

## ДОСЛІДНО-ПРОМИСЛОВЕ ВИПРОБУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО СПОСОБУ ОХОРОНИ ВИЙМКОВИХ ШТРЕКІВ

<sup>1</sup>Круковський О.П., <sup>1</sup>Курносів С.А., <sup>1</sup>Булич Ю.Ю., <sup>1</sup>Опришко Ю.С., <sup>1</sup>Земляна Ю.В.,  
<sup>2</sup>Яструб Р.І.

<sup>1</sup>Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України Інститут, <sup>2</sup>Шахта  
«Лісова» ДП «Львіввугілля»

## ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПЫТАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА ОХРАНЫ ВЫЕМОЧНЫХ ШТРЕКОВ

<sup>1</sup>Круковский А.П., <sup>1</sup>Курносів С.А., <sup>1</sup>Булич Ю.Ю., <sup>1</sup>Опрышко Ю.С., <sup>1</sup>Земляная Ю.В.,  
<sup>2</sup>Яструб Р.И.

<sup>1</sup>Інститут геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, <sup>2</sup>Шахта «Лесная»  
ГП «Львовуголь»

## EXPERIMENTAL AND INDUSTRIAL TEST OF THE COMBINED METHOD FOR GATE ROADWAY SUPPORTING

<sup>1</sup>Krukovskyi O.P., <sup>1</sup>Kurnosov S.A., <sup>1</sup>Bulich Yu.Yu., <sup>1</sup>Opryshko Yu.S., <sup>1</sup>Zemliana Yu.V.,  
<sup>2</sup>Yastrub R.I.

<sup>1</sup>Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of  
Ukraine, <sup>2</sup>Mine "Lisova" SE "Lvivvugillia"

**Анотація.** Технологічний процес виїмки вугільного пласта усуває опору під підробленими породами покрівлі. В результаті відбувається їх розшарування і виникає асиметрія навантаження кріплення виробки, що негативно позначається на її стані. В ІГТМ НАН України розроблено спосіб охорони виїмкових штреків бетонною пакетованою смугою. Його перевагами є економічність, усунення технологічного зазору між смугою і покрівлею, подача води безпосередньо у пакети з сухою цементно-мінеральною сумішшю. Бетонні охоронні смуги, при всіх їх перевагах, коштують дорожче, ніж дерев'яні. Тому їх використовують в основному при відпрацюванні вугільних пластів з важкообвалюваними покрівлями. При покрівлях, що відносяться до категорій середньо- і легкообвалюваних, максимальні навантаження на охоронну смугу менші. Для таких умов розроблено комбінований спосіб охорони виїмкових штреків. Ідея способу полягає у чергуванні ділянок із пакетів, наповнених швидкотвердіючою мінеральною сумішшю, і ділянок із дерев'яних брусів, укладених накатом. Метою даної роботи було виконання дослідно-промислового випробування комбінованого способу охорони виїмкових штреків. Випробування способу охорони виїмкових штреків комбінованою смугою було здійснено на шахті «Лісова» державного підприємства «Львіввугілля» при відпрацюванні вугільного пласта «Сокальський». Для визначення зміни напружень стиску в охоронних смугах в них встановлювали вимірювачі тиску. Критерієм оцінки напруженого стану накатної і пакетованої смуг була їх відносна вертикальна деформація. Вимірювання виконувались на різній відстані від вибою лави і на різних часових етапах твердіння бетону. Було випробувано різні варіанти довжини і ширини ділянок із пакетованої смуги і ділянок із дерев'яних брусів. Встановлено, що раціональною є схема, при якій довжина ділянок дорівнює 1,0-1,5 їх ширини. Дослідно-промислове випробування запропонованого комбінованого способу показало, що його застосування при відпрацюванні пластів з середньо- і легкообвалюваною покрівлею дозволяє мінімізувати зону непружних деформацій масиву, значно зменшити економічні витрати на зведення охоронної смуги та поліпшити стан кріплення виробки.

**Ключові слова:** сполучення «лава-штрек», напружено-деформований стан, охоронні конструкції, бетонна пакетована полоса.

**Постановка завдання.** В складних гірничо-геологічних умовах підвищення продуктивності вугільних шахт часто стримується незадовільним станом виїмкових штреків [1, 2]. Технологічний процес виїмки вугільного пласта усуває опору під підробленими породами покрівлі, в результаті чого

відбувається їх розшарування і виникає асиметрія навантаження кріплення виробки, що негативно позначається на її стані [3, 4]. Охоронні смуги виїмкових штреків, за принципом взаємодії з підробленою покрівлею і надробленою підшовою, діляться на два типи – піддатливі і жорсткі.

