

**МЕТОДИКА СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ДЕФОРМАЦІЄЮ АРОЧНОГО
КРІПЛЕННЯ ПРИ ВЕДЕННІ ГІРНИЧИХ РОБІТ
ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ГІРНИКІВ**

Безпечність проведення робіт завжди є пріоритетним напрямком. В умовах проведення гірничих робіт на теперішній час в складних гірничо-геологічних умовах, коли глибина розробки більшає, це питання вирішується непросто. Охоронні споруди і кріплення, які стоять на сторожі безпеки ведення гірничих робіт, повинні перебувати під пильним контролем. Це дозволить зменшити обсяги ремонтних робіт та завчасно попередити про небезпеку робітників. На основі натурних шахтних спостережень за деформацією аркового кріплення підготовчих виробок, що знаходяться в зоні ведення очисних робіт, з використанням методом лінійної інтерполяції отриманих даних була запропонована методика натурних спостережень. Для вирішення поставленої задачі були проведені натурні дослідження в умовах шахти «Ювілейна» ДП ДХК «Павлоградвугілля». Отримані дані були опрацьовані, побудовані графіки деформації, графіки зміни параметрів виробки з часом, виконаний необхідний аналіз отриманих даних і розроблена методика шахтних спостережень. Наукова новизна полягає у забезпеченні нового представлення залежності впливу опорного тиску на швидкість проходження деформаційних процесів, що позначається на зміні перетину виробки, зміні первісних даних розмірів висоти і ширини виробки. Практична значимість полягає в отриманні результатів впливу очисних робіт на зміну робочого перерізу виробки. Зміна швидкості деформування значень висоти виробки опосередковано характеризує зони опорного тиску. Отримані параметри результатів деформування можливо використовувати в чисельному моделюванні деформації бічних порід і в подальшому прогнозуванні небезпечних станів, зумовлених проявами опорного тиску у зоні впливу очисних робіт.

Ключові слова: підготовча виробка, методика виміру параметрів, деформація аrochenого кріплення, швидкість деформування, перетин виробки.

O.P. Kohtieva, O.I. Serhienko, N.B. Mitina, A.S. Belikov. Methodology of observations during work in conditions of deformation of arch support to improve the safety of workers. Safety of works is always a priority. In the conditions of mining operations at present in difficult mining and geological conditions, when the depth of development increases, this issue is not easy to solve. Protective structures and supports, which guard the safety of mining operations, should be under close control. This will reduce the amount of repair work and warn workers about the danger in advance. On the basis of full-scale mine observations of the deformation of the arch support of the preparatory workings located in the area of cleaning works, using the method of linear interpolation of the obtained data, a method of full-scale observations was proposed. To solve this problem, field studies were carried out in the conditions of the Yubileynaya mine of the Pavlogradugol State Enterprise. The obtained data were processed, deformation graphs,

¹ аспірант, інженер I кат., Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро, ORCID: 0000-0001-7282-8243, 200483leo@gmail.com

² канд. техн. наук, доцент, Донецький національний технічний університет, м. Луцьк, ORCID: 0000-0002-3786-342X, kirova142@ukr.net

³ канд. техн. наук, доцент, Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро, ORCID: 0000-0002-5384-7040, natalimitina0000@gmail.com

⁴ д-р техн. наук, професор, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, м. Дніпро, ORCID: 0000-0001-5822-9682, belikov@pdaba.edu.ua

graphs of changes in the parameters of the workings over time were built, the necessary analysis of the data obtained was performed and the methodology of mine observations was developed. The scientific novelty consists in providing a new representation of the dependence of the bearing pressure on the rate of deformation processes, which affects the change in the cross-section of the workings, the change in the initial data of the dimensions of the height and width of the workings. Practical significance lies in obtaining the results of the impact of cleaning works on the change of the working cross-section of the workings. The change in the deformation rate of the values of the height of the workings indirectly characterizes the bearing pressure zones. The obtained parameters of the deformation results can be used in the numerical modeling of the deformation of the side rocks, and in the further prediction of dangerous conditions caused by the manifestations of the bearing pressure in the zone of influence of the cleaning works.

Key words: preparatory workings, method of measuring parameters, deformation of arch support, deformation rate, cross-section of the workings.

Постановка проблеми. В складних гірничо-геологічних умовах питання безпеки для працівників залишається актуальним, як і завжди. Обґрунтування параметрів штучних охоронних споруд, з точки зору геомеханіки, дозволить зменшити терміни і заощадити кошти на підготовку нових виїмкових дільниць, зменшити собівартість вугілля, підвищити рентабельність видобувного підприємства.

