

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 622.272/.28

І. В. МЯСНИКОВ<sup>1\*</sup>, С. М. ГАПЄЄВ<sup>2</sup>, М. О. ВИГОДІН<sup>3</sup>, О. З. ПРОКУДІН<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра будівництва, геотехніки і геомеханіки, НТУ «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького 19, Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (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. +38 (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. +38 (050) 361 07 19, ел. пошта referent@mlad.com.ua, ORCID 0000-0001-9069-543X

<sup>4</sup> Кафедра будівництва, геотехніки і геомеханіки, НТУ «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького 19, Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (066) 438 13 95, ел. пошта sanya-prokudin@rambler.ru, ORCID 0000-0003-4132-8662

### НОВІ ТИПИ МІЖРАМНОГО ОГОРОДЖЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ КРІПЛЕННЯ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК

**Мета.** Метою досліджень є знаходження методів зниження витрат на ремонт і підтримку капітальних виробок шахт задля зменшення собівартості добутого вугілля. **Методика.** Для одержання поставленої мети, у ході виконання досліджень були досліджені капітальні гірничі виробки, частина з яких не відповідає вимогам правил безпеки (ПБ), та причини виходу кріплення таких виробок з ладу на прикладі шахт Західного Донбасу, що входять до структури ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». **Результати.** На базі отриманих експериментальних даних були розроблені способи підвищення несучої здатності капітальних гірничих виробок, такі як застосування нових типів міжрамного огородження з підвищеної несучою здатністю та способи його застосування у комбінованому кріпленні з тампонажем закріпного простору. Оцінений їх вплив на загальну несучу здатність гірничого кріплення та економічний ефект від їх застосування. **Наукова новизна.** Запроваджені новітні методи по підсиленню та удосконаленню сучасних типів комбінованого кріплення капітальних гірничих виробок. Запропоновані технологічні параметри такого кріплення та технологічні аспекти його застосування. **Практична значимість.** Запропоновані конструкції міжрамного огородження підвищеної стосовно залізобетонного огородження несучої здатності дозволяють підвищити міжремонтний період експлуатації гірничого кріплення капітальних виробок, а, отже, знизити експлуатаційні витрати. Застосування запропонованих конструкцій підвищує безпеку праці гірників. Конструкції, розглянуті в статті, є економічно доцільними та дозволяють отримати під час застосування економічний ефект за рахунок зменшення капітальних затрат на ремонт та підтримку капітальних виробок, закріплених таким видом комбінованого кріплення.

*Ключові слова:* міжрамна огорожа; гірниче кріплення; несуча здатність; капітальні виробки; комбіноване кріплення

#### Вступ

Економічна безпека визначається станом національної економіки, при досягненні якого забезпечуються національні інтереси. Одним з найважливіших питань при досягненні такої незалежності є забезпечення потреб населення в енергоресурсах. Не зважаючи на світову глобалізацію та зростання впливу альтернативних джерел енергії, основним енергоносієм залишається вугілля – сировина, запаси якої достатні для задоволення потреб національної економіки. Тому першочерговим завданням для підприємств вуглевидобутку є збільшення величини видобутку та зменшення собівартості вугілля [1].

Реалізація планів підвищення видобутку вугілля базується на використанні запасів діючих шахт, в тому числі за рахунок збільшення площ шахтних полів, підготовки нових, більш глибоких горизонтів, залучення до відпрацювання законсервованих запасів, або тих, які раніше вважалися економічно невігідними.

Першою стратегічною задачею в цьому напрямі є будівництво комплексу капітальних і основних магістральних протяжних виробок шахт. Але в надто складних гірничо-геологічних умовах відробки вугільних пластів, що характеризуються наявністю слабких вміщуючих глинистих і піщано-глинистих порід з низьким ступенем метаморфізму, різкою втра-

тою міцності цих порід за наявності вологи, інтенсивним здиманням порід підосви, наявністю геологічних порушень, при будівництві і експлуатації протяжних виробок виникають значні проблеми.

Для проведення робіт при впливі таких чинників характерне постійне зростання витрат, що зрештою призводить до збільшення собівартості вугілля, оскільки до її структури входять і витрати на спорудження, ремонт і підтримку підготовчих виробок.