Вплив жорсткості охоронної смуги на зміну напружено-деформованого стану масиву і кріплення виробки неоднозначний [5]. Підвищення жорсткості смуги, з одного боку, викликає небезпеку руйнування порід під охоронною смугою і погіршення стану підшви виробки, а з іншого боку – сприяє «обрізанню» консолі підроблених порід покрівлі і, тим самим, зменшує навантаження на рамне кріплення. Тому в різних гірничо-геологічних умовах, ефективно керування напружено-деформованим станом кріплення виробки і масиву, що її оточує, досягається обґрунтованим вибором наступних параметрів смуги: жорсткості, ширини та відстані її розташування від контуру штреку.

Піддатлива охоронна смуга, в перший час після її спорудження, знижує навантаження на породи підшви. Це відбувається за рахунок ущільнення матеріалу, з якого складається смуга. Однак, зі збільшенням вертикальної деформації смуги, збільшується потужність шару порід покрівлі, що зазнали незворотних деформацій, а значить зростає навантаження на смугу. Тому, у міру віддалення вибою лави і вичерпання запасу піддатливості смуги, вона починає передавати більші навантаження на породи підшви, ніж жорстка смуга [6]. Отже, ефективність управління станом виробки і масиву, що її оточує, залежить від здатності охоронної конструкції протидіяти гірському тиску і обрізати підроблену покрівлю вугільного пласта. Ці функції найкраще виконує жорстка охоронна смуга. При цьому керування станом підшви штреку слід здійснювати вибором раціональної ширини смуги та її відстані від контуру штреку.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Аналіз вітчизняного і світового досвіду показує, що висока жорсткість охоронної конструкції досягається при використанні бетону в якості основного вантажонесучого елемента смуги. Існують різноманітні технології спорудження бетонних охоронних смуг, серед яких найбільше розповсюдження отримали литі смуги (ЛС).

В Україні у якості базового варіанту зведення литої смуги рекомендується гідромеханічний спосіб, що полягає в приготуванні суміші на ділянці перед лавою і її транспортуванні в рідкому стані по трубопроводу до місця заливки. Рекомендована величина відставання смуги від вибою лави становить 6 м і визначається технологічними можливостями зведення смуги. Найкращим способом транспортування сухих компонентів суміші в виробку для подальшого приготування розчину, є їх доставка в розфасованому по пакетах вигляді.

Технологічний процес зведення литої смуги полягає в наступному [7]. Твердіючу суміш у вигляді водної пульпи готують на пересувному змішувачі, що встановлюється в штреку за 40-70 м до лави. До місця заливки розчин за допомогою нагнітального устаткування подають по трубопроводу. Після

виїмки чергової смуги вугілля і пересування нижньої приводної станції, здійснюють кріплення ніші дерев'яним органічним кріпленням по простяганню і падінню пласта. Простір між двома рядами органічного кріплення ділиться дерев'яними стійками на окремі комірки, ширину яких вибирають за умови відповідності розмірів комірок кроку кріплення. В комірках розміщують мішки з синтетичного матеріалу ємністю 1-2 м<sup>3</sup>, які заповнюють розчином, що подається по трубопроводу. Технологія не дозволяє виливати бетонну смугу впритул до покрівлі, що підробляється. Тому простір між смугою і покрівлею закладають лісоматеріалом. Промислове застосування в Україні литих бетонних смуг стримується недостатньою механізацією технологічних процесів їх зведення.

На передових закордонних вугледобувних підприємствах досягнутий високий рівень механізації і часткова автоматизація даних процесів завдяки побудові комплексу для приготування будівельної суміші на поверхні і її подальшої подачі в виїмкові штреки. На проммайданчику поблизу стовбура розміщують вежі для сухої бетонної суміші та контейнерні модулі для автоматизованого приготування і подачі бетону в виробки. За командою з шахти про необхідність подачі певної кількості бетону, оператор поверхневого комплексу закачує в трубопровід для подачі суміші воду, щоб переконатися в правильності перемикавання на горизонті в шахті розподільника подачі бетону (комплекс обслуговує кілька одночасно працюючих лав). Після цього, в трубопровід подається рідка бетонна суміш (не більше  $\frac{3}{4}$  висоти ставу) і закладається синтетичний обмежувальний пиж. Поверх пижа став заповнюється водою, яка проштовхує бетон до місця спорудження литої смуги. На кінці трубопроводу до бетону підмішується прискорювач твердіння, який подається насосом зі спеціальної ємності, розташованої в штреку поблизу вибою лави. Опалубкою для бетонної смуги з боку виробленого простору лави служить органне кріплення, а з боку штреку – рами аркового кріплення. Вся опалубка затягується металевою сіткою і мішковиною з поліпропілену для створення герметичної ємності. Дана технологія відрізняється значним ступенем автоматизації, що підвищує оперативність спорудження охоронної конструкції, а, отже, і ефективність кріплення виїмкових штреків в цілому.

Застосування таких комплексів економічно доцільно при одночасному відпрацюванні кількох лав. У нинішніх економічних умовах, найістотнішим чинником, що стримує застосування подібних технологій на шахтах України, є необхідність значних капіталовкладень в будівництво технологічних комплексів.

