

В.В. Левіт
В.І. Каменець
Д.О. Чеботенко
О.О. Масик

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ І ПІДТРИМАННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК НОВИХ ВУГІЛЬНИХ БЛОКІВ ПРАТ «ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ПОКРОВСЬКЕ»

Мета. Аналіз виробничого досвіду, науково-технічних розробок і оцінка перспектив впровадження нових та удосконалення випробуваних технологій проведення і підтримання гірничих виробок та покращення організації цих процесів.

Методика. Використано методи аналізу накопиченого виробничого досвіду проведення і підтримання гірничих виробок, організації відповідних робіт в Україні та світі, науково-технічної літератури та даних обстеження та спостереження за станом об'єктів.

Результати. Розглянуто поточні технології проведення капітальних та виїмкових виробок комбайновим та буропідричним способом, способи та засоби забезпечення збереження стійкості виробок в період проходки та експлуатації, а саме системи кріплення, додаткові заходи щодо підтримання гірничих об'єктів та споруд. Оцінено можливості самого підприємства та підрядних організацій з точки зору використання, зокрема, при будівництві нових вугільних блоків ПРАТ «Шахтоуправління «Покровське». Обґрунтовано можливість застосування добре відомих раніше, але незаслужено забутих низьковитратних додаткових заходів із збереження стійкості приконтурного масиву та конструкцій кріплення. Ці можливості будуть реалізовані в ході відбудови вугільної галузі після перемоги над агресором.

Наукова новизна. Узагальнено результати аналізу технологій проведення і підтримання капітальних та дільничних гірничих виробок, накопиченого виробничого досвіду і науково-технічних розробок, організації відповідних робіт стосовно нових вугільних блоків ПРАТ «Шахтоуправління «Покровське».

Практична значимість. Виконано обстеження та спостереження за станом гірничих виробок нових вугільних блоків на базі вітчизняного та зарубіжного виробничого досвіду, оцінено рівень організації відповідних видів робіт, надано рекомендації щодо подальшого розвитку з огляду на майбутню розбудову вугільної галузі.

Ключові слова: підготовчий вибій, комбайн вибірної дії, технологія спорудження, механічне руйнування, комбіноване кріплення, буровибухова технологія, додаткові заходи

Вступ.

ПРАТ «Шахтоуправління «Покровське» є головним активом групи «Метінвест Покровськвугілля» і флагманом в Україні з видобутку коксівного вугілля, запаси його перевищують 200 млн тон. У 2022 році всупереч повномасштабній агресії РФ та близькості лінії фронту райони видобуток сягнув 5,3 млн тон. Потужне вугледобувне підприємство здійснює шахтне будівництво. Збудовано та введено в дію блок № 10, завершуються гірничобудівельні роботи у блоці № 11, а саме, будівництво приствольного двору горизонту 930 м і вже ведуться очисні роботи. У 2021 році відбувся старт оснащення проходки стволів блоку №12. Проектний термін будівництва блоку складає 12 років, його введення спрямовано на збереження рівня видобутку затребуваного коксівного вугілля з 30-х років [1, 2]. Наразі проект заморожений. Отже, підготовчі та очисні роботи зосереджені, головним чином у

блоках №№10 та 11, будівництво та експлуатація яких відбувається у вельми складних гірничо-геологічних умовах, які погіршуватимуться з поновленням після перемоги спорудження блоку № 12, де глибина гірничих робіт сягне 1500 м.

Також складні умови ведення гірничих робіт у резервному донедавна блоці №1, де робочий пласт має мінімальну потужність 0,45 м.

Тому вже зараз треба оптимізувати технології та організацію робіт з проведення та підтримання як підготовчих, так і капітальних виробок основних нових блоків. Цими обставинами обумовлена актуальність проблеми з наукової та практичної точки зору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Науковим та прикладним сторонам означеної проблеми, зокрема у

Покровському вуглепромислового району, присвячена низка робіт [3,4,6]. Проте очевидна необхідність узагальнення свіжого виробничого досвіду проведення та підтримання виробок і організації цих напрямків робіт для оцінки перспектив інноваційних технологій у поточний момент та на повоєнний період відбудови та модернізації національної видобувної промисловості.