Іншим важливим чинником є забезпечення безпеки гірничовидобувних робіт, яка передбачає відповідність параметрів виробок нормам експлуатації та уникнення тяжких або аварійних ситуацій, що призводить до порушення ритмічності технологічних процесів, матеріальним та людським втратам.

Таким чином, комплексний аналіз стану протяжних виробок шахт Західного Донбасу, ступінь впливу негативних чинників, що призводять до проблемних ситуацій, для вибору ефективних напрямів забезпечення тривалої стійкості виробок є актуальною науково-технічною задачею.

### Мета

Метою досліджень є знаходження методів зниження витрат на ремонт і підтримку капітальних виробок шахт задля зменшення собівартості добутого вугілля.

### Методика

Аналізуючи дані про довжину гірничих виробок, загальний їх стан, частку виробок, які не відповідають з тих чи інших причин вимогам правил безпеки, обсяги і форми ремонтних робіт по виробках шахт ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», можна побачити, що переважною причиною відхилень від ПБ (рис. 1) є невідповідність за поперечним перерізом виробок, що складає в середньому по всіх шахтах акціонерного товариства – 21162 п.м., за висотою та за зазорами – 3031 п.м. та 14923 п.м. відповідно.

Основним способом збереження стійкості магістральних виробок є їх кріплення. Традиційні види кріплення (металеве арочне, монолітне бетонне, збірне залізобетонне та ін.) є досить дорогими і матеріаломісткими, вимагають великих витрат ручної праці на зведення, пога-

но піддаються механізації. Крім того, найбільш розповсюджене металеве аркове кріплення не забезпечує щільний контакт з породним масивом, що не дозволяє використовувати несучу здатність приконтурного шару породи, і часто виконує лише роль огорожувальної конструкції [2].

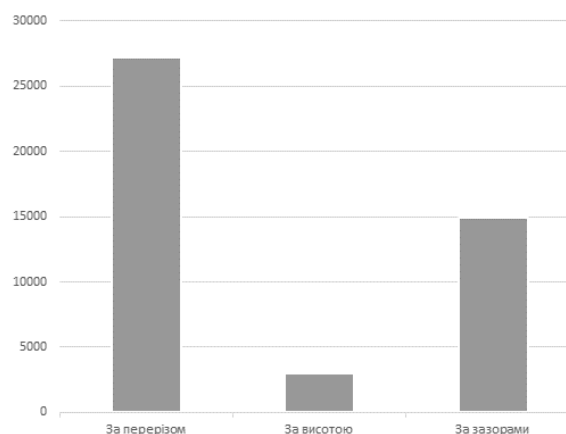


Рис. 1. Діючі виробки закріплені металом, що не відповідають вимогам ПБ

Часткове вирішення цього питання можливе в початковий період будівництва виробок, використовуючи можливості 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. Одним з видів кріплення, яке здатне реалізувати це, є анкерне кріплення [3].

Крім того, велику значимість має стан міжрамного огородження. Адже міжрамне огородження, що вийшло з ладу, несе безпосередню небезпеку при веденні гірничих робіт. Досвід експлуатації різного типу шахтних затяжок (міжрамного огородження) свідчить про те, що більшість з них мають недостатню несучу здатність [4], а збільшення несучої здатності кріплення (металевих конструкцій) дозволить лише сповільнити зрушення всередину виробки приконтурного масиву порід, однак цього недостатньо [5, 6].

Одними із засобів вирішення поставленої задачі є впровадження нових типів замкових з'єднань та нового типу міжрамного огородження з підвищеною несучою здатністю. В

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

рамках даної роботи буде розглянуто нові типи міжрамного огороження, що матимуть підвищену несучу здатність.

Огородження є складовою частиною конструкції кріплення та має вплив на величину його несучої здатності в цілому і, як наслідок – на підвищення несучої здатності та на збереження гірничих виробок. Застосування нового типу міжрамного огороження з підвищеною несучою здатністю дозволить зменшити кількість виробок, які підлягають ремонту, і тим самим зменшити долю витрат на ремонти, сума яких впливає на збільшення собівартості вугілля [7].

