

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЯВІВ ГІРНИЧОГО ТИСКУ В ГЛИБОКІЙ ШАХТІ З КРУТИМ ЗАЛЯГАННЯМ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ

В. Ю. Довгаль

ПАТ «Центрэнерго», Київська обл., Україна  
E-mail для листування: vudoo7007@gmail.com**Отримано:** 12 червня 2021; **Прийнято:** 18 червня 2021

**Цитувати як:** Довгаль В. Ю. (2021). Дослідження проявів гірничого тиску в глибокій шахті з крутим заляганням вугільних пластів. *Проблеми охорони праці в Україні*, 37(2), 44–50.

Мета – дослідження проявів гірничого тиску у відкатному штреку крутого вугільного пласта для забезпечення експлуатаційного стану виробки та підвищення безпеки робіт на виїмковій дільниці глибокої вугільної шахти. У дослідженні використовувався комплексний підхід, що включає аналіз і узагальнення теоретичних та експериментальних досліджень з цієї проблеми, проведено натурний експеримент з вивчення стійкості відкатних штреків і обробку експериментальних даних. Для оцінки стійкості підготовчої виробки були виконані шахтні дослідження з вивчення проявів гірничого тиску у відкатному штреку при різних способах охорони, коли встановлювалася величина зміщення бічних порід на контурі та зміни площі поперечного перерізу штреку по довжині виїмкової дільниці. В результаті виконаних досліджень обґрунтовано умови стійкості відкатних штреків крутих вугільних пластів при охороні кострами з дерев'яних шпал і кушами зі стояків. Зафіксовано, що в зоні впливу гірничих робіт, кріплення у відкатному штреку деформується і має характерні вигини з боку покрівлі. На відстані  $l > 80$  м позаду очисного вибою втрата площі поперечного перерізу виробки склала близько 50 % при способі охорони кушами зі стояків та 30 % при застосуванні дерев'яних кострів. Експериментально доведено, що при способі охорони дільничних підготовчих виробок жорсткими дерев'яними конструкціями у вигляді кушів зі стояків, зміна площі поперечного перерізу відкатного штреку позаду очисного вибою в зоні впливу очисних робіт відбувається за лінійною залежністю зі збільшенням довжини виїмкової дільниці до повного руйнування охоронної споруди. Для забезпечення стійкості відкатних штреків у глибокій вугільній шахті з крутим заляганням вугільних пластів, доцільним є застосування безцілкових способів охорони, коли для підтримки бічних порід використовуються податливі споруди у вигляді кострів із дерев'яних шпал. Застосування цього способу охорони підготовчої виробки дозволяє зменшити ймовірність обвалень і підвищити безпеку гірничих робіт.

**Ключові слова:** шахта, відкатний штрек, спосіб охорони, зміщення бічних порід, охоронні споруди.

## INVESTIGATION OF THE MANIFESTATIONS OF ROCK PRESSURE IN A DEEP MINE WITH A STEEP OCCURRENCE OF COAL SEAMS

V. Yu. Dovhal

PJSC "Centrэнерго", Kyiv region, Ukraine  
E-mail for correspondence: vudoo7007@gmail.com  
**Received:** 12 June 2021; **Accepted:** 18 June 2021

**Cite as:** Dovhal, V. (2021). Investigation of the manifestations of rock pressure in a deep mine with a steep occurrence of coal seams". *Labour Protection Problems in Ukraine*, 37(2), 44–50.

The purpose of the work. Investigation of the manifestations of rock pressure in the retractable road of a steep coal seam to ensure the operational state of production and increase the safety of work at the excavation site of a deep coal mine. The research used a comprehensive approach, including analysis and generalization of theoretical and experimental research on this problem, field experiment to study the stability of retractable drifts and processing of experimental data. To assess the stability of the preparatory workings, mine studies were performed to study the manifestations of rock pressure in the retractable drift under different methods of protection, when the magnitude of the displacement of lateral rocks on the contour and change the cross-sectional area of the drift along the excavation section. As a result of the performed researches the conditions of stability of retractable drifts of steep coal seams at protection by fires from wooden sleepers and bushes from risers are substantiated. It is recorded that in the zone of influence of mining works, the fastening in the retractable road is deformed and has characteristic curves from the roof. At a distance of  $l > 80$  m behind the clearing face, the loss of the cross-sectional area of the excavation was about 50 % with the method of protection by bushes from the risers and 30 % with the use of wooden fires. It is experimentally proved that with the method of protection of precinct preparatory workings by rigid wooden structures in the form of bushes from risers, the change of cross-sectional area of the retractable lane behind the treatment face in the area of impact of treatment works occurs linearly with increasing length of the excavation site. To ensure the stability of retractable drifts in a deep coal mine with a steep occurrence of coal seams, it is advisable to use aimless methods of protection, when to support the side rocks are used pliable structures in the form of fires made of wooden sleepers. The use of this method of protection of the preparatory workings can reduce the likelihood of landslides and increase the safety of mining operations.