Проведення гірничих виробок є одним із проблемних питань всієї вугільної промисловості України. Питання своєчасної підготовки нової лінії очисних вибоїв на шахтах займають перше місце. Очисні вибої в даний час обладнані сучасною технікою, що дозволяє їм посуватися зі швидкістю 100-150 метрів на місяць при довжині лави 275-310 метрів. Тому існує відома проблема по підготовці нових лав, що може приводити до скорочення діючої лінії очисних вибоїв, втратам видобутку вугілля і, як наслідок, до зниження прибутку від реалізації вугілля. Втрачаються кошти не тільки на заробітну плату, але й, що саме головне, на технічне переозброєння шахти, капітальне будівництво, соціальні програми.

Під стійкістю шахтної виробки мається на увазі її здатність перебувати протягом певного проміжку часу в нормальному експлуатаційному стані [1]. Основні функції охоронних споруд полягають у наступному: зменшити вплив гірського тиску на кріплення виробок, значно скоротити обсяги ремонтних робіт, а також забезпечити безпечне ведення гірничих робіт. Існує безліч способів і засобів охорони виробок. Проте не в усіх способах враховуються особливості геомеханічних процесів, які протікають у вуглепородному масиві. Тому це питання є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У натурних (шахтних) умовах за допомогою різних приладів визначають величини зсуву гірських порід, напруження у гірському масиві та навантажень на кріплення та інші природні та штучні споруди. До натурних відносяться також візуальний та непрямий методи.

Метод фотофіксації дає якісну оцінку зсувів на контурі виробки. Спроби застосування цього методу для отримання кількісної оцінки зсувів як у нашій країні, так і за кордоном, не дали позитивних результатів через складність відшукування нерухої точки в перерізі виробки для наведення на неї видошукача фотоапарата [2].

Автори цих досліджень [3] для випробування замків підвищеної несучої здібності на певних ділянках виробки встановлювали наглядні станції, на яких виконували моніторинг зсувів порід покрівлі, підшви та боків. Щоб виміряти конвергенцію за контуром виїмкової виробки, використовували схему вимірів за допомогою контурних реперів та спеціального транспортера. Процес досліджень складався з інструментальних спостережень за вертикальними та горизонтальними розмірами виробки, а також вимірювання кутів поздовжнього скручування деформованих елементів кріплення.

Авторами цих досліджень [4] запропоновано методику інструментальних та фотометричних вимірювань для ведення робіт у складних гірничо-геологічних умовах та спрощено розрахунки з використанням фотометричних даних.

Зарубіжними авторами [5] проведені натурні дослідження методом, що базується на швидких вимірюваннях LiDAR/Terrestrial Laser Scanner для отримання хмари точок, що дозволяє генерувати просторову модель геометрії шахти.

Метою дослідження є виконання натурних спостережень за деформацією аркового кріплення підготовчих виробок, з послідуочим аналізом даних і розробки методики шахтних інструментальних спостережень.

Виклад основного матеріалу. Розроблена методика шахтних інструментальних спостережень за деформацією арочного кріплення і перетином виробки, яка полягає у тому, що на контурі арочного кріплення кожної замірної станції фіксують п'ять реперів. Дві розташовані на ніжках кріплення з відстанню 1 м від підшви виробки, для виміру ширини виробки. Схема розміщення реперів для зняття показників наведена на рис. 1(а).

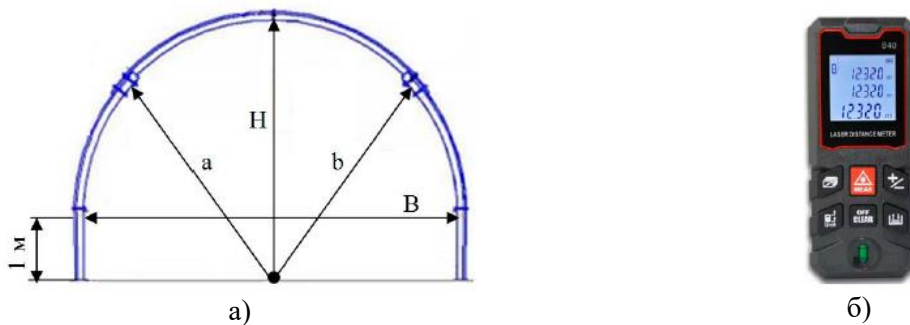


Рис. 1 – Схема вимірювання реперних параметрів розташованих на арчному кріпленні (а), та зовнішній вигляд лазерного далекоміру (б)

Ще дві розташовані на замках і остання на вершині арочного кріплення для виміру висоти виробки та встановлення деформації її перетину. Три виміри відбуваються від реперу на підшви виробки (це може бути рейковий шлях або інша позначка). Виміри здійснюються за допомогою лазерного далекоміру SW-G4S для вимірів до 40м, з похибкою ± 1 мм (рис. 1, б).

