

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 004:622.272/.82

І. В. МЯСНИКОВ<sup>1\*</sup>, С. М. ГАПЄЄВ<sup>2</sup>, М. О. ВИГОДІН<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра будівництва, геотехніки і геомеханіки, НТУ «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького 19, Дніпро, Україна, 49005, тел. (095) 706 91 66, ел. пошта miasnykov.i.v@nmu.one, ORCID 0000-0002-7525-6196

<sup>2</sup> Кафедра будівництва, геотехніки і геомеханіки, НТУ «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького 19, Дніпро, Україна, 49005, тел. (050) 362 04 47, ел. пошта harieiev.s.m@nmu.one, ORCID 0000-0003-0203-7424

<sup>3</sup> Кафедра будівництва, геотехніки і геомеханіки, НТУ «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького 19, Дніпро, Україна, 49005, тел. (050) 361 07 19, ел. пошта referent@mlad.com.ua, ORCID 0000-0001-9069-543X

### ВИПРОБУВАННЯ МІЖРАМНИХ ОГОРОДЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

**Мета.** Підвищення ефективності роботи вугільних шахт є одним із ключових завдань науки та техніки у галузі. Одним із шляхів вирішення цього питання є зменшення витрат на підтримання та ремонт гірничих виробок, а використання сучасних програмних комплексів дозволяє конструювати новітні системи кріплення, та перевіряти їх окремі елементи при різних навантаженнях. Метою даного дослідження є порівняння граничних значень міцності різних типів міжрамних огороджень за допомогою комп'ютерного моделювання. **Методика.** Для одержання поставленої мети на основі аналізу, щодо силового впливу гірничого тиску на міжрамне огородження, у програмному комплексі SCAD Office 21.1.9.3 (Арбат), були змодельовані чотири варіанти міжрамних огороджень: звичайна залізобетонна плита з діаметром проволочки – 4 і 5 мм та просторове гратчасте з діаметром проволочки – 3 і 4 мм, на які було змодельоване навантаження у 1; 1,5; 2; 2,5 т/м<sup>2</sup>. **Результати.** На основі даних досліджень були отримані величини згинаючого моменту від сумарно розподіленого навантаження на переріз міжрамного огородження, які виражені у вигляді коефіцієнтів використання перерізу, що свідчать про виникаючі напруження у залізобетонній конструкції під дією різних величин навантаження, та побудована відповідна діаграма. **Наукова новизна.** Запроваджено спосіб комп'ютерного моделювання на основі якого можливо проводити моделювання шахтних міжрамних огороджень. **Практична значимість.** Запропонований спосіб комп'ютерного моделювання, за допомогою якого можливе випробування шахтних міжрамних огороджень та варіюванням основних параметрів яких можливо підібрати найвигідніший варіант.

**Ключові слова:** міжрамне огородження; гірничі кріплення; несуча здатність; капітальні виробки; комбіноване кріплення; комп'ютерне моделювання

#### Вступ

Удосконалення технологічних процесів та застосування нових енергозберігаючих матеріалів є основними завданнями прогресу не тільки в гірничій справі, а й у всіх галузях господарської діяльності. Застосування інноваційних рішень в гірничій справі при спорудженні гірничих виробок сприяє зниженню вартості видобутої корисної копалини, а також підвищенню продуктивності праці. Зокрема, це також стосується зведення кріплення гірничих виробок і їх підтримки у стійкому стані (Хоменчук, Борщевський, & Гончаренко, 2012).

Вибір способів та засобів забезпечення стійкості виробок повинен бути заснований на особливостях розвитку геомеханічних процесів при веденні гірничопрохідницьких робіт. Дос-

від експлуатації глибоких шахт показує, що найбільший ефект у підвищенні стійкості виробок дають заходи по створенню взаємодії системи «кріплення-масив» (рис. 1).