**Key words:** mine, retractable roadway, method of protection, displacement of side rocks, security structures.

### 1. Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасна вугільна шахта – це складна динамічна модель, ефективна робота якої значною мірою залежить від гірничо-геологічних і гірничо-технічних умов. Вуглепородний масив, як масив осадових гірських порід, володіє характерною властивістю міцнісної анізотропії. В таких умовах структура, склад та властивості міцності бічних порід значно різняться в межах шахтного поля і

висоти поверху при розробці круто нахилених і крутих вугільних пластів. Для такого масиву характерна наявність поверхонь ослаблення, обумовлених шаруватістю. Поява розшарувань послаблює властивості міцності бічних порід і виробок. Відпрацювання вугільних пластів в зонах з нестійкими боковими породами, характеризується підвищеною небезпекою, низькою ефективністю очисних робіт і підвищеним рівнем травматизму внаслідок обвалів і обвалень. Ведення гірничих робіт у таких зонах

супроводжується обваленнями покрівлі та погіршенням стійкості підготовчих виробок.

На тепер видобуток вугілля з крутих вугільних пластів здійснюється в Україні, Туреччині та Китаї. Для цього використовують відбійні молотки, щитові агрегати та механізовані комплекси. У більшості випадків кріплення виробленого простору здійснюється дерев'яними стояками, несуча здатність яких не забезпечує надійну підтримку бічних порід позаду очисного вибою.

Гірничі виробки, що потрапляють у зони впливу очисних робіт, піддаються інтенсивному руйнуванню, включаючи і динамічні форми прояву гірського тиску, що збільшує ймовірність обвалень бічних порід і завалів підготовчих виробок. Зростання протяжності підготовчих виробок істотно погіршує їх стан і ускладнює провітрювання виїмкових дільниць.

У зв'язку зі збільшенням глибини гірничих робіт, відбувається деформація вуглепородного масиву, що є наслідком зміни напруженого стану покрівлі та ґрунту. Ці деформації сприяють обваленню бічних порід, завалам виробок, що позначається на продуктивності праці та безпеці робіт. Тому створення і впровадження надійних способів підтримки виробок в експлуатаційному стані є актуальним завданням не тільки для виробництва, але і гірничої науки в цілому.

Детальний аналіз аварій, що сталися на вугільних шахтах України за останні 10 років, дозволяє зробити висновок про те, що основною причиною травматизму від обвалів і обвалень порід, є недостатня вивченість природи цих явищ [1, 2]. Найбільш часто причинами аварій і нещасних випадків через обвали та обвалення бічних порід на виїмкових дільницях є порушення паспортів кріплення (62%), невідповідність паспортів кріплення гірничо-геологічним умовам (8%), відсутність або несправність кріплення (23%) та організаційні причини (7%) [2].

Вважається [3, 4], що обваленням і обвалам бічних порід завжди передують розшарування. Шаруватість вуглепородного масиву слід розглядати як фактор, що послабляє породу, від якого залежить стійкість покрівлі та стан підтримуваних виробок [5, 6].

При розробці крутих вугільних пластів у вуглепородному масиві, що вміщує виробки, відбувається утворення характерних зон зсуву, на параметри яких впливає спосіб управління гірничим тиском в очисному забої та охорони виробок [7, 8]. Спостереження за стійкістю відкатних штреків на шахтах Донбасу з крутим заляганням вугільних пластів свідчить про те, що 54% їх

незадовільного стану припадає на ділянку сполучення підготовчої виробки з лавою. У всіх аналізованих випадках при управлінні гірничим тиском використовували спосіб повного обвалення покрівлі, а для охорони виробок – цілики вугілля обмежених розмірів або куці з дерев'яних стояків [9].