Буровибуховий метод проходки досить часто, як вважає частина дослідників і практиків, стає невіддільним для руйнування твердих порід на великих глибинах. Китайськими дослідниками було проведено промисловий експеримент [5]. Механічне виймання за допомогою прохідницького комбайна EBZ160TY було випробувано на вибої з твердою породою та високим рівнем напружень в масиві порід. Процедура роботи та продуктивність прохідницького комбайна були записані та проаналізовані. Результати показали, що прохідницький комбайн EBZ160TY з розрахунковою міцністю руйнування 80 МПа показав напорчуд хорошу продуктивність у твердій породі з міцністю 148 МПа і зажадав менше витрат порівняно з буропідричним методом. Висока напруженість зіграла позитивну роль у поліпшенні його працездатності. При відносно слабкій дії прохідницького комбайна висока напруженість гірського масиву ініціює деформації навколишніх гірських порід до плинності та дозволяє енергії напруження – деформації трансформуватися в енергію руйнування породи. При поштовхах та обертанні прохідницького комбайна спостерігається структурна нестабільність замкнутого високонапруженого агрегату частинок, крім руйнування породи внаслідок механічного зношування. Результати показують хороші перспективи застосування прохідницького комбайна у руйнуванні твердих порід, особливо на глибоких горизонтах.

В той же час, більшість польових виробок нових блоків споруджено за буропідричною технологією, але доля комбайнового проведення зростає по мірі оновлення парку прохідницьких комбайнів, замість масових КСП-42(43) почалася експлуатація надважких машин П-315 та EBZ-260Н. Актуальною є розробка сучасних технологічних схем проведення виробок.

Підтримання виробок також має бути оптимізоване, насамперед за рахунок сучасних комбінованих систем кріплення, застосування додаткових заходів із збереження стійкості вмшуючого масиву та конструкцій кріплення [7,8,9], впровадження систем моніторингу їх стану [12], покращення проектування.

Методи досліджень.

Використовувалися методи аналізу накопиченого виробничого досвіду щодо проведення та підтримання гірничих виробок в шахтоуправлінні «Покровське», Покровському геолого-промислового району, а також сучасних світових тенденцій, які відображені у науково-технічній літературі, стосовно перспективи їх використання в Україні у повоєнний період. Спільно з маркшейдерською службою ТОВ «Шахтобудівельна компанія» було проведено обстеження стану гірничих виробок блоків №№10, 11 на етапах спорудження та експлуатації.

Результати дослідження та обговорення результатів.

Шахтоуправління «Покровське» розробляє пласт d_4 (потужністю 0,4 – 2,4 м) на шахтному полі розмірами 13 км по падінню пласта на 19 км по простяганню. Площа гірничого відводу – 28 тис. га. Виокремлені чотирнадцять блоків дуже відрізняються за розмірами, запасами вугілля, глибиною робіт та гірничо-геологічними умовами, рис. 1. Основні гірничо-капітальні, підготовчі та очисні роботи концентруються у блоках №№10 та 11 і відбуваються у складних умовах.

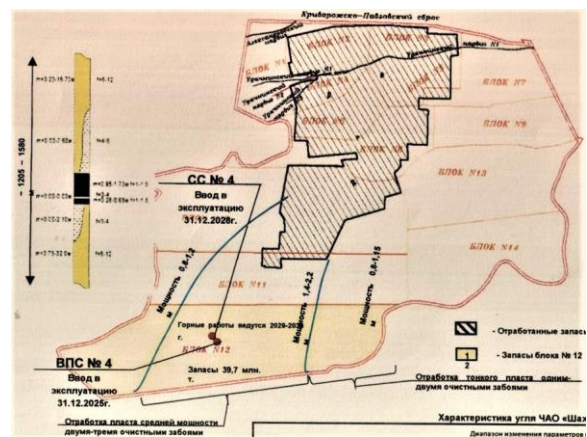


Рис. 1. Схема шахтного поля

Обстеження стану виробок цих блоків виявило характерні деформації породного контуру та кріплення. Результати фотофіксації, до прикладу, стану конвеєрного штреку 6 лави південної панелі блоку №10 наведено на рис.2-6.