### Результати

Зниження витрат на підтримку гірничих виробок може бути досягнуто при дотриманні комплексу правил: створення форми виробки, найбільш доцільної для даних гірничо-геологічних умов; вибір раціональних способів охорони виробок; застосування кріплення відповідного типу і несучої здатності.

Найбільшого поширення для забезпечення експлуатаційної стійкості в капітальних гірничих виробках, а також підземних транспортних і гідротехнічних спорудах, отримали зведені різним способом різноманітні конструкції кріплення, виготовлені в основному з металу, монолітного і збірного залізобетону. Їх класифікації та області раціонального застосування наведені в спеціальній літературі [8, 9].

На даний час для вирішення питання підвищення несучої здатності кріплення в складних гірничо-геологічних умовах прийнято, що для забезпечення експлуатаційного стану виробок необхідно поряд із встановленням кріплення застосовувати спеціальні заходи з управління процесом руйнування навколишніх порід [10, 11], беручи до уваги наявну на шахтах Західного Донбасу схильність вміщуючих порід до розкисання при наявності води, після чого підтримка виробки в даних умовах стає значно складнішим завданням. Тому одним із шляхів забезпечення стійкості капітальних виробок в таких умовах є застосування систем кріплення на основі технології заповнення закріпного простору твердіючими сумішами, які в такому випадку будуть додатково виконувати функцію гідроізоляції. Досвід підтримки виробок на шахтах Західного Донбасу показав його високу

технологічність і ефективність. В результаті рівномірного розподілення навантаження, усунення зосереджених зусиль і перекосу більш раціонально використовується і матеріал самого кріплення, знижується величина згинаючих моментів, ефективніше працюють вузли податливості, з'являється додатковий несучий шар із затверділого матеріалу.

Проте, не дивлячись на хороші результати, слід зазначити суттєвий недолік даної технології. В якості несучої конструкції капітальних виробок найчастіше застосовують кріплення КШПУ, а в якості міжрамного огороження використовують плоску залізобетонну плиту, яка після проведення пікотажу виконує функції опалубки при виконанні тампонажних робіт.

Залізобетонне огороження як несучий елемент в цій конструкції кріплення є малоефективним, оскільки має низьку несучу здатність, ресурсомістким, в технологічному плані має цілу низку недоліків: воно багатоелементне, трудомістке в установці, формує велику кількість стиків після укладання.

Встановлена у виробці рама металевого кріплення із залізобетонним огороженням не перешкоджає розшаруванню і обваленням приконтурного масиву. Більш того, технологія встановлення залізобетонного огороження передбачає наявність деякого простору за кріпленням, що в подальшому провокує деформаційні процеси на контурі породного оголення поза кріпленням. Необхідне в цьому випадку ретельне заповнення дрібною породою закріпного простору як правило не виконується, оскільки являє собою трудомістку, немеханізовану операцію, а виконані дослідження [13] показали, що за відсутністю контакту кріплення з матеріалом породного заповнення у секторі 40 ... 60° (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 [14].

Попередити руйнування приконтурного масиву 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 [15].

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 [16].

У зв'язку з цим, перспективним і ефективним рішенням у вдосконаленні конструкції металевого рамного кріплення є заміна традиційного залізобетонного огороження шаром набризкбетону, що укладається на металеве сітчасте огороження.

Металеве сітчасте огороження, яке застосовується для даної конструкції, також може бути вдосконалене. Застосування просторового металевого сітчастого огороження [17] (рис. 2) спільно з набризкбетонам дозволить в декілька разів збільшити несучу здатність міжрамного огороження. Економічна доцільність застосування такого огороження для кріплення капітальних виробок доведена в статті [18].

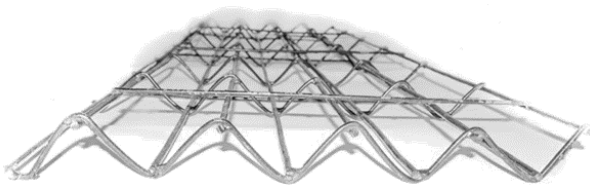


Рис. 2. Загальний вид просторового міжрамного огороження

Незважаючи на переваги застосування просторового огороження, воно не доцільне при проходженні підготовчих виробок. В цьому випадку просторове або залізобетонне огороження можуть бути замінені огороженням на основі профнастилу (рис. 3) – більш зручним за технологічністю і транспортабельністю та дешевшим за матеріалом.