Аналіз світового досвіду підземної розробки родовищ корисних копалин показує, що закладний масив, як піддатлива охоронна споруда, запобігає розвитку обвалень бічних порід у виробленому просторі виїмкової дільниці вугільної шахти. При використанні закладки виробленого простору у вуглепородному масиві утворюються зони стійких порід і виключаються завали гірничих виробок [10]. Очевидним є те, що позитивний ефект у разі застосування піддатливих охоронних споруд гірничих виробок досягається за рахунок обмеження осідань порід у виробленому просторі в результаті стискання підтримуючих конструкцій. Повне виключення осідань у виробленому просторі вуглепородного масиву після виїмки вугілля, можливо шляхом установки над штреком охоронних споруд, початкова жорсткість яких відповідає жорсткості частини крутого вугільного пласта, що виймається, однак на практиці це неможливо. З цього випливає, що при вирішенні проблеми стійкості гірничих виробок, необхідно визначити питання жорсткості охоронних споруд. Регулювання жорсткості охоронних споруд дозволить обмежувати переміщення бічних порід над відкатним штреком, зменшити деформації покрівлі та підшви в місцях розташування та підтримки підготовчих виробок і підвищити безпеку робіт на виїмковій дільниці глибокої вугільної шахти.

#### Постановка завдання досліджень

Виконати експериментальні дослідження в шахтних умовах для вивчення проявів гірничого тиску на контурі відкатного штреку при різних способах охорони та оцінити умови підтримки виробки по довжині виїмкової дільниці.

#### Методика проведення досліджень

Експериментальні дослідження проявів гірничого тиску на контурі підготовчої виробки при різних способах охорони були виконані на горизонті 1146 м при розробці пласта  $l_3$  і  $l_5$  шахти «Центральна» ДП «Торецьквугілля».

На експериментальній дільниці (рис. 1) була обладнана вимірна станція (рис. 2), на якій визначалася величина зміщення бічних порід на контурі відкатного штреку (рис. 2) і фіксувалася зміна площі поперечного перерізу підготовчої виробки (рис. 2б). Для цього, за допомогою маркшейдерської рулетки встановлювали величину зближення реперів на контурі (рис. 2) і виконували виміри зміни ширини і висоти виробки по довжині виїмкової дільниці (рис. 2б). Похибка вимірів становила  $\pm 2$  мм.

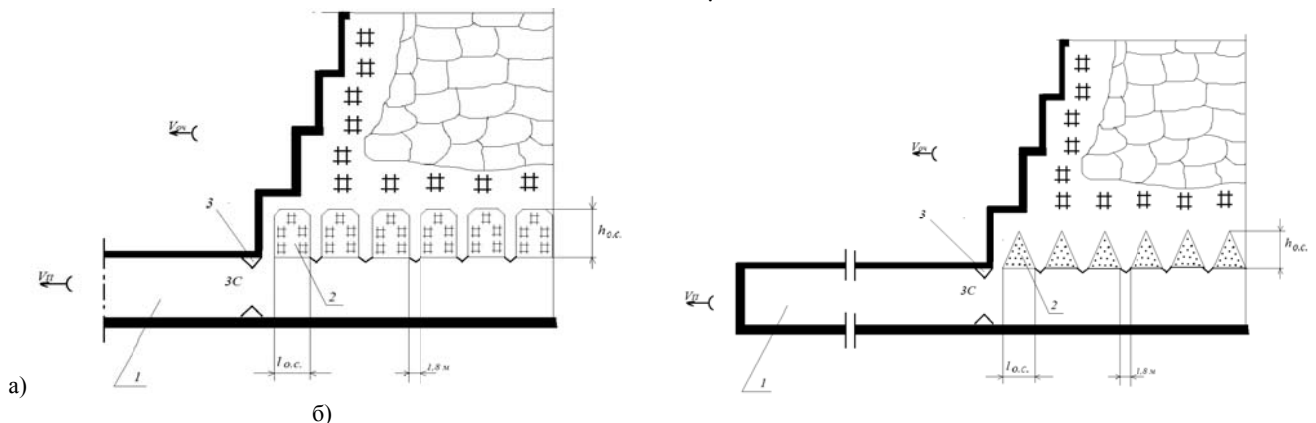


Рисунок 1 – Схема експериментальних ділянок на горизонті 1146 м для визначення умов підтримки відкатного штреку при способі охорони: а) дерев'яними кострами зі шпал; б) кущами з дерев'яних стояків: 1 – відкатний штрек; 2 – костри з дерев'яних шпал; 3 – вимірні станції; 4 – куці з дерев'яних стояків;  $l$  – довжина експериментальної ділянки, м;  $V_{II}$  – напрямок підготовчих робіт;  $V_{Oc}$  – напрямок очисних робіт;  $h_{oc}$ ,  $l_{oc}$  – висота та ширина охоронної споруди, м.