Рис. 2. Скручування СВП стояків та руйнація міжрамних стяжок



Рис. 3. Руйнація замків піддатливості з розривом хомутів

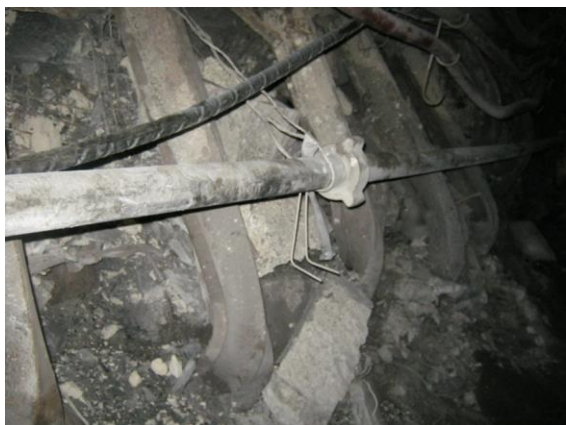


Рис. 4. Скручування та вигин стояків з витисканням породних стінок



Рис. 5. Щойно встановлені рами кріплення у вибої



Рис. 6. Деформовані верхняки рамного кріплення поблизу привибійної зони

Зрозуміло, що такі деформації заважають ритмічній роботі дільниць і призводять до відволікання персоналу для усунення порушень в умовах нестачі кваліфікованих кадрів. Але ситуація виправляється за рахунок підготовки гірників необхідних професій та комплектації нових бригад.

Стосовно організації та структури гірничо-підготовчих робіт, шахтоуправління має наразі 15 прохідницьких бригад, частина з яких знаходиться в процесі формування та комплектації паралельно з виконанням робіт. Також задіяні 9 бригад підрядних організацій, 5 з яких у структурі ТОВ «Шахтобудівельна компанія». Приблизний обсяг проведення своїми силами та із залученням підрядників розподіляється, як 60% на 40%. Ремонтом гірничих виробок опікуються дві спеціалізовані бригади дільниць РГВ, але їх потужностей не вистачає, тому доводиться за необхідності залучати до ремонту, перекріплення та підривання підшви прохідників, гірників дільниць конвеєрного та інших видів

шахтного транспорту. В разі потреби бригадам надається спеціалізована техніка.

Велика кількість прохідницьких бригад свідчить про роботу на перспективу, активну підготовку фронту очисних робіт, що дорогого варте в поточних умовах воєнного стану.

Розглянемо технології проведення.

Поряд з численним парком прохідницьких комбайнів КСП-42(43) на підготовчих роботах з 2019 року задіяні цілеспрямовано створені спільно з Новокраматорським машинобудівним заводом комбайни надважкого типу (маса 105 т) П-315. Проте під час експлуатації виявлена низка конструктивних недоліків, які спричиняють недостатню надійність у роботі. До того ж цей комбайн є доволі громіздким для більшості споруджуваних виробок за перетином та мінімальною висотою. Над усуненням проблем працюють сумісно розробники та експлуатанти. У 2022 році почалося успішне застосування нових комбайнів EBZ-260H світового виробника SANYI (Китай) також надважкого типу (маса 85 т), рис. 7. Відгуки прохідницьких дільниць позитивні, тому, вірогідно, парк цих комбайнів збільшуватиметься.

Наразі темпи проведення комбайновим способом складають 250-270 м/міс за відсутності серйозних ускладнень, при буропідривному способі – 80-110 м/міс.

Довжина підготовчих виробок сягає 2700 м, при цьому через 1000 м проводяться збійки між конвеєрними та вентиляційними штреками

Значний обсяг проведення виконується також буропідричним способом, насамперед це капітальні польові виробки, протяжні виробки та камери приствольних дворів. Але також і виїмкові дільничні виробки, рис. 8, 9. Використовується добре перевірена техніка і технологія, але і тут парк обладнання поступово треба оновлювати. На початку 2023 року фахівці шахтоуправління завершили монтаж та налаштування двох сучасних буронавантажувальних машин БПР, загальний вигляд їх представлений на рис. 10. Техніка надійшла на підприємство майже перед самим повномасштабним вторгненням РФ, проте лише зараз її застосовують на одній з найскладніших прохідницьких дільниць.