Рис. 1. Розвиток систем кріплення із зростаючою глибиною розробки (по Хоменчуку, Борщевському, & Гончаренко, 2012)

Такі конструкції використовують можливість самого породного масиву, через збільшення його несучої здатності, яке реалізується створенням системи «основне кріплення – породний масив – додаткові заходи». Останнє може бути досягнуто застосуванням способів охорони, які спрямовані на включення приконтурного породного масиву в спільну роботу з огорожувальними конструкціями (Sdvyzhkova, Babets, Kravchenko, & Smirnov, 2016; Tereshchuk, Khoziaikina, & Babets, 2018; Айкхофф, 2008). Одним з видів кріплення, яке здатне реалізувати це, є кріплення типу АСН-А (рис. 2).

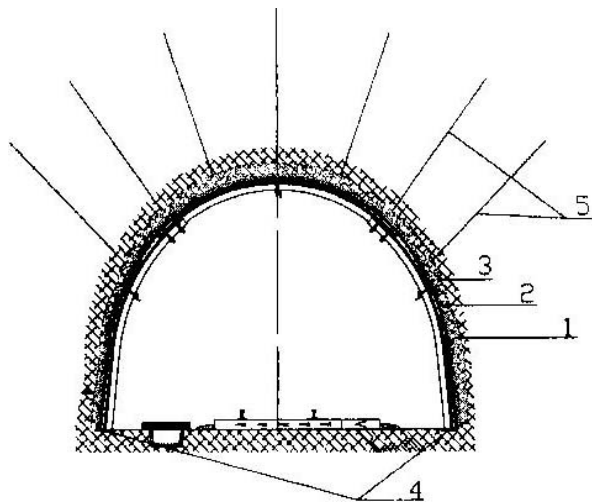


Рис. 2. Конструкція кріплення АСН-А (арка+сітка+набризк+анкер):

1 – перший шар набризкбетону (вископластичний, піддавлений), 2 – другий шар набризкбетону (жорсткий, несучий), 3 – металеве сітчасте міжрамне огородження, 4 – підп'ятники, 5 – анкера

Необхідне в цьому випадку ретельне заповнення дрібною породою закріпного простору як правило не виконується, оскільки являє собою трудомістку, немеханізовану операцію, а виконані дослідження (Максимов, Шашенко, & Ренко, 1987) показали, що за відсутністю контакту кріплення з матеріалом порідного заповнення у секторі 40...60 °С (найчастіший випадок) призводить до зниження несучої здатності кріплення у 2...2,5 рази в порівнянні з розрахунковою. Це також призводить до формування несиметричного навантаження на раму кріплення, що в свою чергу провокує її роботу поза паспортним режимом експлуатації та швидкий вихід конструкції з ладу (Сторчак, Халимендик А. В., Пустовой, & Халимендик Ал. В., 2013).

Попередити руйнування приконтурного ма-

сиву порід у привибійній частині виробки можна за рахунок застосування анкерів, що встановлюються в склепінчастій її частині безпосередньо у вибої. Комбіноване кріплення на основі таких систем спроможне протистояти значним навантаженням, що виникають у виробці під час дії на неї інтенсивних технологічних впливів (Sdvyzhkova, Babets, Kravchenko, & Smirnov, 2016).

Стосовно до такої конструкції кріплення, заповнення закріпного простору матеріалами (порода, тампонажний розчин, штучні твердіючі суміші) може проводитися як за технологічним комплексом з проведення виробки, так і безпосередньо у вибої, що дозволить створити взаємодійну систему «кріплення-масив», попередити розшарування і обвалення приконтурних порід, зберігаючи їх несучу здатність, рівномірно розподілити зовнішнє навантаження по периметру кріплення. За рахунок цього кріплення буде працювати в оптимальному режимі, що забезпечить тривалу стійкість капітальних виробок при мінімальних витратах на їх ремонт і профілактику (Solodyankin, Hryhoriev, Dudka, & Mashurka, 2017). В даний час існує цілий ряд рішень, що дозволяють забезпечувати стійкість капітальних виробок. Однак в кожному конкретному випадку необхідно враховувати специфіку геомеханічних умов, що передбачають проведення відповідного комплексу досліджень (Солодянкин, Гапеев, & Выгодин, 2016).

