизуновПрес, 2012. – 384 с.
3. Солодянкін А.В., Гапеев С.Н., Выгодин М.А., Воронин С.А. Крепление капитальных выработок с использованием твердеющих смесей на основе шахтой породы // Уголь Украины. – 2017. – № 3. – С. 11-16.