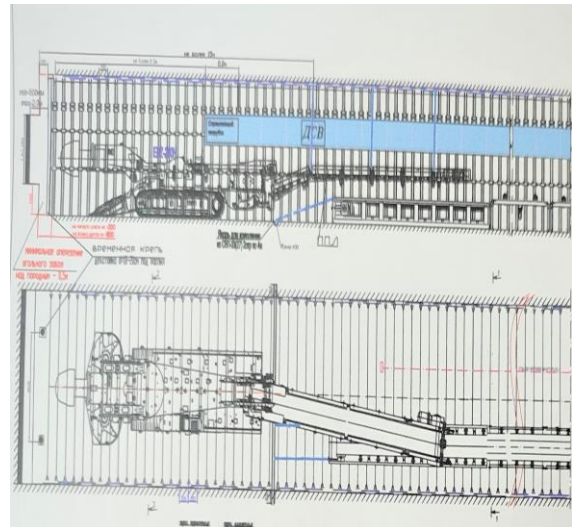


Рис. 7. Проведення штреку блоку №11 комбайном EBZ260H

Ці буронавантажувальні машини, які випускає ДТЕК Енерго, на підприємстві прийняли наприкінці грудня 2022-го. Одну з них одразу склали та відправили в шахту. Проте із початком війни задля безпеки обладнання його розібрали на основні вузли і її відправили на зберігання до Дніпропетровської області.

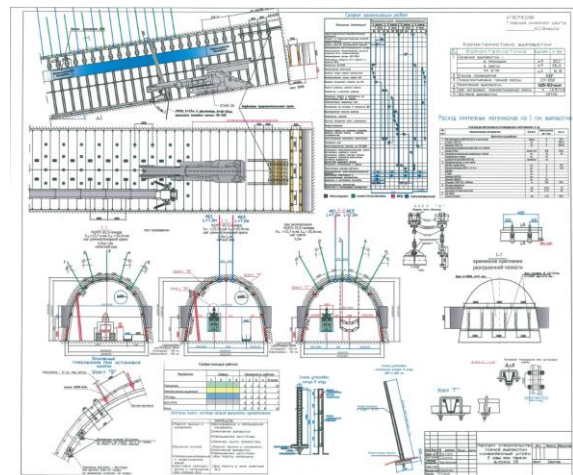


Рис. 8. Паспорт проведення за БПР технологією з машиною 2ПНБ-2Б

Машина призначена для завантаження гірської маси, що була зруйнована буровибуховим способом, у вагонетки, на конвеєр або в інші шахтні транспортні засоби при проведенні горизонтальних і похилих гірничих виробок перерізом у просвіті від 8 м² у шахтах, що є небезпечними через газ і пил, а також для механізації процесів буріння шпурів діаметром 42 мм у породах міцністю $B_{ст}$

≤ 112 МПа з буровою головкою обертальної дії та $\sigma_{ст} \leq 224$ МПа – ударно-обертальної дії. Бурунавантажувальні машини передані на дільницю ПР-3.

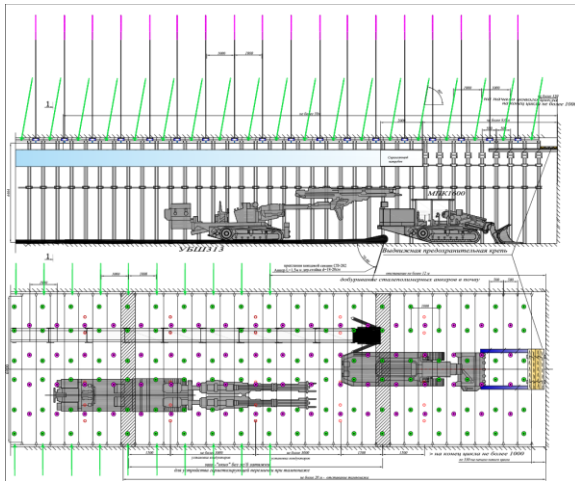


Рис. 9. Фрагмент паспорту проведення за БПР технологією з машинами УБШ-313 та МПК-1600

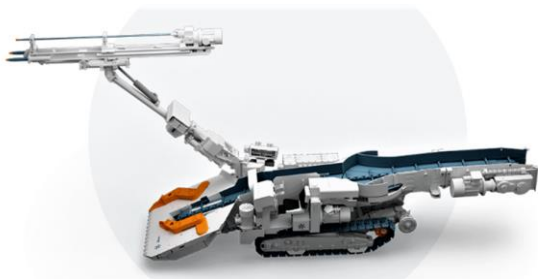


Рис. 10. Бурунавантажувальна машина БПР

Їх застосовують на повітроподавальному хіднику блоку 6/1. На цьому відрізку шахтного поля – складне гірничо-геологічне порушення – Удаченський насув – з великим газовиділенням, тому вести прохідницькі роботи за допомогою комбайна неможливо.