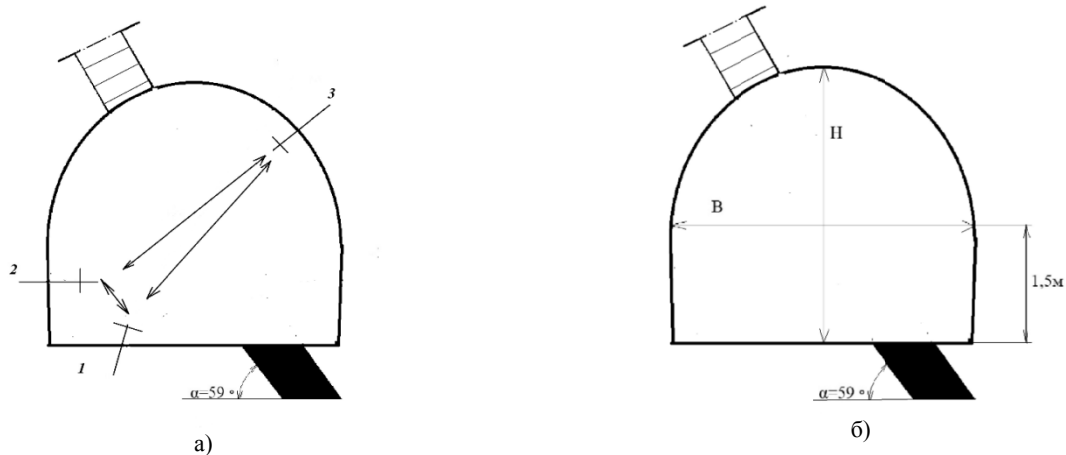


Рисунок 2 – Схема вимірювальних станцій на експериментальній ділянці для визначення:  
а) зміщення порід на контурі відкатного штреку і б) зміни площі поперечного перерізу підготовчої виробки по довжині виїмкової ділянки: 1, 2, 3 – репера; Н – висота виробки, м; В – ширина виробки, м.

Відкаточний штрек пласта  $l_3$  охороняли кострами з дерев'яних шпал. Площа поперечного перерізу виробки  $S = 8,5 \text{ м}^2$ , відстань між рамами податливого аркового кріплення (АП-3) з дерев'яними затяжками – 0,8 м.

Швидкість проведення підготовчої виробки  $V_{п} = 16 \frac{\text{м}}{\text{мес}}$

швидкість очисних робіт  $V_{оч} = 10 \frac{\text{м}}{\text{мес}}$ . Штрек проводився

за допомогою буро-вибухових робіт (БВР). Спосіб підготовки шахтного поля – поверховий, управління гірничим тиском в очисному забої – повне обвалення покрівлі. Виїмка вугілля здійснювалася за допомогою відбійних молотків (ВМ).

Відкаточний штрек по пласту  $l_5$  охороняли куцями зі стійок. Площа поперечного перерізу відкатного штреку  $S = 8,5 \text{ м}^2$ . Відстань між рамами податливою аркового кріплення (АП-3) з дерев'яними затяжками – 0,8 м.

Швидкість проведення підготовчої виробки  $V_{п} = 14 \frac{\text{м}}{\text{мес}}$ ,

швидкість очисних робіт  $V_{оч} = 11 \frac{\text{м}}{\text{мес}}$ . Штрек проводився

за допомогою БВР. Спосіб підготовки шахтного поля – поверховий, управління гірничим тиском в очисному забої – повне обвалення покрівлі. Виїмка вугілля здійснювалася за допомогою ВМ.