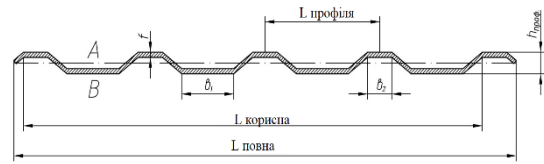


Рис. 3. Загальний вигляд міжрамного огороження з профнастилу

На рис. 3 використані наступні позначення:  
– висота профілю ( $h_{\text{проф}}$ ). Даний параметр вказує відстань між крайніми точками двох суміжних гофрів;

– корисна (робоча) ширина виробу ( $L_{\text{корисна}}$ ). Ширина листа з урахуванням технології стиковок двох профілів, тобто їх перекриття на довжину одного гофру (внахлест). Зазвичай даний параметр менший габаритного розміру одного виду на 40...80 мм;

– ширина "хвиль" профілю-листа ( $b_1, b_2$ ). Від цієї величини залежить жорсткість виробу;

– розташування полк листа. Виріб має дві сторони – "А" (вузька полка) і "В" (широка полка). При монтажі сторона "А" повинна приймати навантаження, а "В" – розташовується на монтажну опору. Таке правильне розташування профільного листа дозволить максимально використовувати його несучу здатність.

Після монтажу кріплення та монтажу профільного листа в якості міжрамного огороження передбачається виконання тампонажу закріпного простору. Ця операція здійснюється на відстані 15-30 м від вибою, відхилення породного контуру не повинні надавати тиску на профнастил. Тоді основне навантаження на міжрамне огороження буде надавати закачуваний тампонажний розчин.

### Наукова новизна

Запроваджені новітні методи з підсилення та удосконалення сучасних типів комбінованого кріплення капітальних гірничих виробок. Запропоновані технічні параметри такого кріплення та технологічні аспекти його застосування.

### Практична значимість

1. Запропоновані конструкції міжрамного огороження підвищеної стосовно залізобетонного огороження несучої здатності дозволяють підвищити міжремонтний період експлуатації

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

гірничого кріплення капітальних виробок, а отже, знизити експлуатаційні витрати.

2. Застосування запропонованих конструкцій підвищує безпеку праці гірників.

3. Конструкції, розглянуті в статті, є економічно доцільними та дозволяють отримати під час застосування економічний ефект за рахунок зменшення капітальних затрат на ремонт та підтримку капітальних виробок закріплених таким видом комбінованого кріплення.

**Висновки**

Під час орієнтації країни на економічну незалежність, питання підвищення видобутку вугілля та зменшення його собівартості набуває все більшої актуальності. 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. Адже таке кріплення суттєво дорожчає, його встановлення стає все більш праце- та матеріаломістким.

Вирішення полягає у застосованні систем комбінованого кріплення, із спеціальними заходами з управління процесом руйнування навколишніх порід нарівні з застосуванням нових типів міжрамного огородження з підвищеною несучою здатністю та новими типами замкових з'єднань.