Крім того, надійність і безпека гірничих виробок також багато в чому забезпечується працездатністю міжрамних огорожень (затяжок). Незважаючи на велику кількість їх типів, у вітчизняній промисловості знайшли широке застосування лише дерев'яні та плоскі залізобетонні конструкції. Низька працездатність і масові відмови затяжок вимагають перегляду практики їх проектування. Однак до теперішнього часу механізм взаємодії затяжок з масивом гірських порід трактується спрощено, характер розподілу навантаження на міжрамні огорожі недостатньо вивчений (Solodyankin, Hryhoriev, Dudka, & Mashurka, 2017).

### Мета дослідження

Метою досліджень є знаходження граничних значень міцності міжрамних огорожень за допомогою комп'ютерного моделювання.

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

## Методика дослідження

Момент переходу комбінованої системи в жорсткий режим роботи залежить від конструктивних характеристик рам кріплення, кількості анкерів, які регулюватимуть переміщення контуру, а також час затвердіння цементно-піщаної суміші та її міцнісних властивостей. Пропорційна зсувам зовнішнє навантаження регулюється щільністю анкерного кріплення і передається на шар цементно-піщаної суміші, а потім безпосередньо на металеву раму і зтяжку. Таким чином, визначення жорсткості кріплення може бути зведено до визначення жорсткості металевих рам, яка розраховується за формулою:

$$G = \frac{U_{кр}}{q_{кр}}, \quad (1)$$

де:  $U_{кр}$  – переміщення контуру виробки, м;  
 $q_{кр}$  – нагрузка на кріплення, т.

У свою чергу, рамне кріплення може вважатися жорстким, коли воно вичерпало свою конструктивну піддатливість, яка в більшості найбільш поширених конструкцій 3-х ланкових кріплень знаходиться в межах 300...400 мм.

Виходячи з того, що навантаження на кріплення, а, як наслідок, і переміщення контуру виробки, збільшуються з часом, перехід кріплення в жорсткий режим роботи можна розглядати як функцію, яка залежить від часу  $T$ :

$$q = f(T). \quad (2)$$

Переміщення контуру  $U_k$  – функція, що залежить від умов розробки, і, як було сказано вище, від часу, може бути розрахована за формулою (Шашенко, Солодянкін, & Смирнов, 2015):

$$U_k = f\left(\frac{R_c k_c}{\gamma H}, T\right), \quad (3)$$

де:  $\frac{R_c k_c}{\gamma H}$  – геомеханічний показник умов розробки;  $R_c$  – межа міцності на одновісний стиск, МПа;  $k_c$  – коефіцієнт структурно-механічного ослаблення масиву;  $\gamma$  – об'ємна вага порід;  $H$  – глибина розташування виробки, м.

У складних гірничо-геологічних умовах поряд з рамним кріпленням прийнято встановлювати анкерне кріплення, яке в залежності від кількості анкерних болтів, може зменшити ве-

личину зсуву (розтягнути в часі момент досягнення максимальних переміщень) або повністю зупинити переміщення контуру виробки до того, як рами кріплення вичерпають свою можливу піддатливість. Схожим чином буде працювати і шар цементно-піщаної розчину, який, в залежності від характеристик цементу, з часом набере свою міцність і тим самим посилить загальну систему кріплення.

Міжрамне огороження, як частина комбінованого кріплення, таким же чином буде піддано впливу зовнішнього навантаження. Тому воно може бути розглянуте як плита, що вільно лежить на пружній основі та завантажена розподіленим навантаженням (Цвей, 2014). Цією основою в даній ситуації можна вважати рами кріплення до того, як вони вичерпають свою функцію піддатливості і перейдуть в жорсткий режим роботи.