Характеристику вугільних пластів і бокових порід наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристика вугільних пластів і бокових порід на експериментальних ділянках

Індекс пласта	Потужність м, м	Кут падіння $\alpha$ , град	Бічні породи	
			Покрівля	Ґрунт
$l_3$	1.05–1.1	59	Глинистий сланець потужністю $m = 4.0 \text{ м}$ Сланець піщаний, потужністю до $m = 7.0 \text{ м}$	Глинистий сланець потужністю до $m = 15.0 \text{ м}$
$l_5$	0.6	59	Глинистий сланець потужністю $m = 1.7\text{--}2.5 \text{ м}$ Глинистий сланець потужністю до $m = 10.0 \text{ м}$	Глинистий сланець, піщано-глинистий сланець потужністю $m = 2.0 \text{ м}$ Пісковик потужністю $m = 10.0 \text{ м}$

Відносну деформацію охоронних споруд при підтримці відкатного штреку по довжині виїмкової ділянки, визначали за виразом [11, 12]

$$\lambda = \frac{\Delta h}{h} = \frac{U_{1-3}}{m}, \quad (1)$$

де  $\lambda$  – відносна деформація охоронної споруди;

$\Delta h = U_{1-3}$  – зближення покрівлі та ґрунту на контурі виробки в напрямку реперів 1-3, м;

$h = m$  – потужність вугільного пласта (відповідає висоті охоронної споруди), м.

Працездатність охоронних споруд, тобто їх стійкий стан оцінювався візуально по довжині виїмкової ділянки при підтримці відкатного штреку.

#### Результати досліджень

На рис. 3 зображені графіки зсувів бічних порід на контурі відкатного штреку при різних способах охорони по довжині виїмкової ділянки.

З графіка рис. 3 видно, що найбільші зміщення бічних порід зафіксовані по реперам 1–3 і 2–3, які відображають зближення покрівлі та підшви на контурі відкатного штреку пласта  $l_3$  при способі охорони дерев'яними кострами зі шпал. Причому, зі збільшенням довжини виїмкової ділянки, коли  $l \leq 80 \text{ м}$  ці зсуви збільшуються до величини  $U_{1-3} = 380 \text{ мм}$  і  $U_{2-3} = 220 \text{ мм}$ , а потім при  $l > 80 \text{ м}$  стабілізуються (рис. 3а).

При охороні відкатного штреку пласта  $l_5$  куцями з дерев'яних стояків, найбільші зміщення фіксуються з боку покрівлі вугільного пласта в напрямку реперів 1–3 і 2–3. На відстані  $l = 100 \text{ м}$  позаду очисного забою, зближення покрівлі та підшви становить  $U_{1-3} = 520 \text{ мм}$  для реперів 1–3 і  $U_{2-3} = 400 \text{ мм}$  для реперів 2–3. За вказаною відміткою зміщення бічних порід на контурі штреку стабілізуються (рис. 3б).

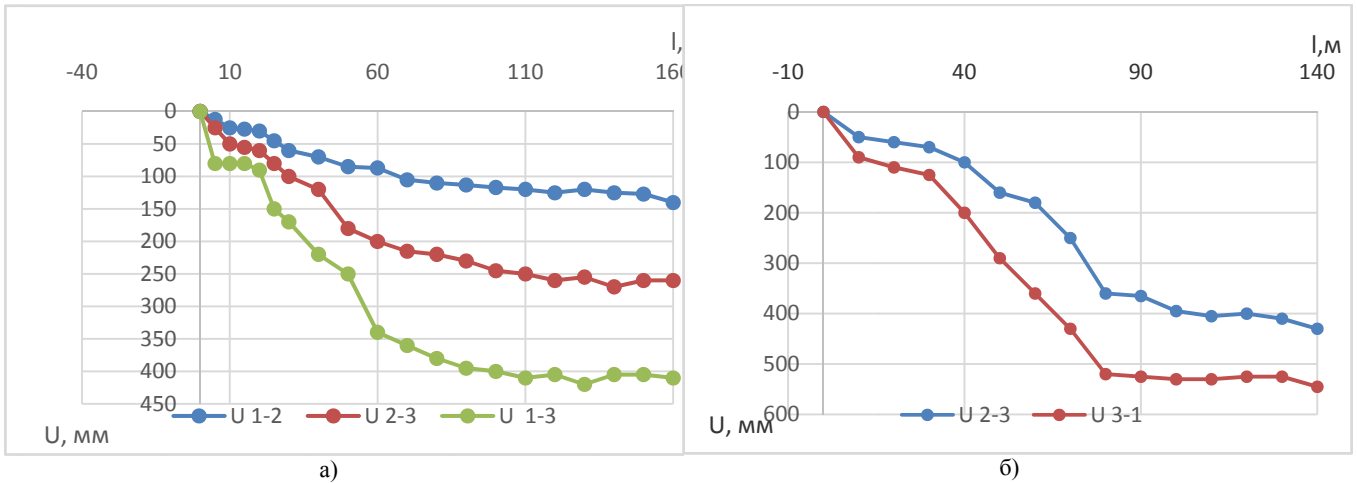


Рисунок 3 – Графіки зсувів бічних порід  $U$  (мм) на контурі підготовчої виробки при різних способах охорони по довжині виїмкової ділянки  $l$  (м): а) відкатний штрек по пласту  $l_3$ , спосіб охорони – костри з дерев'яних шпал; б) відкатний штрек по пласту  $l_5$ , спосіб охорони – куці з дерев'яних стояків