Таким чином, недоліками застосовуваних в Україні технологій спорудження литих смуг є використання додаткового обладнання, яке захаращує штрек та неможливість створення своєчасного підпору порід підробленої покрівлі (технологічний проміжок становить не менше 150 мм). Зарубіжні технології більш продуктивні за рахунок високої механізації процесів спорудження смуг. До їх недоліків відносяться скид великої кількості води в вироблений простір, що при схильних до розмокання породах подошви, інтенсифікує її здимання,

технологічний зазор між смугою і покрівлею, а також значні витрати на устаткування і його обслуговування. Тому актуальним завданням є обґрунтування параметрів способу і розробка технології спорудження бетонних смуг, який виключає зазначені недоліки.

В ІГТМ НАН України розроблено спосіб охорони виїмкових штреків бетонною пакетованою смугою (ПС), яка виключає зазначені недоліки. Технологія спорудження ПС наступна [8].

Спочатку встановлюють захисне органне кріплення з дерев'яних стояків, яке розташовується по обидва боки бетонної пакетованої смуги, що споруджується слідом. Основним завданням даного кріплення є запобігання бетону від непружного деформування в початковий період відходу лави.

Далі на сполученні лави зі штреком між органічними рядами укладають пакети з сухою цементно-мінеральною сумішшю (СЦМС) з системою перев'язки за принципом цегляної кладки. Пакети верхнього ряду повинні перекривати зазори між пакетами нижнього ряду. Перев'язка створює більш міцну кладку з рівномірним розподілом навантаження. Завдяки тому, що пакети заповнені сухою сумішшю тільки на 80 %, вони мають істотну еластичність. Внаслідок цього, нижня грань верхнього ряду повторює рельєф поверхні нижнього ряду, що створює надійне зчеплення між рядами пакетів. Крім того, еластичність пакетів з сумішшю дозволяє укладати їх верхній ряд впритул до порід підробленої покрівлі, що створює попередній розпір.

В процесі викладення смуги здійснюють наповнення вже укладених пакетів з СЦМС водою з шахтного водоводу, починаючи з нижнього ряду, з послідовним переходом до верхнього ряду. Наповнення пакетів здійснюється шляхом їх проколювання голчастим ін'єктором  $\varnothing 10$  мм, обладнаним краном і рукавом, та подальшого нагнітання води. Затворення СЦМС (20 кг) здійснюють шляхом двох-трьох проколів пакета з впорскуванням близько 4-х літрів води.

Спорудження бетонної смуги виконується у міру посування очисного вибою на один-два цикли, з дотриманням вимоги мінімального відставання смуги від лінії вибою лави (близько 4 м). Дана вимога обґрунтована необхідністю мінімізації непружних деформацій в покрівлі виробки.

Бетонні охоронні смуги, при всіх їхніх перевагах, коштують дорожче, ніж дерев'яні. Тому їх використовують, в основному, при відпрацюванні вугільних пластів з важкообвалюваними покрівлями за класифікацією ДонВУГІ. При покрівлях, що відносяться до категорій середньо- і легкообвалюваних, максимальні навантаження на охоронну смугу менші, ніж при важкообвалюваній покрівлі. Але при цьому слабкі породи покрівлі руйнуються практично слідом за вибоєм лави, тому навантаження смуги здійснюється швидше [9]. Це скорочує час, відведений на твердіння бетону, і накладає додаткові вимоги до міцності огорожувального органного кріплення з лісоматеріалів.

З метою усунення перелічених недоліків, а саме, для зниження вартості охоронної смуги і збільшення часу, відведеного на твердіння бетону, було

прийнято рішення випробувати комбіновану охоронну смугу при відпрацюванні вугільних пластів з середньо- і легкообвалюваними покрівлями.

Промислові випробування способу охорони виїмкових штреків комбінованою смугою було здійснено на ш. «Лісова» ДП «Львіввугілля» при відпрацюванні вугільного пласта  $n_7^H$  «Сокальський». Потужність вугільного пласта  $m = 1,4 \div 2,1$  м, коефіцієнт міцності  $f = 1,5$ , кут падіння –  $\alpha = 6^\circ$ . В безпосередній покрівлі вугільного пласта розташований пласт аргіліту потужністю  $1,9 \div 6,4$  м, коефіцієнт міцності  $f = 3$ . Основна покрівля пласта – алевроліт потужністю  $3,7 \div 7,0$  м, коефіцієнт міцності  $f = 5 \div 6$ . Підшва вугільного пласта представлена пісковиком кварцовим. Потужність шару пісковика  $2,1 \div 10,0$  м, коефіцієнт міцності  $f = 8$ . За класифікацією ДонВУГІ покрівля пласта  $n_7^H$  «Сокальський» відноситься до категорій середньо- і легкообвалювана А2-А1, безпосередня підшва – ПЗ.