У зв'язку з відсутністю на ринку України потужних запобіжних вибухових матеріалів внаслідок агресії РФ, Шахтоуправління «Покровське» уклало Договір про постачання цієї номенклатури з польським концерном NITROERG. Вибухові матеріали EMULINIT PM та Метаніт Е7Н включені до Переліку вибухових матеріалів допущених до постійного застосування на шахтах України згідно діючих нормативів. Можливе і використання засобів ініціювання того ж виробника [15].

Також актуальне обґрунтування, перевірка та можливе впровадження новітньої конструкції врубу при проведенні виробок по міцним породам, яка розроблена та запропонована ДонВУГІ [14]. Передбачається використовувати в якості врубу групу свердловини кількістю 2-4 шт. і діаметром $\varnothing 250-300$ мм, які розташовуються в центрі поперечного перетину виробки, мають довжину на 0,5 м більшу довжини шпурів, рис. 11. Заряд ВР в них не розміщується. Буріння свердловин має здійснюватися потужною бурильною установкою з гідравлічним приводом. Ефект має досягатися за рахунок наявності у момент підірвання шпурових зарядів першої серії додаткових відкритих поверхонь, що дозволить покращити умови руйнування обуреного об'єму породи у заходці та уникнути затискання породи в центральній частині перетину.

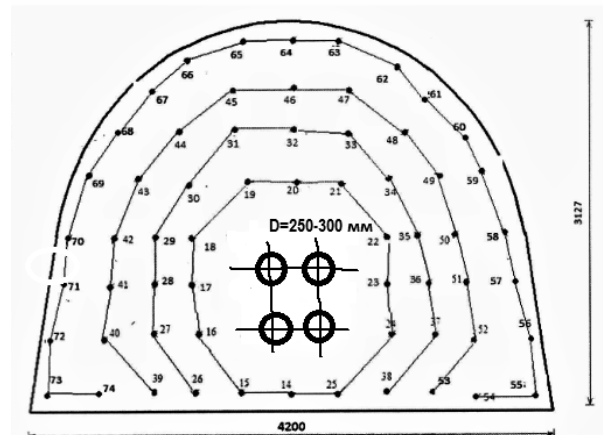


Рис. 11. Свердловинний вруб без заряду ВР у польовій виробці

Але ця пропозиція потребує ретельного розрахунку параметрів для умов нашого підприємства та експериментальної перевірки з проведенням дослідних підірвань за тимчасовими паспортами БПР. В разі позитивного результату можна буде отримати економію у витраті ВР та засобів ініціювання, а також у поліпшенні рівномірності фракції зруйнованої породи з полегшенням процесу навантаження.

Очевидно, впровадження техніки і технології нового технічного рівня дозволить спростити багатопозиційні графіки організації робіт для циклічної буровибухової технології, рис. 12.