На рис. 4 наведено графік зміни площі поперечного перерізу  $S$  ( $m^2$ ) відкатного штреку по довжині виїмкової ділянки  $l$  (м) при різних способах охорони.

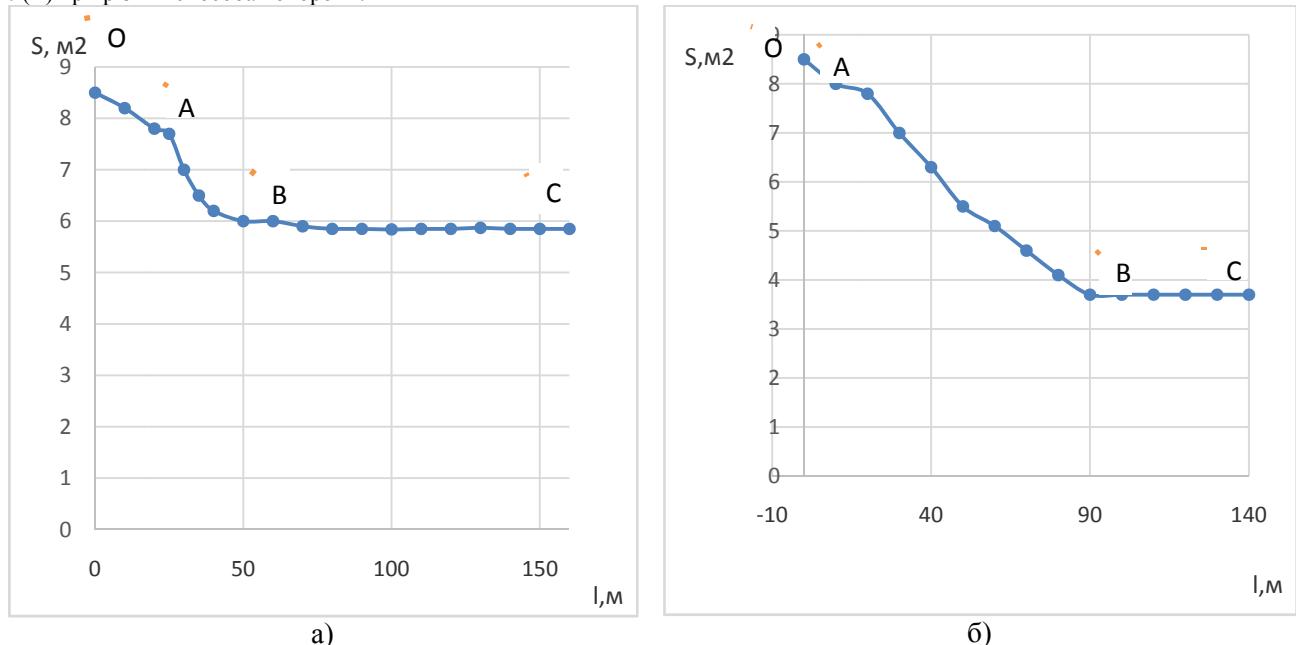


Рисунок 4 – Графіки зміни площі поперечного перерізу підготовчої виробки  $S$  ( $m^2$ ) по довжині виїмкової ділянки: а) відкатний штрек по пласту  $l_3$ ; б) відкатний штрек по пласту  $l_5$ .

Із графіка видно, що при охороні відкатного штреку пласта  $l_3$  дерев'яними кострами зі шпал на ділянці  $l=0-25m$  площа поперечного перерізу вироблення зменшилася з  $S=8.45m^2$  до  $S=7.8m^2$ . На ділянці  $l=26-80m$  площа поперечного перерізу зменшилася з  $S=7.8m^2$  до  $S=5.9m^2$ . На ділянці  $l=81-160m$  площа поперечного перерізу практично не змінюється і становить  $S=6.0m^2$ . Втрата площі поперечного перерізу відкатного штреку, за період експериментальних спостережень склала близько 30 % (рис. 4а).