Оскільки, саме по собі міжрамне огороження не може нести великі навантаження і часто виконує лише функцію опалубки, то при цьому виникає необхідність підібрати такі його конструктивні параметри, при яких можлива ефективна спільна робота зтяжки з рамами кріплення і повинні забезпечуватися високі техніко-економічні показники як при експлуатації виробок, так і при їх проведенні:

$$G_{зат} = G_{кр}, \quad (4)$$

де:  $G_{зат}$  – жорсткість міжрамного огороження;  
 $G_{кр}$  – жорсткість рам кріплення.

Основними вимогами, при яких дотримуються високі техніко-економічні показники, є наступні:

1) міжрамне огороження повинне мати необхідну несучу здатність і піддатливість для того, щоб охопити весь діапазон можливих умов експлуатації кріплень;

2) огороження повинне бути безпечними при транспортуванні і установці, а також забезпечувати рівень безпеки протягом усього терміну експлуатації;

3) геометричні розміри огорожі повинні забезпечувати їх пристосованість до різних форм поперечного перерізу виробок, а також кроків встановлення рам кріплення.

Подібним вимогам відповідають конструкції міжрамних огорожень на основі об'ємних ґратчастих конструкцій (Мясников, Гапєєв, Вигодін, & Прокудін, 2018).

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Варіювання основними параметрами металевого ґратчастого огороження (діаметр прутків, відстань між ними, конфігурація і крок зигзагоподібних елементів, їх орієнтація щодо осі виробки) дозволять визначити параметри об'ємної конструкції.

Таким чином, за допомогою програмного комплексу SCAD (Арбат) були змодельовані чотири види міжрамних огорожень (табл. 1):

– звичайна з/б плита з діаметром проволочи 4 мм (далі – з/б 4 мм);

– з/б плита з діаметром проволочи 4 мм (далі – з/б 5 мм);

– просторова ґратчаста з діаметром проволочи 3 мм (далі – 3 мм);

– просторова ґратчаста з діаметром проволочи 4 мм (далі – 4 мм).

**Результати досліджень**

На основі даних досліджень були отримані величини згинаючого моменту від сумарно розподіленого навантаження на переріз міжрамного огороження (табл. 2).

Таблиця 1

**Характеристики змодельованих огорожень**

Найменування характеристики	з/б 4 та 5 мм	3 мм	4 мм
Довжина, мм	1000	1000	1160
Ширина, мм	200	350	450
Товщина, мм	50	30	50
Крок встановлювання поперечних прутків, мм	240	150	160
Крок встановлювання повздовжніх прутків, мм	85	80	100
Крок встановлення хвиль, мм	–	150	160
Клас бетону	B25	B25	B25

Таблиця 2

**Результати дослідження навантаження на міжрамні огороження**

	Навантаження, т/м <sup>2</sup>	3 мм	4 мм	4 мм з/б	5 мм з/б
Величини згинаючого моменту від сумарно розподіленого навантаження	1	0,555	0,456	0,804	0,533
	1,5	0,788	0,647	1,14	0,757
	2	1,121	0,839	–	0,98
	2,5	–	1,03	–	1,204

Ці величини виражені у вигляді коефіцієнтів використання перерізу (згідно ДБН В.1.1-12:2014), що свідчать про виникаючі напруження у залізобетонній конструкції під дією різних величин навантаження, та побудована відповідна залежність (рис. 3). На даній діаграмі пунктирна лінія означає, що при досягненні напруженнями під дією навантаження значення «1», переріз міжрамного огороження вичерпав свою конструктивну здатність сприймати навантаження, і вийшов з ладу.

За даними досліджень можливо побачити, що переріз стандартного залізобетонного огороження з діаметром проволочи 4 мм має найнижчі показники згинаючого моменту – він вийде з ладу вже при навантаженні до 2 т/м<sup>2</sup>. Найвищі показники – майже 2,5 т/м<sup>2</sup> у ґратчастого огороження об'ємної конструкції з діаметром проволочи 4 мм.