Глибина розробки – 265 м, довжина лави складає 270 м, середня швидкість її посування – 2 м/доб, підривка підшви штреку відносно підшви вугільного пласта не перевищує 0,45 м. Штрек планується використовувати повторно при відпрацюванні наступного виїмкового стовпа.

В процесі відпрацювання лави, співробітниками ш. Лісова і ІГТМ НАНУ здійснювався моніторинг стану конвеєрного штреку № 166, визначався ступінь впливу очисних робіт на напружено-деформований стан вміщуючого масиву і, при необхідності, вносилися коригування в паспорт кріплення виробки. Моніторинг стану кріплення штреку і прилеглого масиву здійснювали на протязі 1,5 років з урахуванням місця положення очисного вибою. Методика досліджень включала наступне.

З метою визначення зміни напружень стиску в охоронних смугах в процесі посування лави, в них встановлювали вимірювачі тиску. Дані прилади являють собою металеві ємності, наповнені маслом і обладнані високонапірним шлангом з манометром. Для визначення розподілу навантаження по ширині охоронних смуг, заміри тиску здійснювали у ближньому і дальньому від штреку краях смуги.

Критерієм оцінки напружено-деформованого стану накатної і пакетованої смуг є їхня відносна вертикальна деформація ( $\Delta h_{см}$ , %) під тиском порід підробленої покрівлі на різній відстані від вибою лави і на різних часових етапах твердіння бетону. Контроль  $\Delta h_{см}$  здійснювали за зміною відстані між реперами. Репери представляли собою обрізки сталевих прута, встановлені на нижній і верхній межі смуги під час її спорудження.

Крім того, на рамному кріпленні робили насічки, які дозволили диференційовано визначати зміщення покрівлі і підшви штреку в міру посування лави.

Дослідженнями було охоплено всі стадії деформування виробки – до початку впливу очисних робіт, в зоні опорного тиску попереду лави, а також в зонах інтенсивних і сталих зміщень за лавою. Схему розміщення вимірювальних станцій складала із зазначенням пікетів і комплексу обладнання, яке включає дана станція. Кожній станції присвоювали окремий

ідентифікаційний код. При виявленні в процесі моніторингу ознак значних і небезпечних змін контроль даної ділянки посилювали.

На першому етапі досліджень паспорт кріплення штреку включав суцільну бетонну пакетовану смугу. Розрахунок параметрів ПС здійснювали згідно з методикою для литих смуг [7, 10]. За результатами розрахунку ширина бетонної смуги склала 1,5 м [11]. З такими параметрами охоронну смугу споруджували на протязі тижня. Тим часом вимірювали тиск на смугу і її відносну вертикальну деформацію у міру віддалення вибою лави.

Також, за методикою [12], було здійснено розрахунки тиску на смугу і міцності бетону на стиск на різних часових етапах його твердіння [11]. При цьому було враховано коефіцієнти ослаблення бетонної пакетованої смуги під впливом її структури, нерівностей рельєфу підроблених і надроблених порід та впливу агресивності шахтної води, яка використовується для затворення СЦМС.

Результати експериментальних і аналітичних досліджень показали, що при ширині смуги 1,5 м її міцність майже в 5 разів перевищує тиск від порід покрівлі.

Основними факторами, за якими визначають раціональну ширину смуги, є категорія покрівлі вугільного пласта по обваленню, його потужність та кут нахилу, міцність порід подошви, а також міцнісні і деформаційні параметри бетону на різних етапах його твердіння.