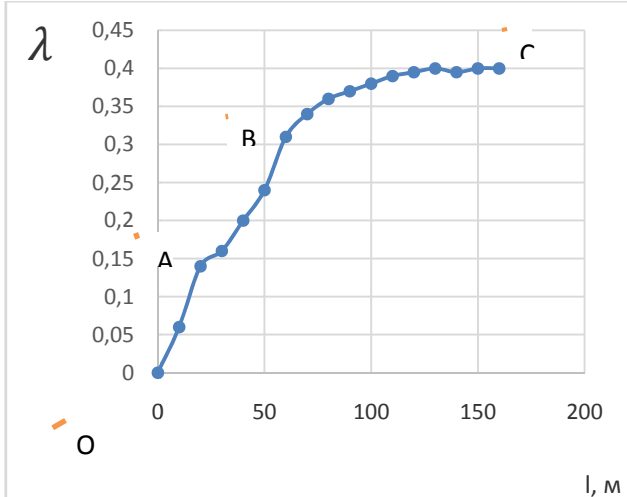
Для відкатного штреку пласта  $l_5$  при охороні куцями з дерев'яних стояків, площа поперечного перерізу на експериментальній ділянці змінювалася від  $S=8.4m^2$  на сполученні лави зі штреком до  $S=3.9m^2$  на відстані  $l=100m$  позаду очисного забою. Причому на ділянці  $l=20-100m$  по довжині виробки втрата площі склала близько 50 % (рис. 4б).

На рис. 5 зображено графік зміни відносної деформації охоронних споруд, що практикуються по довжині виїмкової ділянки.

При проведенні досліджень зафіксовано зростання відносної деформації кострів із дерев'яних шпал зі збільшенням довжини виїмкової ділянки. Причому, на ділянці довжиною  $l=0-60m$  позаду очисного забою фіксується різке збільшення відносної деформації – до значень  $\lambda=0,31$ . У міру збільшення довжини виїмкової ділянки, коли  $l=61-160m$ , значення  $\lambda$  зростають незначно. На відстані  $l > 160m$  позаду очисного забою  $\lambda=0.4$  (рис. 5а).

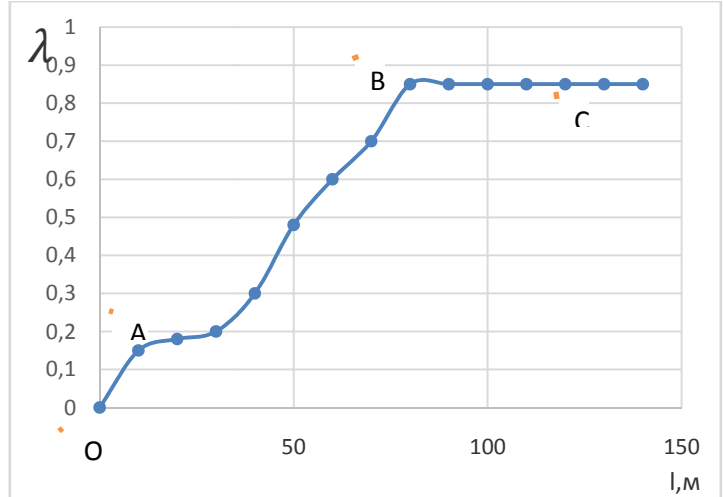
При деформації куців із дерев'яних стояків значне зростання відносної деформації від  $\lambda=0.15$  до  $\lambda=0.82$ , зафіксоване на ділянці  $l=20-80m$  позаду очисного забою. На відстані  $l > 80m$  величина  $\lambda$  перебувала в

межах  $\lambda = 0.82 - 0.84$  (рис. 5а). При цьому зафіксовано



а)

погіршення стану виробки по довжині виїмкової ділянки.



б)

Рисунок 5 – Графіки зміни відносної деформації  $\lambda$  охоронних споруд, розташованих над відкатним штреком по довжині виїмкової ділянки  $l$  (м): а) костри з дерев'яних шпал; б) куцї з дерев'яних стояків.