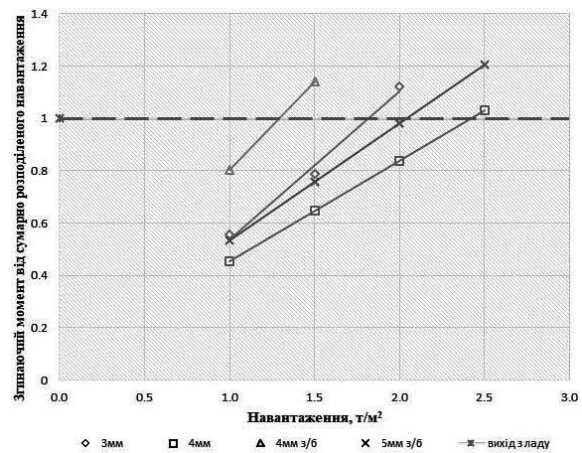


Рис. 3 Діаграма навантаження на міжрамні огороження

Аналізуючи дані, можна сказати, що ґратчасте огороження об'ємної конструкції має

© І. В. Мясников, С. М. Гапсєв, М. О. Вигодін, 2019

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

більшу несучу здатність і тому застосування огорожень такого типу позитивно вплине на несучу здатність всього гірничого кріплення. Слід взяти до уваги результати економічних розрахунків (Гапєєв, Вигодін, & Мясников, 2018), згідно з якими використання такого типу огороження дозволяє отримати економію близько 6 тис. грн. на кожен пог. м виробки.

**Наукова новизна та практична значимість**

Запроваджено спосіб комп'ютерного моделювання на основі якого можливо проводити моделювання шахтних міжрамних огорожень.

Запропонований спосіб комп'ютерного моделювання, за допомогою якого можливе випробування шахтних міжрамних огорожень та варіюванням основних параметрів яких можливо підібрати найвигідніший варіант.

**Висновки**

Підвищення ефективності роботи вугільної галузі є одним із ключових завдань, передбачених проектом Енергетичної стратегії до 2035 року та прописаних у Концепції реформування і розвитку вугільної промисловості України. Впровадження реформ на основі найкращих практик та досвіду європейських країн, найновіших наукових розробок і технологій допоможе здійснити реструктуризацію вугільної промисловості, модернізацію виробничих процесів та удосконалити систему управління вугільними шахтами (Тенденции и перспективы добычи, использования угля в Украине и мире, 2017).

Одним із шляхів вирішення цього питання є зменшення витрат на підтримання та ремонт гірничих виробок. Загальноприйняті методи полягають у підвищенні несучої здатності металевих конструкцій гірничого кріплення, але в складних гірничо-геологічних умовах, в умовах переходу на все більші глибини розробки, такий спосіб не може у повній мірі задовольнити вимоги виробництва. Адаптивне кріплення суттєво дорожчає, його встановлення стає все більш праце- та матеріаломістким.

Використання сучасних програмних комплексів дозволяє конструювати новітні системи кріплення, і перевіряти їх окремі елементи при різних навантаженнях, що й було продемонстровано у даній статті. Отримані результати підтвердили ефективність металевих конструкцій