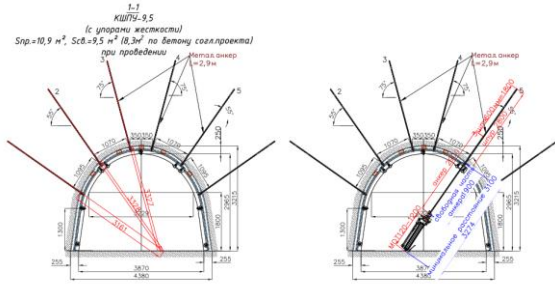


Рис. 16. Встановлення анкерів комбінованого кріплення у хіднику складу ВМ

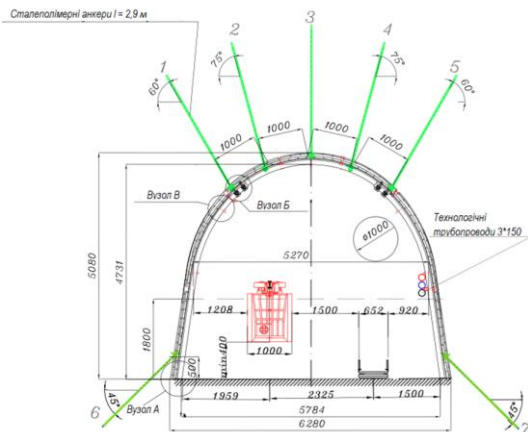


Рис. 17. Комбіноване кріплення протяжної виробки на базі КШП-КД-22

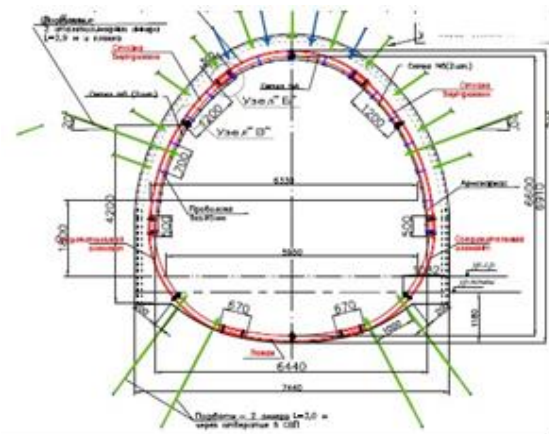


Рис. 18. Жорстке оvoidне кріплення МКЗО вантажної та порожнякової гілок приствольного двору гор. 930 м.

Гостро стоїть проблема численних та інтенсивних деформацій породного контуру та рамного піддатливого кріплення ще до підходу лав, а надалі ситуація ще погіршується. Відбуваються великі обсяги ремонтів, переукріплення та підривання порід підшви, які витискаються у порожнини виробок.



Рис. 19. Елементи рам та анкери зворотного склепіння перед бетонуванням

Шукати рішення іноді доводиться у минулому і повертатися до відомих рішень на сучасному рівні. Співробітниками кафедри розробки родовищ корисних копалин ДонНТУ свого часу було розроблено спосіб забезпечення стійкості виїмкових виробок за рахунок просторово-жорсткого погодження роботи арочного кріплення за допомогою використання жорсткості балки як компенсатора різношвидкісного деформування сусідніх комплектів кріплення, рис. 20 [16].

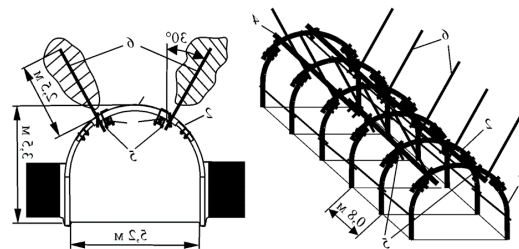


Рис. 20. Схема конструкції подвійного поздовжньо-балкового підсилювального кріплення: 1 – ніжка кріплення, 2 – верхняк; 3 – криволінійний сегмент відрізка (СВП-27) 4 – подовжня балка з двотавра №14; 5 – елементи кріплення балки до верхняка кріплення; 6 – анкери сталеполімерні

За ініціативою дільниці ПР-1 було проведено дослідно-промислове випробування підсилюючого кріплення на експериментальній ділянці підготовчої споруджуваної виробки – 11 північного конвеєрного штреку блоку 10. Результати наведені на рис. 21 (експериментальна ділянка) та 22 (контрольна ділянка).



Рис. 21. Подвійне поздовжньо-балкове підсилювальне кріплення з СВП27



Рис. 22. Деформація рам кріплення на контрольній ділянці

Захід виявився не надто витратним, тому що для поздовжніх балок використовувався відновлений профіль СВП-33, але досить ефективним. Також свою роль відіграють анкери, забурені у породу крізь отвори у дні профілю балок згідно з паспортом, рис. 23. Додатково встановлювалося віяло анкерів проміж рамами. Стан виробки на дослідній ділянці значно кращий, суттєвих деформацій елементів кріплення не зафіксовано.

Зрозуміло, що головним обмеженням, складністю та ризиком у реалізації масштабних інвестиційних проектів Метінвест Холдингу на підприємствах ПРАТ «МЕТІНВЕСТ ПОКРОВСЬКВУГІЛЛЯ», зокрема, й ПРАТ «Шахтоуправління «Покровське», є бойові дії та військовий стан внаслідок повномасштабної агресії РФ.

Але всі підприємства на контрольованій території продовжують

працювати, інвестиції не призупинені, за винятком блоку № 12.



Рис. 23. Анкерування покрівлі та поздовжні балки на експериментальній ділянці

Після перемоги відкриються перспективи подальших досліджень та розширяться галузі їх впровадження.

Висновки.

Впровадження нової гірничо-прохідницької та багатофункціональної техніки для підтримання виробок, вдосконалених технологій спорудження підготовчих та капітальних виробок, прогресивної організації робіт на основі новітніх світових і вітчизняних розробок, модернізації існуючого обладнання, є запорукою стабільної, наскільки це можливо в умовах воєнного часу та близькості фронту, роботи у нових вугільних блоках Шахтоуправління «Покровське». Безперечно, потрібно вже зараз планувати роботу з відбудови вуглевидобувної галузі нашої країни, що, очевидно, буде неможливо без участі держави та допомоги міжнародних партнерів України після перемоги над агресором у визвольній війні.