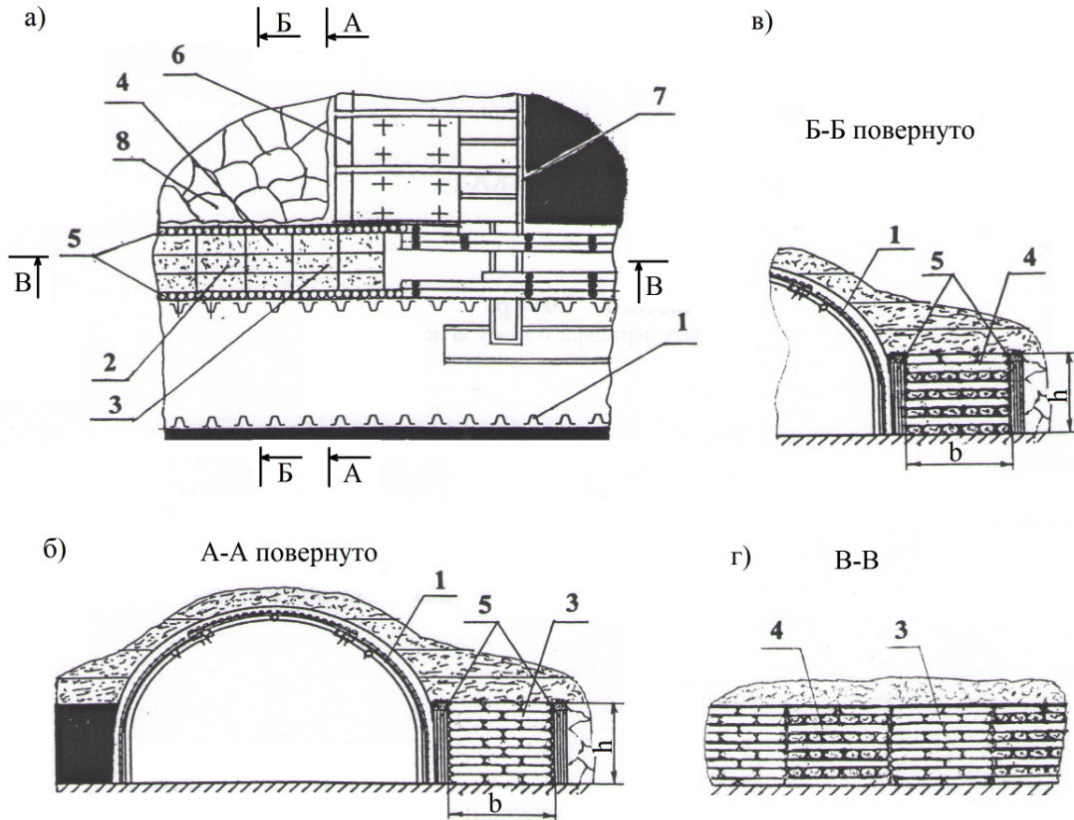
Зменшення ширини охоронної смуги концентрує навантаження на породи подошви, що може спровокувати її значне деформування. На стійкість подошви виробки впливає міцність шару порід потужністю, яка дорівнює ширині виробки. За класифікацією ДонВУГІ безпосередня подошва віднесена до стійкої (ПЗ). Це також дозволяє зменшити ширину пакетованої смуги.

Кут падіння вугільного пласта  $\alpha$  складає всього  $6^\circ$ , що значно знижує вірогідність завалювання смуги при зменшенні її ширини.

З урахуванням розрахунків і результатів шахтних досліджень, було прийняте рішення на другому етапі випробувань зменшити ширину пакетованої смуги до 1,1 м. Крім того, смуга складалася із окремих коротких ділянок, що чергувалися по довжині штреку. Одну з ділянок формували із пакетів, наповнених швидкотвердіючою мінеральною сумішшю, а наступну – із дерев'яних брусів, укладених накатою. При цьому кожна ділянка із дерев'яних брусів, по висоті, закінчується шаром із пакетів, який використовують як розпірний між сформованою ділянкою і покрівлею вийнятого пласта.

Несуча здатність ділянок із дерев'яних брусів, укладених накатою, повинна бути достатня для запобігання на деякий час прогину порід підробленої покрівлі між ділянками. Це забезпечує необхідний час на твердіння ділянок, сформованих із пакетів з мінеральною сумішшю, які згодом сприймають основне навантаження. Укладання на кожен ділянку із дерев'яних брусів шару пакетів, дає можливість здійснити забутовку технологічного зазору під саму покрівлю вийнятого пласта для забезпечення мінімальної її осадки, що мінімізує зону непружних деформацій.

Спосіб реалізується наступним чином (рис. 1). Після циклу переміщення механізованого кріплення 6 у виїмковій лаві 7, на рівні заднього ряду стояків першої секції, з боку виробленого простору 8, пробивають однорядне органне кріплення 5, та зводять охоронну смугу 2, яку відокремлюють від рамного кріплення 1 однорядним органом кріпленням 5.



а – схема охорони штреку (вид в плані); б – розріз А–А по ділянці, сформованій із пакетів;  
в – розріз Б–Б по ділянці, сформованій із дерев'яних брусів; г – розріз В–В. 1 – рамне кріплення штреку, 2 – охоронна смуга, 3 – ділянка, що сформована із пакетів з сумішшю, 4 – ділянка, що сформована із дерев'яних брусів, 5 – органне кріплення, 6 – механізоване кріплення, 7 – виїмкова лава, 8 – вироблений простір, h – виїмкова потужність пласта, b – ширина смуги

Рисунок 1 – Технологічна схема способу охорони виїмкових штреків

При цьому охоронну смугу 2 комбінують із окремих коротких ділянок 3 і 4, що чергуються по довжині виробки (рис. 1, в). Ділянку 3 формують із пакетів, наповнених швидкотвердіючою мінеральною сумішшю, за наведеною вище технологією. Услід за ділянкою 3, формують ділянку 4 із дерев'яних брусів, укладених накатом. Кожна ділянка 4 із дерев'яних брусів, по висоті, закінчується шаром із пакетів, який використовують як розпирний між сформованою ділянкою 4 і покрівлею виїмкового пласта. Це дає можливість здійснити забутовку технологічного зазору під саму покрівлю виїмкового пласта для забезпечення мінімальної її осадки. При середньо- і легкообвалюваній покрівлі руйнування порід за виїмковим вибоєм здійснюється швидше, тому навантаження на охоронну смугу 2 відбувається раніше у часі. При цьому ділянки 4 із дерев'яних брусів запобігають непружним деформаціям бетону на

ранніх стадіях його твердіння та забезпечують мінеральній суміші необхідний для набору міцності час. Услід за ділянкою 4 формують ділянку 3 і процес повторюється.