того огороження просторової конструкції, у порівнянні зі звичайними з/б плитами.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- Sdvyzhkova, O. O., Babets, D. V., Kravchenko, K. V., & Smirnov, A. V. (2016). Determining the displacements of rock mass nearby the dismantling chamber under effect of plow longwall. *Scientific bulletin of National Mining University*, 2, 34-42.
- Solodyankin, O. V., Hryhoriev, O. Y., Dudka, I. V., & Mashurka, S. V. (2017). Criterion to select rational parameters of supports to reduce expenditures connected with construction and maintenance of development working. *Scientific bulletin of National Mining University*, 2, 19-27.
- Tereshchuk, R. M., Khoziaikina, N. V., & Babets, D. V. (2018). Substantiation of rational roof-bolting parameters. *Scientific bulletin of National Mining University*, 1, 19-26.
- Айкхофф, Ю. (2008). Техника и технология анкерного крепления в системе штрековой крепи. *Глюкауф*, 2(3), 28-35.
- Гапєєв, С. М., Вигодін, М. О. & Мясников, І. В. (2018). *Обґрунтування економічної доцільності застосування міжрамної огорожі підвищеної несучої здатності*. Матеріали конференції «Проблеми геотехніки та підземної урбаністики», Київ.
- Литвинський, Г. Г., Малєєв, Г. Л., Гайко, М.Л., & Волошин, В. Б. (2000). *Міжрамні огорожі шахтного кріплення*. Алчевськ: ДГМІ.
- Максимов, А. П., Шашенко, А. Н., & Роевко, А. Н. (1987). Влияние качества забутовки на несущую способность металлической арочной крепи. *Шахтное строительство*, 3, 9-12.
- Мясников, І. В., Гапєєв, С. М., Вигодін, М. О., & Прокудін, О. З. (2018). Нові типи міжрамного огороження для підвищення несучої здатності кріплення капітальних виробок. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 13, 67-174.
- Солодянкин, А. В., Гапєєв, С. Н., & Выгодин, М. А. (2016). *Эффективные способы поддержания выработок в сложных условиях шахт Западного Донбасса*. Матеріали конференції «Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва». Кременчуг.
- Сторчак, Г. Г., Халимендик, А. В., Пустовой, В. В., & Халимендик, Ал. В. (2013). Пути обеспечения длительной устойчивости протяженных горных выработок в условиях несимметричных нагрузок при использовании рамной крепи. *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*, 2(11), 157-166.
- Тенденции и перспективы добычи, использования угля в Украине и мире (2017). *Уголь Украины*, 5-6, 72-73.

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

- Хоменчук, О. В., Борщевский, С. В., & Гончаренко, В. В. (2012). Возведение набрызббетонной крепи взрывом. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 1, 115-119.
- Шашенко, О. М., Солодянкін, О. В., & Смирнов, О. В. (2015). *Здимання порід підосви виробок вугільних шахт*. Дніпропетровськ: ТОВ «ЛізуновПрес».
- Цвей, А. Ю. (2014). *Балки и плиты на упругом основании. Лекции с примерами расчета по специальному курсу строительной механики*. Москва: МАДИ.

И. В. МЯСНИКОВ<sup>1\*</sup>, С. Н. ГАПЕЕВ<sup>2</sup>, М. А. ВЫГОДИН<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра строительства, геотехники и геомеханики, НТУ «Днепропетровская политехника», пр. Д. Яворницкого 19, Днепр, Украина, 49005, тел. (095) 706 91 66, эл. почта miasnykov.i.v@nmu.one, ORCID 0000-0002-7525-6196

<sup>2</sup> Кафедра строительства, геотехники и геомеханики, НТУ «Днепропетровская политехника», пр. Д. Яворницкого 19, Днепр, Украина, 49005, тел. (050) 362 04 47, эл. почта hapieiev.s.m@nmu.one, ORCID 0000-0003-0203-7424

<sup>3</sup> Кафедра строительства, геотехники и геомеханики, НТУ «Днепропетровская политехника», пр. Д. Яворницкого 19, Днепр, Украина, 49005, тел. (050) 361 07 19, эл. почта referent@mlad.com.ua, ORCID 0000-0001-9069-543X