Запропоновані в статті заходи дозволяють суттєво підвищувати несучу здатність кріплення капітальних виробок, термін їх роботи без проведення ремонтів, а тому дозволяють зменшити долю питомих витрат на тонну добутого вугілля.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- Гапеев, С. Н. Анализ причин возникновения несимметричной нагрузки на рамную металлическую крепь и направления повышения ее несущей способности [Текст] / С. Н. Гапеев, Г. Г. Сторчак // Перспективы освоения подземного пространства : материалы конф. – Днепропетровск, 2011. – С. 94-99.
- Хоменчук, О. В. Возведение набрызобетонной крепи взрывом [Текст] / О. В. Хоменчук, С. В. Борщевский, В. В. Гончаренко // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2012. – С. 115-119.
- Tereshchuk R. M., Khoziaikina N. V. and Babets D. V. (2018), "Substantiation of rational roofbolting parameters", Scientific bulletin of National Mining University, № 1. pp. 19-26.
- Солдатов, К. И. Оптимизация поперечного сечения железобетонной шахтной затяжки [Текст] / К. И. Солдатов, Ю. Л. Заяц // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2012. – С. 99-104.
- Инновационные технологии тампонажа закрепного пространства в сложных горно-геологических условиях шахт Западного Донбасса : монография [Текст] / С. А. Воронин, С. В. Мкртчян, А. В. Солодянкин, М. А. Выгодин, А. З. Прокудин. – Днепропетровск : Литограф, 2015. – 78 с.
- Солодянкин, А. В. Обоснование рациональных параметров технологии тампонажа закрепного пространства [Текст] / А. В. Солодянкин, К. В. Кравченко, А. З. Прокудин, А. М. Выгодин // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2016. – № 1(38). – С. 22-29.
- Солодянкин, А. В. Оценка интенсивности ремонтных работ и устойчивость протяженных горных выработок [Текст] / А. В. Солодянкин, С. В. Машурка // Вісник Криворізького національного університету. – 2016. – Вип. 41. – С. 97-102.
- Баклашов, И. В. Механика подземных сооружений и конструкции крепи [Текст] / И. В. Баклашов, Б. А. Картозия. – Москва : Недра, 1984. – 415 с.
- Каретников, В. Н. Крепление капитальных и подготовительных горных выработок [Текст] : справочник / В. Н. Каретников, В. Б. Клейменов, А. Г. Нуждихин. – Москва : Недра, 1989. – 571 с.
- Солодянкин, А. В. О повышении устойчивости капитальных горных выработок шахт Западного Донбасса [Текст] / А. В. Солодянкин, В. В. Коробченко, М. А. Выгодин, А. З. Прокудин // Уголь Украины. – 2015. – № 12. – С. 23-30.
- Перспективы использования извлекаемой породы при обеспечении устойчивости капитальных выработок шахт компании «ДТЭК Павлоградуголь» [Текст] : монография / С. А. Воронин, С. В. Мкртчян, А. В. Солодянкин, М. А. Выгодин, В. С. Гаркуша. – Днепропетровск : Литограф, 2016. – 89 с.
- Евтушенко, В. В. Эффективность тампонажа закрепного пространства при креплении горных выработок металлическими арками [Текст] /

- В. В. Евтушенко // Шахтное строительство. – 1973. – № 5. – С. 29-30.
13. Максимов, А. П. Влияние качества забутовки на несущую способность металлической арочной крепи [Текст] / А. П. Максимов, А. Н. Шашенко, А. Н. Роечко // Шахтное строительство. – 1987. – № 3. – С. 9-12.
  14. Сторчак, Г. Г. Пути обеспечения длительной устойчивости протяженных горных выработок в условиях несимметричных нагрузок при использовании рамной крепи [Текст] / Г. Г. Сторчак, А. В. Халимендик, В. В. Пустовой, Ал. В. Халимендик // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. Кременчук : КрНУ, 2013. – Вип. 2(11). – С. 157-166.
  15. Sdvyzhkova O. O., Babets D. V., Kravchenko K. V. and 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. pp. 34-42.
  16. Solodyankin O. V., Hryhoriev O. Y., Dudka I. V. and 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. pp 19-27.
  17. Мясников, І. В. До питання застосування міжрамної огорожі підвищеної несучої здатності [Текст] / І. В. Мясников // Перспективи розвитку будівельних технологій: матеріали конф. - Дніпро, 2018. – С. 84-88.
  18. Гапєєв, С. М. Обґрунтування економічної доцільності застосування міжрамної огорожі підвищеної несучої здатності [Текст] / С. М. Гапєєв, М. О. Вигодин, І. В. Мясников // Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики: матеріали конф. – Київ, 2018. – С. 56-59.