Методом лінійної інтерполяції за вихідними даними встановлена геометрія поточного перетину виробки, що досліджувалась. Таким чином були отримані дані про початковий стан виробки. Окрім використання інструментального вимірювального методу, застосовувався метод спостереження і фотофіксації стану виробки (рис. 2, а,б).



а)



б)

Рис. 2 – Стан виробки в масиві до підходу очисного вибою та під впливом виробленого простору: а – конвеєрна виробка у масиві; б – стан арчного кріплення підготовчої виробки у зоні впливу виробленого простору

Отримані дані, згідно запропонованого методу інструментальних досліджень, можливо перетворити на відображення стану перетину кріплення виробки, завдяки лінійної апроксимації даних. Таким чином отримаємо зміну стану перетину виробки на кожному етапі відробки лави та її існування (рис. 3). Найбільші зміни стану виробки відбуваються у зоні впливу очисних робіт та виробленого простору.

Зміна висоти та ширини виробки по її довжині під впливом очисних робіт змінюється нерівномірно та хвилюподібно (рис. 4). Це можливо опосередковано пояснити впливом породних шарів на формування гірського тиску. Отже при зависанні породного шару, гірський тиск на бічні породи виробки збільшується, а при їх обваленні відбувається перерозподіл напруження і гірський тиск на бічні породи виробки зменшується.

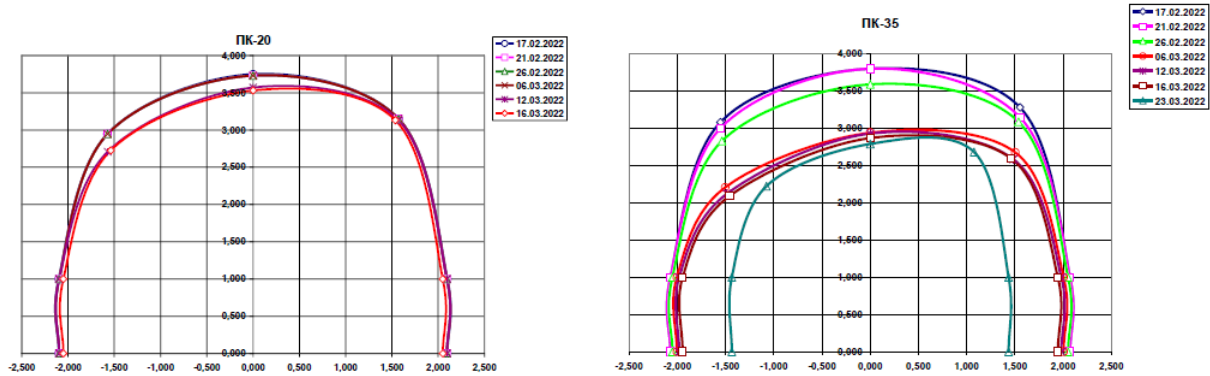


Рис. 3 – Відбудова перетину виробки згідно методики інструментального виміру параметрів по кожній замірній станції