## ИСПЫТАНИЕ МЕЖРАМНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Цель.** Повышение эффективности работы угольных шахт является одним из ключевых задач науки и техники в области. Одним из путей решения этого вопроса является уменьшение затрат на поддержание и ремонт горных выработок, а использование современных программных комплексов позволяет конструировать новые системы крепи, и проверять их отдельные элементы при различных нагрузках. Целью данного исследования является сравнение предельных значений прочности различных типов межрамных ограждений с помощью компьютерного моделирования. **Методика.** Для получения поставленной цели на основе анализа, силового воздействия горного давления на межрамное ограждение, в программном комплексе SCAD Office 21.1.9.3 (Арбат), были смоделированы четыре варианта межрамных ограждений: обычная железобетонная плита с диаметром проволоки – 4 и 5 мм и пространственное решетчатое с диаметром проволоки – 3 и 4 мм, на которые было смоделирована нагрузка в 1; 1,5; 2; 2,5 т/м<sup>2</sup>. **Результаты.** На основе данных исследований были получены величины изгибающего момента от суммарно распределённой нагрузки на сечение межрамного ограждения, которые выражены в виде коэффициентов использования сечения, которые свидетельствуют о возникающих напряжениях в железобетонной конструкции под действием различных величин нагрузки, и построена соответствующая диаграмма. **Научная новизна.** Введен способ компьютерного моделирования на основе которого возможно проводить моделирование шахтных межрамных ограждений. **Практическая значимость.** Предложенный способ компьютерного моделирования, с помощью которого возможно испытание шахтных межрамных ограждений, и варьированием основными параметрами которых, можно подобрать самый выгодный вариант.

**Ключевые слова:** межрамное ограждение; горное крепление; несущая способность; капитальные выработки; комбинированная крепь; компьютерное моделирование

I. V. MYASNIKOV<sup>1\*</sup>, S. M. HAPIEIEV<sup>2</sup>, M. O. VYGODIN<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Department «Construction, geotechnics and geomechanics», NTU «Dnipro Polytechnic», pr. Dmytra Yavornytskoho 19, Dnipro, Ukraine, 49005, tel. (095) 706 91 66, e-mail miasnykov.i.v@nmu.one, ORCID 0000-0002-7525-6196

<sup>2</sup> Department «Construction, geotechnics and geomechanics», NTU «Dnipro Polytechnic», pr. Dmytra Yavornytskoho 19, Dnipro, Ukraine, 49005, tel. (050) 362 04 47, e-mail hapieiev.s.m@nmu.one, ORCID 0000-0003-0203-7424

<sup>3</sup> Department «Construction, geotechnics and geomechanics», NTU «Dnipro Polytechnic», pr. Dmytra Yavornytskoho 19, Dnipro, Ukraine, 49005, tel. (050) 361 07 19, e-mail referent@mlad.com.ua, ORCID 0000-0001-9069-543X

## TEST OF INTERFRAME WALLS WITH COMPUTER SIMULATION

**Purpose.** Improving the efficiency of coal mines is one of the key tasks of science and technology in the industry. One of the ways to solve this issue is to reduce the cost of maintenance and repair of mine workings, and the use of modern software systems allows you to construct the newest types of mine support systems, and to check their individual elements at different loads. The purpose of this study is to compare the marginal strength values of different types of interframe walls using computer simulation. **Methodology.** For the purpose of achieving the objective

© I. V. Мясников, С. М. Гапеев, М. О. Вигодін, 2019

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

based on the analysis on the force influence of the rock pressure on the interframe walls, in the software complex SCAD Office 21.1.9.3 (Arbat), four variants of interframe walls were simulated: an ordinary reinforced concrete slab with a wire diameter of – 4 and 5 mm, and a spatial grating walls with wire diameter – 3 and 4 mm, on which the load was simulated in 1; 1,5; 2; 2,5 t/m<sup>2</sup>. **Findings.** On the basis of these studies, the bending moment values from the total load distribution on the cross-section of the interframe walls enclosure, expressed in terms of cross-sectional ratios, indicating the resulting stresses in the reinforced concrete structure under the influence of different sizes of loading, were obtained, and a corresponding diagram was constructed. **Originality.** A method of computer simulation is introduced based on which it is possible to carry out the simulation of shaft interframe walls. **Practical value.** The proposed method of computer simulation, with the help of which it is possible to test mine interframe walls, and the variation of the basic parameters of which, can be taken advantage of the most favorable option.