Список літератури

1. Проект «Розкриття та підготовка запасів блоку №11 ПРАТ «ШУ «Покровське». Нове будівництво. с. Пішане, Донецької області. Управління проектно-вишукувальних робіт ТОВ «ШСП №3». Зі змінами 2022 р.
2. Проект «Розкриття та підготовка запасів блоків №12 ПРАТ «ШУ «Покровське». Нове будівництво. с. Зелене, Донецької області. Управління проектно-вишукувальних робіт ТОВ «ШСП №3». Зі змінами 2021 р.
3. Сдвижкова Е.А., Кравченко К.В., Халимендик А.В. и др. (2011). Анализ проявлений горного давления при проведении протяженных

выработок в районе мелкоамплитудных геологических нарушений (на примере уклона блока №10 ШУ «Покровское»). *Наукові праці УКРНДМІ НАН України. Випуск 9 (частина 1)*. Донецьк, УКРНДМІ НАН України, 269–281.

4. Кусень О.Б., Назимко В.В., Яйцов О.О. (2018). Вдосконалення конструкції рамно-анкерного кріплення сумісного опору. *Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. пр. ІГТМ НАН України*. Дніпро. Вип. 141, 124-133. <https://doi.org/10.15407/geotm2018.141.124>

5. Zi Long Zhou, Xi Bing Li, Guo Yan Zhao, Zhi Xiang Liu, Guang Ju Xu. (2011). Excavation of High-Stressed Hard Rock with Roadheader. *Applied Mechanics and Materials* 52-54. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMM.52-54.905

6. Kamenets V, Kobylianskiy O., Fedalchenko M. (2018). Development of the mine workings construction technologies at the Krasnoarmiisk coal industrial area mines. International Scientific and Technical Internet Conference “Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing”. Book of Abstracts. Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing. 129–131.

7. Солодянкин, А.В., Выгодин, М.А., Кравченко, К.В., Прокудин, А.З. (2016). Обоснование рациональных параметров технологии тампонажа закрепного пространства. *Вісті Донецького гірничого інституту. Донецький Національний технічний університет. Вип. 1*. 22–29. Покровськ: ДонНТУ. 2016

8. Назимко, В.В., Ильяшов, М.А., Яйцов, А.А., Демченко, А.И. (2007). Совершенствование комбинированной рамно-анкерной крепи подготовительных выработок. *Разработка рудных месторождений. Труды КГТУ*. Кривой Рог: КГТУ. Вып. 91. 76–79.

9. Kang, H. (2014). Support technologies for deep and complex roadways in underground coalmines: a review. *Int. J. Coal Sci. Technol.* 1, 261–277. <https://doi.org/10.1007/s40789-014-0043-0>

10. Solodyankin, O., Napieiev, S., Vygodin, M. and Yanko, V. (2017). Energy Efficient Technologies to Support Mine Workings under Complicated Geomechanical Conditions. *Advanced Engineering Forum* ISSN: 2234-991X. Pol. 23. Trans Tech Publications Ltd. Switzerland. 33-42. doi:10.4028/www.scientific.net/AEF.25.35

11. 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. 67-74. <https://doi.org/10.15802/btrp2018/151908>

12. Ficek, P., Kuczowicz, K, Wrobel, S. and Rotkege M. (2019) Load Capacity of steel arches with shotcrete coating. *E3S Web of Conferences* 133, 02006. AG 2019 – 5-th International Conference on Applied Geophysics. 1-10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913302006>

13. Dyczko, A., Kamiński, P., Jarosz, J., Rak, Z., Jasiulek D. and Sinka, T. (2022). «Monitoring of Roof Bolting as an Element of the Project of the Introduction of Roof Bolting in Polish Coal Mines-Case Study» *Energies* 15, no. 1: 95. <https://doi.org/10.3390/en15010095>

14. СОУ-П05.1.00185790.023:2012 «Розкривні і підготовчі виробки виїмкових дільниць, що працюють по стовповій, суцільній та комбінованій системах

розробки. Технологічні схеми їх швидкісного проведення буропідричним способом».