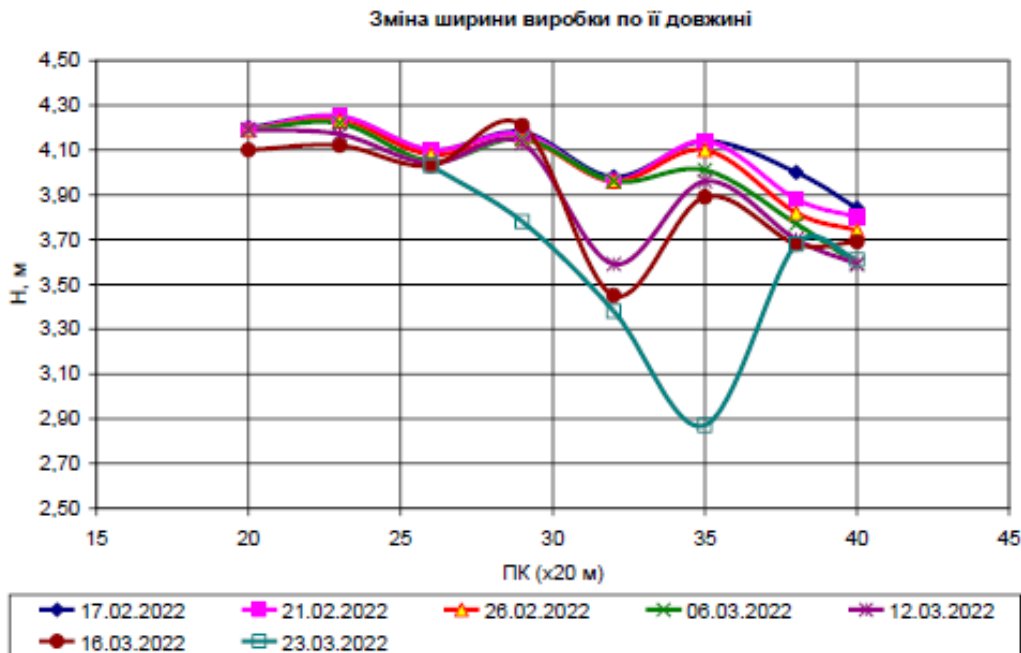


Рис. 4 – Зміна висоти та ширини підготовчої виробки під впливом очисних робіт

Графік зміни швидкості деформування висоти виробки від відстані до очисного вибою вказує на те, що відбувається збільшення швидкості деформування виробки при наближенні її до зони опорного тиску (рис. 5). Швидкість деформування починає зростати ще на відстані 150 м від лінії очисного вибою, але попереду очисного вибою на відстані 20-50 м вона зменшується і потім на відстані до 20 м різко зростає. Також швидкість деформування зростає за лінією

очисного вибою ще на відстані до 80 м. Після чого, у зоні розвантаження, швидкість деформування висоти зменшується.

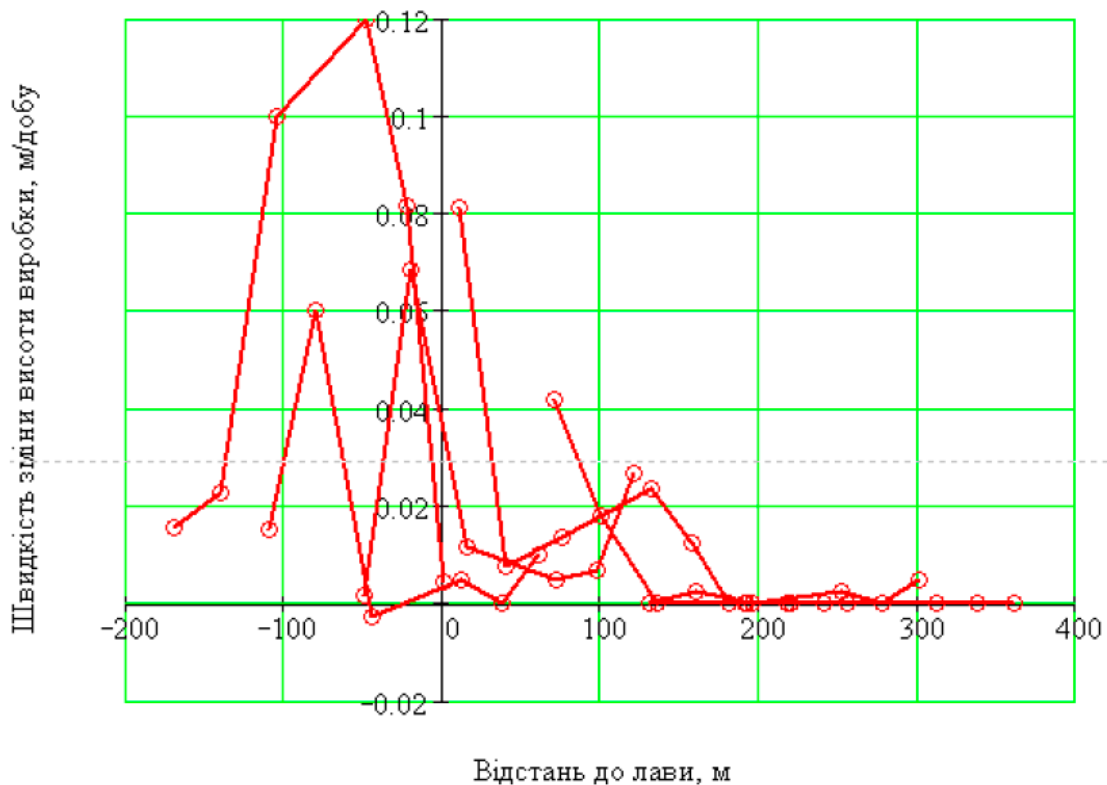


Рис. 5 – Графік зміни швидкості деформування висоти виробки від відстані до очисного вибою