*Keywords:* interframe walls; mine support; load-bearing strength; main mine workings; combined mine support; computer simulation

## REFERENCES

- Sdvyzhkova, O. O., Babets, D. V., Kravchenko, K. V., & Smirnov, A. V. (2016). Determining the displacements of rock mass nearby the dismantling chamber under effect of plow longwall. *Scientific bulletin of National Mining University*, 2, 34-42. (in English)
- Solodyankin, O. V., Hryhoriev, O. Y., Dudka, I. V., & Mashurka, S. V. (2017). Criterion to select rational parameters of supports to reduce expenditures connected with construction and maintenance of development working. *Scientific bulletin of National Mining University*, 2, 19-27. (in English)
- Tereshchuk, R. M., Khoziaikina, N. V., & Babets, D. V. (2018). Substantiation of rational roof-bolting parameters. *Scientific bulletin of National Mining University*, 1, 19-26. (in English)
- Ajkhoff, Ju. (2008). Tehnika i tehnologija ankernogo krepjenja v sisteme shtrekovoj krepji. *Gljukauf*, 2(3), 28-35. (in Russian)
- Hapieiev, S. M., Vyhodin, M. O. & Miasnykov, I. V. (2018). *Obgruntuvannia ekonomichnoi dotsilnosti zastosuvannia mizhramnoi ohorozhi pidvyshchenoi nesuchoi zdatnosti*. Materialy konferentsii «Problemy heoinzhenerii ta pidzemnoi urbanistyky», Kyiv. (in Ukrainian)
- Lytvynskyi, H. H., Malieiev, H. L., Haiko, M.L., & Voloshyn, V. B. (2000). *Mizhramni ohorozhi shakhtnoho krip-lennia*. Alchevsk: DHMI. (in Ukrainian)
- Maksimov, A. P., Shashenko, A. N., & Roenko, A. N. (1987). Vlijanie kachestva zabutovki na nesushhuju sposobnost' metallicheskoj arochnoj krepji. *Shahtnoe stroitel'stvo*, 3, 9-12. (in Russian)
- Miasnykov, I. V., Hapieiev, S. M., Vyhodin, M. O., & Prokudin, O. Z. (2018). Novi typy mizhramnoho ohorodzhennia dla pidvyshchennia nesuchoi zdatnosti kriplennia kapitalnykh vyrobok. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 13, 67-174. (in Ukrainian)
- Solodjankin, A. V., Gapeev, S. N., & Vygodin, M. A. (2016). *Jeffektivnye sposoby podderzhaniya vyrabotok v slozhnyh uslovijah shaht Zapadnogo Donbassa*. Materialy konferentsii «Suchasni resursoenerhozberihaiuchi tekhnologii hirnychoho vyrobnytstva». Kremenchug. (in Russian)
- Storchak, G. G., Halimendik, A. V., Pustovoj, V. V., & Halimendik, Al. V. (2013). Puti obespechenija dli-tel'noj ustojchivosti protjazhennyh gornyh vyrabotok v uslovijah nesimmetrichnyh nagruzok pri ispol'zo-vanii ramnoj krepji. *Suchasni resursoenerhozberihaiuchi tekhnologii hirnychoho vyrobnytstva*, 2(11), 157-166. (in Russian)
- Tendencii i perspektivy dobychi, ispol'zovaniya uglja v Ukraine i mire (2017). *Ugol' Ukrainy*, 5-6, 72-73. (in Russian)
- Homenchuk, O. V., Borshhevskij, S. V., & Goncharenko, V. V. (2012). Vozvedenie nabryzbetonnoj krepji vzryvom. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 1, 115-119. (in Russian)
- Shashenko, O. M., Solodjankin, O. V., & Smyrnov, O. V. (2015). *Zdymannia porid pidoshvy vyrobok vuhilnykh shakht*. Dnipropetrovsk: TOV «LizunovPres». (in Ukrainian)
- Сvej, А. Ю. (2014). *Balki i plity na uprugom osnovanii. Lekcii s primerami rascheta po special'nomu kursu stroitel'noj mehaniki*. Moskva: MADI. (in Russian)

Надійшла до редколегії 06.05.2019

Прийнята до друку 14.05.2019