15. Piotr Mertuszka, Boguslaw Cenian, Bartłomiej Kramarczyk, Witold Pytel. Influence of Explosive Charge Diameter on the Detonation Velocity Based on Emulinit 7L and 8L Bulk Emulsion Explosives. Article in *Central European Journal of Energetic Materials* -June 2018. DOI: 10.22211/cejem/78090. 351-363.

16. Бондаренко Ю.В., Татяненко А.Г., Соловьев Г.И., Захаров В. С. (1998) Разработка математической модели процесса деформирования контура выработки при использовании каркасной крепи усиления. *Известия Донецкого горного института*. №2. 92-97. Донецк. 1998.

References

1. «Projekt rozkryticia ta pidgotovki zapasiv bloku No. 11 PRAT «ShU «Pokrovske»». Nove budivnytstvo. s. Pischane, Donetskoj oblasti. Upravlinnia proektno-vyshukovalnykh robot TOV «ShSP No. 3». Zi zminany 2022 r.

2. «Projekt rozkryticia ta pidgotovki zapasiv bloku No. 12 PRAT «ShU «Pokrovske»». Nove budivnytstvo. s. Zelene, Donetskoj oblasti. Upravlinnia proektno-vyshukovalnykh robot TOV «ShSP No. 3». Zi zminany 2021 r.

3. Sdvizhkova E.A., Kravchenko K.V., Khalymendyk A.V. i dr. (2011). *Analiz proyavlenii hornogo davleniia pri provedenii protiazhionnykh vyrabotok v raione melkoamplitudnykh geologicheskikh narushenii (na primere uklona bloka No. 10 ShU «Pokrovske»)*. Naukovi pratsi UkrNDMI NAN Ukrainy. Vypusk 9 (chastyna 1). Donetsk, UkrNDMI NAN Ukrainy. 269-281.

4. Kusen O.B., Nazymko V.V., Yaitsov O.O. (2018). *Vdoskonalennia konstruktssii ramno-ankernogo kriplennia sumisnoho oporu*. Geotekhnichna mekhanika: Mizhvid. zb. nauk. pr. IGTM NAN Ukrainy. Dnipro. Vyp. 141. 124-133. <https://doi.org/10.15407/geotm2018.141.124>

5. Zi Long Zhou, Xi Bing Li, Guo Yan Zhao, Zhi Xiang Liu, Guang Ju Xu. (2011). Excavation of High-Stressed Hard Rock with Roadheader. *Applied Mechanics and Materials* 52-54. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.52-54.905> <https://doi.org/10.1088/1755-1315/970/1/012035>

6. Kamenets, V., Kobylianskiy, O., Fedalchenko, M. (2018). Development of the mine workings construction technologies at the Krasnoarmiisk coal industrial area mines. International Scientific and Technical Internet Conference “Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing”. Book of Abstracts. Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing. 129–131.

7. Solodyankin, A.V., Vygodin, M.A., Kravchenko, K.V., Prokudin, A.Z. (2016). *Obosnovanie ratsionalnykh parametrov tehnologii tamponazha zakrepnogo prostranstva*. Visti Donetskogo girnychoho instytutu. Donetskii Natsionalnyi tehnicnyi universytet. Vyp. 1. 22–29.

8. Nazimko, V.V., Ilyashov, M. A., Yaitsov, A.A., Demchenko, A.I. (2007). *Sovershenstvovanie kombinirovannoi ramno-ankernoi krepki podgotovitelnykh vyrabotok*. Razrabotka rudnykh mestorozhdeniy. Trudy KGTU. Krivoy Rog: KGTU. Vyp. 91. 76–79.

9. Kang, H. (2014). Support technologies for deep and complex roadways in underground coalmines: a

Levit Viktor – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Geotechnical Engineering, SHEI «Donetsk National Technical University», (Lutsk, Ukraine).

E-mail: viktor.levit@donmtu.edu.ua

Kamenets Viacheslav – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mining, LLC Technical University «Metinvest Polytechnic», (Zaporizhzhia, Ukraine).

E-mail: viacheslav.kamenets@mipolytech.education

Chebotenko Denys – mining engineer, deputy director for production of «Mining and Construction Company» LLC (Pokrovsk, Ukraine).

Email: chebotenkodenis@gmail.com

Masyk Oleksandr – master of mining, leading specialist of the production department of «Mining and Construction Company» LLC (Pokrovsk, Ukraine).

Email: masik.aleksander@gmail.com