І. В. МЯСНИКОВ<sup>1\*</sup>, С. Н. ГАПЕЕВ<sup>2</sup>, М. А. ВЫГОДИН<sup>3</sup>, А. З. ПРОКУДИН<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра строительства, геотехники и геомеханики, НТУ «Днепро́вская политехника», пр. Д. Яворницкого, 19, Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (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 «Днепро́вская политехника», пр. Д. Яворницкого, 19, Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (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 «Днепро́вская политехника», пр. Д. Яворницкого, 19, Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (050) 361 07 19, эл. почта referent@mlad.com.ua, ORCID 0000-0001-9069-543X

<sup>4</sup> Кафедра строительства, геотехники и геомеханики, НТУ «Днепро́вская политехника», пр. Д. Яворницкого, 19, Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (066) 438 13 95, эл. почта sanya-prokudin@rambler.ru, ORCID 0000-0003-4132-8662

## НОВЫЕ ТИПЫ МЕЖРАМНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КРЕПИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

**Цель.** Целью исследований является нахождение методов снижения затрат на ремонт и поддержание капитальных выработок шахт для уменьшения себестоимости добытого угля. **Методика.** Для достижения поставленной цели, в ходе выполнения исследований были проанализированы капитальные горные выработки, часть из которых не отвечает требованиям правил безопасности (ПБ), и причины выхода крепи таких выработок из строя на примере шахт Западного Донбасса, входящих в структуру ЧАО «ДТЭК Павлоградуголь». **Результаты.** На базе полученных экспериментальных данных были разработаны способы повышения несущей способности капитальных горных выработок, такие как применение новых типов межрамного ограждения с повышенной несущей способностью и способы его применения в комбинированных крепях с тампонажем закрепного пространства. Оценено их влияние на общую несущую способность горной крепи и экономический эффект от их применения. **Научная новизна.** Введены новые методы по усилению и совершенствованию современных типов комбинированной крепи капитальных горных выработок. Предложенные технические параметры такой крепи и технологические аспекты ее применения. **Практическая ценность.** Предложенные конструкции межрамного ограждения повышенной относительно железобетонного ограждения несущей способности позволяют повысить межремонтный период эксплуатации горной крепи капитальных выработок, а, следовательно, снизить эксплуатационные расходы. Применение предложенных конструкций повышает безопасность труда горняков. Конструкции, рассмотренные в статье, являются экономически целесообразными и позволяют получить при применении экономический эффект за счет уменьшения капитальных затрат на ремонт и поддержание капитальных выработок, закрепленных таким видом комбинированной крепи.

*Ключевые слова:* межрамное ограждение; горная крепь; несущая способность; капитальные выработки; комбинированная крепь

I. MYASNIKOV<sup>1\*</sup>, S. HAPIEIEV<sup>2</sup>, M. VYGODIN<sup>3</sup>, O. PROKUDIN<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup> Department of construction, geotechnics and geomechanics, NTU «Dnepr Polytechnic», pr. Dmytra Yavornytskoho, 19, Dnepr, Ukraine, 49005, tel. +38 (095) 706 91 66, e-mail miasnykov.i.v@nmu.one, ORCID 0000-0002-7525-6196

<sup>2</sup> Department of construction, geotechnics and geomechanics, NTU «Dnepr Polytechnic», pr. Dmytra Yavornytskoho, 19, Dnepr, Ukraine, 49005, tel. +38 (050) 362 04 47, e-mail hapieiev.s.m@nmu.one, ORCID 0000-0003-0203-7424

<sup>3</sup> Department of construction, geotechnics and geomechanics, NTU «Dnepr Polytechnic», pr. Dmytra Yavornytskoho, 19, Dnepr, Ukraine, 49005, tel. +38 (050) 361 07 19, e-mail referent@mlad.com.ua, ORCID 0000-0001-9069-543X

<sup>4</sup> Department of construction, geotechnics and geomechanics, NTU «Dnepr Polytechnic», pr. Dmytra Yavornytskoho, 19, Dnepr, Ukraine, 49005, tel. +38 (066) 438 13 95, e-mail sanya-prokudin@rambler.ru, ORCID 0000-0003-4132-8662