В процесі відпрацювання лави було випробувано різні варіанти довжини і ширини ділянок із пакетованої смуги і із дерев'яних брусів, укладених накатою. Встановлено, що раціональною з технологічної і економічної точок зору, є схема, при якій довжина ділянок із пакетованої смуги і із дерев'яних брусів, укладених накатою, дорівнює 1,0-1,5 від їх ширини. При цьому ширину смуги слід розраховувати за методикою [12]. В цілому, стан конвеєрного штреку № 166 дозволяє використовувати його повторно при відпрацюванні наступного виїмкового стовпа.

**Висновки.** У статті розглянута технологія комбінованого способу охорони виїмкових штреків. Дослідно-промислове випробування запропонованого комбінованого способу показало, що його застосування при відпрацюванні пластів з середньо- і легкообвалюваною покрівлею дозволяє мінімізувати зону непружних деформацій масиву, значно зменшити економічні витрати на зведення охоронної смуги та поліпшити стан кріплення виробки.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Bondarenko V. and others Geomechanics of interference between the operation modes of mine working support elements at their loading // *Mining Science*, 2018. № 25. P. 219–235.
2. Круковский А.П. Изменение поля напряжений вокруг выработки с различными видами крепи при ее сохранении после прохода лавы // *Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАНУ. Днепропетровск*, 2015. № 121. С. 39-47.
3. Feng X., Zhang N. Position-optimization on retained entry and backfilling wall in gob-side entry retaining techniques // *Int. J. Coal Sci. Technol.* 2015. № 2. P. 186–195.  
<https://doi.org/10.1007/s40789-015-0077-y>
4. Круковский А.П., Круковская В.В., Кочерга В.Н. Влияние способа охраны выемочного штрека на устойчивость дегазационных скважин // *Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАНУ. Днепропетровск*, 2015. № 124. С. 16-31.
5. Tan Y.L. and others Design and construction of entry retaining wall along a gob side under hard roof stratum // *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 2015. № 77. P. 115–121.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijrmmms.2015.03.025>
6. Курносов С.А. и др. Влияние жесткости околострековых полос на конвергенцию контура выемочного штрека и состояние вмещающего массива // *Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАНУ. Днепропетровск*, 2015. № 121. С. 160-171.
7. Булат А.Ф. и др. Технологический регламент поддержания повторно используемых выемочных штреков комбинированными охранными системами. Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2009.
8. Спосіб охорони підготовчої виробки: пат. 92305 UA / Булат А.Ф., Курносов С.А., Смірнов А.В. та ін. № u 201402466, заявл. 12.03.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15/2014. 5 с.
9. СОУ-П 10.1-00185790-020:2012. Управління покрівлею і кріплення в очисних вибоях на вугільних пластах з кутом падіння до 35°, чинний з 2012-10-01. К, 2012. 150 с. (Стандарт Мінвуглепрому України).
10. Временная инструкция по охране выемочных выработок полосами из твердеющих материалов. М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1981. 20 с.
11. Розробка науково-технічних рекомендацій щодо параметрів спорудження пакетованої охоронно-ізолюючої смуги уздовж конвеєрного штреку № 166 при відпрацюванні пласта  $n_7^H$  «Сокальський» в умовах шахти «Лісова» та здійснення моніторингу стану штреку: Звіт про НДР(заключ.) № 0119U102950 // *ИГТМ НАН України; рук. Курносов С.А.; викон.: Сапегін В.М., Кібкало М.М., Опришко Ю.С.* Дніпро, 2018. 47 с. (Інв. № 8065).
12. Круковский А.П., Курносов С.А., Круковская В.В. и др. Определение рациональных параметров породно-анкерных и охранных конструкций на сопряжении лавы с выемочным штреком // *Сучасні технології в машинобудуванні, транспорті та гірництві: Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського. Кременчук*, 2016. № 4(99). С. 54-60.

#### REFERENCES

1. Bondarenko, V., Kovalevska, I., Symanovych, G., Sotskov, V. and Barabash, M. (2018), "Geomechanics of interference between the operation modes of mine working support elements at their loading", *Mining Science*, Vol. 25, pp. 219–235.