Висновки

Розроблена методика шахтних інструментальних спостережень за деформацією арочного кріплення і перетином виробки. Для встановлення геометрії поточного перетину виробки використовуємо метод лінійної інтерполяції даних. Отримані дані, згідно запропонованого методу інструментальних досліджень, можливо перетворити на відображення стану перетину кріплення виробки, завдяки лінійній апроксимації даних. Таким чином отримаємо зміну стану перетину виробки на кожному етапі відробки лави та її існування. Найбільші зміни стану виробки відбуваються у зоні впливу очисних робіт та виробленого простору. Зміна висоти та ширини виробки на кожній замірній станції відбувається плавно, доки виробка не виявиться під впливом очисних робіт у зоні опорного тиску. Тоді відбувається різке зменшення її висоти, що доцільно потребує розглядання такого параметра як швидкість деформування розмірів виробки або параметрів її перетину.

Таким параметр, як швидкість деформування перетину виробки можливо опосередковано використовувати у якості критерію визначення зони впливу очисних робіт, а також зони опорного тиску.

Для розробки та удосконалення способів підтримки виробок необхідно розглядати напружено-деформований стан порід з властивостями великих в'язко-пружних деформацій.

Перелік використаних джерел:

1. Геомеханічні основи підвищення стійкості підготовчих виробок: навчальний посібник / В.І. Бондаренко, В.І. Бузило, М.М. Табаченко, В.Ю. Медяник. – Д. : ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2010. – 408 с.
2. Механіка гірських порід: навч. посібник / під загальн. ред. С.С. Гребьонкіна, М.М. Гавриша. – Донецьк: ДонНТУ, 2004. – 279 с.

3. Назимко В.В. Инструментальные наблюдения за сдвижением на контуре подготовительных выработок в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях / В.В. Назимко, А.А. Яйцов // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – 2010. – № 6. – С. 336-349.
4. Посохов Е.В. Измерения смещений боковых пород в выемочных выработках глубоких горизонтов / Е.В. Посохов // Уголь Украины. – 2016. – № 11-12. – С. 10-16.
5. A method for large underground structures geometry evaluation based on multivariate parameterization and multidimensional analysis of point cloud data / A. Wróblewski, J. Wodecki, P. Trybała, R. Zimroz // *Energies*. – 2022. – № 15(17). – Pp. 1-20. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/en15176302>.

References:

1. Bondarenko V.I., Buzilo V.I., Tabachenko M.M., Medianyuk V.Y. *Geomekhanichni osnovi pidvishchennia stiiikosti pidgotovchikh virobok: navchal'nii posibnik* [Geomechanical basics of increasing the stability of preparatory works: tutorial]. Dnipro, DVNZ «Natsionalnuy hirnuchuy universitet» Publ., 2010. 408 p. (Ukr.)
2. Grebienkin S.S., Gavrisch M.M. *Mekhanika girs'kikh porid: navch. posibnik* [Rock mechanics: tutorial]. Donetsk, DonNTU Publ., 2004. 279 p. (Ukr.)
3. Nazimko V.V., Yaitzov A.A. Instrumental'nye nabludeniia za sdvizheniem na konture podgotovitel'nykh vyrabotok v slozhnykh gorno-geologicheskikh i gornotekhnicheskikh usloviiakh [Instrumental observations of displacement on the contour of development workings in difficult mining and geological and mining conditions]. *Naukovi pratsi UkrNDMI NAN Ukraini – Transactions of UkrNDMI NAN Ukraine*, 2010, № 6, pp. 336-349. (Rus.)
4. Posokhov E.V. Izmereniia smeshchenii bokovykh porod v vyemochnykh vyrabotkakh glubokikh gorizontov [Measurements of side rock displacements in workings of deep horizons]. *Ugol' Ukrainy – Coal of Ukraine*, 2016, № 11-12, pp. 10-16. (Rus.)
5. Wróblewski A., Wodecki J., Trybała P., Zimroz R. A method for large underground structures geometry evaluation based on multivariate parameterization and multidimensional analysis of point cloud data. *Energies*, 2022, № 15(17), pp. 1-20. doi: 10.3390/en15176302.

Рецензент: О.Е. Кіпко
д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ДонНТУ»

Стаття надійшла 28.09.2022