## NEW TYPES OF INTERFRAME WALLS FOR LOAD-BEARING STRENGTH INCREASING OF MAIN MINE WORKINGS SUPPORT

**Purpose.** Finding methods to reduce the cost of repairs and maintenance of main mine workings, by that, to reduce the prime cost of mined coal. **Methodology.** In order to achieve this goal, in the course of the implementation of the research work, main mine workings were investigated, some of which do not meet the requirements of safety regulations, and reasons for the failures of such workings on the example of the Western Donbass mine of PJSC «DTEK Pavlogradvugillya». **Findings.** On the basis of the obtained experimental data, methods of increasing the load-bearing strength of main mine workings were developed. Such as the application of new types of interframe walls with increased load-bearing capacity and methods of its application in a combination with tamponage behind the frames space. Evaluated their influence on the overall bearing capacity of the mine frames and the economic effect of their application. **Originality.** New methods have been introduced to strengthen and improve modern types of combined mine support of main mine workings. Proposed were technological parameters of such fastening and technological aspects of its application. **Practical value.** The proposed structures of the interframe walls of a load-bearing strength, which is heightened with respect to the reinforced concrete interframe walls, makes it possible to reduce the overhaul period of operation of the mining support of the main mine workings, and, consequently, to reduce the operating cost. The use of the proposed designs increases the safety of miners. The constructions considered in the article are economically feasible and allow one to obtain economic benefit by applying a reduction in the capital expenditures for repair and support of main mine workings secured by this type of combined mine support.

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

### REFERENCES

1. Hapieiev S. M., Storchak G.G. Analiz prichin vozniknoveniya nesimmetrichnoy nagruzki na ramnyuyu metallicheskiy krep i napravleniya povyisheniya ee nesuschey sposobnosti [Analysis of the reasons for the appearance of an asymmetric load on the frame metal support and the direction of increasing its bearing capacity]. *Materialyi konferentsii "Perspektivy osvoeniya podzemnogo prostranstva (2011)"* [Proc. of the conf. "Prospects for the development of underground space"]. Dnepropetrovsk, 2011, pp. 94-99.
2. Khomenchuk O. V., Borschevsky S. V., Goncharenko V. V. Vozvedenie nabryzbetonnoy krepri vzryivom [Erection of a spattered concrete support by explosion]. *Mosty ta tuneli: teoriya, doslidzhennja, praktyka – Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 2012, issue 1, pp. 115-119.
3. Tereshchuk R. M., Khoziaikina N. V. and Babets D. V. (2018), "Substantiation of rational roof-bolting parameters", Scientific bulletin of National Mining University, № 1, pp. 15-26.
4. Kim Soldatov, Yuri Zayac Optimizatsiya poperechnogo secheniya zhelezobetonnoy shahtnoy zatyazhki [Optimization cross section of reinforced concrete mine tightening]. *Mosty ta tuneli: teoriya, doslidzhennja, praktyka – Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 2014, issue 5, pp. 99-104.
5. Voronin S. A., Mkrtchyan S. V., Solodyankin A. V., Vyigodin M. A., Prokudin A. Z. *Innovatsionnyie tehnologii tamponazha zakrepnogo prostranstva v slozhnyih gorno-geologicheskikh usloviyah shaht Zapadnogo Donbassa* [Innovative technologies of tamponage of fixed space in complex mining-geological conditions of the mines of the Western Donbass]. Monografiya. Dnepropetrovsk, Litograf Publ., 2015. 78 p.