2. Krukovskiy, O.P. (2015), "Change of stress field around the mine working with different types of support which conserved after wall face driving", *Geo-Technical Mechanics*, no. 121, pp. 39-47.
3. Feng, X. and Zhang, N. (2015), "Position-optimization on retained entry and backfilling wall in gob-side entry retaining techniques", *Int. J. Coal Sci. Technol.*, no. 2, pp. 186–195  
<https://doi.org/10.1007/s40789-015-0077-y>
4. Krukovskiy, O.P., Krukovska, V.V. and Kocherga, V.N. (2015), "Effect of the gate road protection method for stability degasification wells", *Geo-Technical Mechanics*, no. 124, pp. 16-31
5. Tan, Y.L.; Yu, F.H.; Ning, J.G. and Zhao, T.B. (2015), "Design and construction of entry retaining wall along a gob side under hard roof stratum", *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, no. 77, pp. 115–121  
<https://doi.org/10.1016/j.ijmms.2015.03.025>
6. Kurnosov, S.A. [and others] (2015), "How the rib-side track rigidity impacts on the gate contour convergence and enclosing rock state", *Geo-Technical Mechanics*, no. 121, pp. 160-171.
7. Bulat, A.F. [and others] (2009), *Tekhnologichnyi rehlyament pidtrymky povtorno vykorystovuvanykh vyimkovykh shtrekiv kombinovanymu okhoronnyomu systemamy* [Technological regulations for maintaining and reusing mine workings by combined supporting systems], Dnipropetrovsk, Ukraine.
8. Bulat, A.F., Kurnosov, S.A., Smirnov, A.V., Vozianov, V.S., Tsykra, A.A., Zaderii, V.V. and Avierkin D.I. Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine (2014), *Sposib okhorony pidhotovchoi vyrobky* [The method of maintaining of mine working], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 92305.
9. Ukraine Ministry of Coal Industry (2012), *10.1-00185790-020:2012 Upravlinnia pokrivleiu i kriplennia v ochysnykh vyboiakh na vuhilnykh plastakh z kutom padinnia do 350. Kerivnytstvo* [COY-П 10.1-00185790-020:2012 Roof management and fastening in treatment faces on coal seams with an angle of incidence up to 35. Manual], Ukraine Ministry of Coal Industry, Kiev, Ukraine.
10. *Vremennaya instruktsiya po ohrane vyimochnykh vyrabotok polosami iz tverdeyuschiy materialov* [Temporal instruction on the protection of the extraction workings with bars from hardening materials](1981), IMW named by A.A. Skochynskiy, Moscow, SU.
11. *Rozrobka naukovo-tekhnichnykh rekomendatsii shchodo parametriv sporudzhenia paketovanoi okhoronno-izoluiuchoi smuhy uzdovzh konveiernoho shtreku № 166 pry vidpratsiuvanni plasta n<sup>7</sup> «Sokalskyi» v umovakh shakhty «Lisova» ta zdiisnennia monitorynhu stanu shtreku: Zvit pro NDR* [Development of scientific and technical recommendations in relation to the parameters of building of packing protectively-insulating bar along a belt entry № 166 at working off the n<sup>7</sup> «Sokalsky seam» in the conditions of mine «Lisova» and realization of monitoring of the condition of drift. Report about research work](2018), Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine.
12. Krukovskiy, O.P., Kurnosov, S.A., Krukovska V.V. [and others] (2016), "Determination of rational parameters for the rock-bolting and protective structures in the face end", *Suchasni tekhnologii v mashynobuduvanni, transporti ta hirnyctvi: Visnyk KrNU im. Mykhaila Ostrohradskoho*, no. 4(99). pp. 54-60

#### Про авторів

**Круковський Олександр Петрович**, член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, заступник директора інституту з наукової роботи, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАНУ), Дніпро, Україна, [igtm@ukr.net](mailto:igtm@ukr.net)

**Курносів Сергій Анатолійович**, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу проблем розробки родовищ на великих глибинах, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАНУ), Дніпро, Україна, [sakurnosov@gmail.com](mailto:sakurnosov@gmail.com)

**Буліч Юрій Юрійович**, магістр, науковий співробітник відділу механіки гірських порід, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАНУ), Дніпро, Україна, [igtm@ukr.net](mailto:igtm@ukr.net)

**Опришко Юрій Сергійович**, магістр, головний технолог відділу проблем розробки родовищ на великих глибинах Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (ІГТМ НАНУ), Дніпро, Україна, [joonp@yandex.ua](mailto:joonp@yandex.ua)

**Земляна Юлія Валеріївна**, магістр, головний технолог відділу механіки гірських порід, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАНУ), Дніпро, Україна.

**Яструб Руслан Ігоревич**, магістр, начальник зміни з виробництва шахти «Лісова» ДП «Львіввугілля», Червоноград, Україна.

#### About the authors

**Krukovskiy Oleksandr Petrovych**, Corresponding Member of NAS of Ukraine, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Deputy Director of the institute, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine, [igtm@ukr.net](mailto:igtm@ukr.net)

**Kurnosov Serhii Anatoliiovych**, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Mineral Mining at Great Depths, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine, [sakurnosov@gmail.com](mailto:sakurnosov@gmail.com)

**Bulich Yuriy Yuriiovych**, Master of Science, Researcher of Department of Rock Mechanics Department, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine.