6. Solodyankin A. V., Kravchenko K. V., Prokudin A. Z., Vygodin A. M. Obosnovanie racionalnyh parametrov tehnologii tamponazha zakrepnogo prostranstva [Substantiation of rational parameters skin grouting technology]. "Visti Doneckogo girnichogo institutu (2016)" [Proc. of the conf. "The Donetsk Mining Institute's news"]. Donetsk, 2016, issue 1, pp. 22-29.
7. Solodyankin A. V., Mashurka S. V. Ocenka intensivnosti remontnyh rabot i ustojchivost protyazhennyh gornyh vyrabotok [Estimation of intensity of repair works and stability of extended mining operations] "Visnik Krivorizkogo nacionalnogo universitet (2016)" [Proc. of the conf. "Bulletin of the Krivoy Rog National University"], Krivoy Rog, 2016, issue 41, pp. 97-102.
8. Baklashov I. V., Kartoziya B. A. Mehanika podzemnyh sooruzhenij i konstrukcii krepі [Mechanics of underground structures and support structures]. Moscow, Nedra Publ., 1984. 415 p.
9. Karetnikov V. N., Klejmenov V. B., Nuzhdihin A. G. Kreplenie kapitalnyh i podgotovitelnyh gornyh vyrabotok [Mounting of capital and preparatory mine workings]. Spravochnik, Moscow, Nedra Publ., 1989. 571 p.
10. Solodyankin A. V., Korobchenko V. V., Vygodin M. A., Prokudin A. Z. O povyshenii ustojchivosti kapitalnyh gornyh vyrabotok shaht Zapadnogo Donbassa [About increase of stability of capital mine workings of mines of the Western Donbass] Ugol Ukrainy, 2015. vol. 12, pp. 23-30.
11. Voronin S. A., Mkrtychyan S. V., Solodyankin A. V., Vygodin M. A., Garkusha V. S. Perspektivy ispolzovaniya izvlekaemoj porody pri obespechenii ustojchivosti ka-pitalnyh vyrabotok shaht kompanii «DTEK Pavlogradugol» [Prospects for the use of recoverable rock while ensuring the sustainability of capital mine workings of DTEK Pavlogradugol]. Monografiya. Dnepr, Litograf Publ., 2016. 89 p.
12. Evtushenko V. V. Effektivnost tamponazha zakrepnogo prostranstva pri krepnenii gornyh vyrabotok metallicheskimi arkami [Effectiveness of plugging of the anchorage space when fixing mine workings with metal arches] Shahtnoe stroitelstvo, 1973, № 5, pp. 29-30.
13. Maksimov A. P., Shashenko A. N., Roenko A. N. Vliyanie kachestva zabutovki na nesushuyu sposobnost metallicheskoj arochnoj krepі [Effect of backfill quality on the bearing capacity of metal arch support] Shahtnoe stroitelstvo, 1987, № 3, pp. 9-12.
14. Storchak G. G., Halimendik A. V., Pustovoj V. V. Puti obespecheniya dlitelnoj ustojchivosti protyazhennyh gornyh vyra-botok v usloviyah nesimmetrichnyh nagruzok pri ispolzovanii ramnoj krepі [Ways to ensure long-term stability of extended mine workings in conditions of asymmetric loads when using frame support]. Suchasni resursoenergo-sberigayuchi tehnologii girnichogo virobniictva [Modern resource-saving-saving technologies of mining production]. Kremenchuk, KrNU Publ., 2013, № 2(11), pp. 157-166.
15. Sdvyzhkova O. O., Babets D. V., Kravchenko K. V., Smirnov A. V. "Determining the displacements of rock mass nearby the dismantling chamber under effect of plow longwall", Scientific bulletin of National Mining University, 2016, № 2. pp. 34-42
16. Solodyankin O. V., Hryhoriev O. Y., Dudka I. V., Mashurka S. V. "Criterion to select rational parameters of supports to reduce expenditures connected with construction and maintenance of development working", Scientific bulletin of National Mining University, 2017, № 2, pp 19-27.
17. Myasnikov V. Do pitannya zastosuvannya mizhramnoyi ogorozhi pidvishenoyi nesuchoyi zdatnosti [To the question of application of interframe fence of high carrying capacity] Materialy konferentsii "Perspektivi rozvitku budivelnih tehnologij [Proc. of the conf. "Prospects for the development of construction technologies"]. Dnepr, 2018, pp. 84-88.
18. Napieiev S. M., Vigodin M. O., Myasnikov I. V. Obgruntuvannya ekonomichnoyi docilnosti zastosuvannya mizhramnoyi ogorozhi pidvishenoyi nesuchoyi zdatnosti [Substantiation of economic expediency of interframe fence of high carrying capacity] Problemi geoi-nzheneriyi ta pidzemnoyi urbanistiki [Proc. of the conf. "Problems of Geoengineering and Underground Urbanism"]. Kyjiv, 2018, pp. 56-59.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. О. В. Солодянкін (Україна), д.т.н., проф. А. С. Саммаль (Російська Федерація)

Надійшла до редколегії 18.09.2018.

Прийнята до друку 22.10.2018.