**Opryshko Yuriy Serhiiovych**, Master of Science, Chief Technologist in the Department of Mineral Mining at Great Depths, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine, [joonp@yandex.ua](mailto:joonp@yandex.ua)

**Zemliana Yuliia Valeriivna**, Master of Science, Chief technologist in Department of Rock Mechanics Department, M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics NAS of Ukraine (IGTM, NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine.

**Yastrub Ruslan Ihorovych**, Master of Science, Chief of shift for the production of mine «Lisova», SE «Lvivvugillia», Chervonograd, Ukraine.

**Аннотация.** Технологический процесс выемки угольного пласта устраняет опору под подработанными породами кровли. В результате происходит их расслоение и возникает асимметрия нагрузки на крепь выработки, что отрицательно сказывается на ее состоянии. В ИГТМ НАН Украины разработан способ охраны выемочных штреков бетонной пакетированной полосой. Его преимуществами являются экономичность, устранение технологического зазора между полосой и кровлей, подача воды непосредственно в пакеты с сухой цементно-минеральной смесью. Бетонные охранные полосы, при всех их достоинствах, стоят дороже, чем деревянные. Поэтому их используют в основном при отработке угольных пластов с труднообрушаемыми кровлями. Если кровля относится к категории средне- и легкообрушаемых, максимальные нагрузки на охранную полосу меньше. Для таких условий разработан комбинированный способ охраны выемочных штреков. Идея способа заключается в чередовании участков из пакетов, наполненных быстротвердеющей минеральной смесью, и участков из деревянных брусьев, уложенных накатом. Целью данной работы было выполнение опытно-промышленных испытаний комбинированного способа охраны выемочных штреков. Эти испытания были осуществлены на шахте «Лесная» государственного предприятия «Львовуголь» при отработке угольного пласта «Сокальский». Для определения изменения напряжений сжатия в охранных полосах в них устанавливали измерители давления. Критерием оценки напряженного состояния накатной и пакетированной полос была их относительная вертикальная деформация. Измерения выполнялись на разном расстоянии от забоя лавы и на разных временных этапах твердения бетона. Были опробованы различные варианты длины и ширины участков с пакетированной полосой и участков из деревянных брусьев. Установлено, что рациональной является схема, при которой длина участков составляет 1,0-1,5 их ширины. Опытно-промышленные испытания предложенного комбинированного способа показали, что его применение при отработке пластов с средне- и легкообрушаемой кровлей позволяет минимизировать зону неупругих деформаций массива, значительно уменьшить экономические затраты на возведение охранной полосы и улучшить состояние крепи выработки.

**Ключевые слова:** сопряжение «лава-штрек», напряженно-деформированное состояние, охранные конструкции, бетонная пакетированная полоса.

**Annotation.** Technological process of the coal seam mining requires removing of supports installed under the worked-out rocks in the roof, which leading, as a result, to their stratification and asymmetric load on the mine working support, which negatively affects its condition. The IGTM of NAS of Ukraine developed a method for supporting the gate roadways by a concrete packed supporting wall. Among its advantages are profitability, no technological gap between the wall and the roof, water supply directly to the packages with dry cement-mineral mixture. Concrete supporting walls, for all their merits, are more expensive than the wooden ones. Therefore, they are used mainly for mining coal seams with hard-to-caving roofs. If the roof is classified as medium- and easy-to-caving, maximum load on the supporting wall is less. For such conditions, a combined method was developed for supporting the gate roadways. The idea of the method is to alternate sections of packages filled with quick-hardening mineral mixture, and sections of wooden bars stacked in layers. The aim of this research was to conduct experimental and in-field tests of this combined method for supporting the gate roadways. These tests were carried out during mining the Sokalsky coal seam in the Lesnaya Mine of the Lvivugol Public Company. In order to determine change of compression stresses in the supporting walls, pressure gauges were installed in them. The criterion for assessing the stress state of the wall stacked in layers and packed wall was their relative vertical deformation. The measurements were carried out at different distances from the longwall face and at different stages of concrete hardening. Sections with packed wall and sections with wooden bars with different length and width were tested. As a result, it is established that rational scheme is that in which length of the section is 1.0-1.5 of its width. The experimental and in-field tests of the proposed combined method have shown that its use at mining formations with medium- and easy-to-caving roof allows minimizing an area with inelastic deformations of the massif, significantly reducing economic costs of erecting the supporting walls and improving condition of the mine working support.

**Keywords:** longwall-face conjugation, stress-strain state, supporting constructions, concrete packed wall.

*Стаття надійшла до редакції 5.02. 2020*

*Рекомендовано до друку д-ром техн. наук С.І. Скіпочкою*