### Обговорення результатів досліджень

У результаті проведених експериментальних досліджень обґрунтовано умови стійкості відкатного штреку при способі охорони дерев'яними кострами зі шпал і куцями з дерев'яних стояків (рис. 1). Встановлено залежності змінь бічних порід на контурі відкатного штреку (рис. 3) і зміни площі поперечного перерізу виробки (рис. 4) при різних способах охорони по довжині виїмкової ділянки.

Експериментально встановлено, що в зоні впливу очисних робіт (довжина виїмкової ділянки  $l = 0 - 60$  м позаду очисного забою), арочне кріплення, встановлене у відкатному штреку деформується нерівномірно, маючи характерні вигини з боку порід висячого боку. Це обумовлюється розшаруванням порід покрівлі (репери 1-3, 2-3, рис. 3). Зближення покрівлі та підосви на контурі виробки на цій ділянці перевищують конструктивну піддатливість кріплення. За відміткою  $l > 60$  м позаду очисного забою, зміщення порід покрівлі збільшуються незначно і, в залежності від способу охорони, складають близько 420-520 мм (репери 1-3, рис. 3).

Після обробки експериментальних даних замірів висоти  $H$  (м) і ширини  $B$  (м) відкатного штреку, встановлені залежності зміни площі поперечного перерізу підготовчої виробки  $S$  (м<sup>2</sup>) по довжині виїмкової ділянки (рис. 4). На представлених графіках (рис. 4) можна виділити характерні інтервали (0-A, A-B, B-C), які відрізняються різною інтенсивністю зміни величини  $S$  (м<sup>2</sup>). Це пов'язано з деформаційними властивостями охоронних споруд гірничих виробок.

Для визначення деформаційних властивостей охоронних споруд використовували (1), за яким встановлювали величину відносної деформації  $\lambda$ . Використовуючи експериментальні дані зближення покрівлі та підосви на контурі відкатного штреку (репери 1-3, рис. 3), побудовані графіки зміни  $\lambda$  при різних способах охорони по довжині виїмкової ділянки (рис. 5). На цих графіках чітко виражені інтервали OA, AB і BC, що відображають етапи деформування охоронних споруд.

Для кострів з дерев'яних шпал на ділянках OA та AB відбувається ущільнення дерев'яних конструкцій. На ділянці BC костри з дерев'яних шпал виконують підтримуючу функцію та чинять супротив осідаючим

породам висячого боку. При цьому зміщення бічних порід на контурі відкатного штреку обмежуються (рис. 3а), а площа поперечного перерізу практично не змінюється (рис. 4а). За весь період спостережень втрата площі поперечного перерізу відкатного штреку при способі охорони кострами з дерев'яних шпал склала близько 30 %.

При охороні відкатного штреку куцями з дерев'яних стояків на ділянці OA відносна деформація збільшується від  $\lambda = 0$  до  $\lambda = 0.15$ , що свідчить про збільшення жорсткості охоронної споруди. Далі, на ділянці AB відносна деформація збільшується від  $\lambda = 0.15$  до  $\lambda = 0.82$  (рис. 4б). Показово те, що на цій ділянці відбувається значне зменшення площі поперечного перерізу відкатного штреку – з  $S = 7.9$  м<sup>2</sup> до  $S = 3.95$  м<sup>2</sup> (рис. 4б) та інтенсифікація конвергенції бічних порід на контурі (рис. 3б). Очевидним є те, що після деформації куцї з дерев'яних стояків на 80 %, їх несуча здатність стає слабкішою і охоронна споруда не чинить супротив осідаючим породам покрівлі. При цьому втрати площі поперечного перерізу відкатного штреку складають близько 50 %.

Наприкінці слід відмітити, що експлуатаційний стан відкатних штреків по довжині виїмкової ділянки визначається працездатністю охоронних споруд. Інтенсифікація змінь бічних порід на контурі виробки, у міру просування очисного забою залежить від несучої здатності охоронних споруд, що розміщені над штреком. При охороні відкатних штреків крутих вугільних пластів куцями зі стояків, встановлена лінійна залежність зміни площі поперечного перерізу виробок зі збільшенням довжини виїмкової ділянки. В подібних умовах, при відсутності обмежень змінь порід покрівлі та підосви над відкатним штреком, зберегти експлуатаційний стан виробки неможливо. Щоб уникнути аварійних ситуацій, що пов'язані з можливими заваленнями виробок, рекомендується використовувати податливі охоронні споруди, наприклад, у вигляді кострів із дерев'яних шпал, після стиснення яких зміщення покрівлі та підосви у виробленому просторі вуглепородного масиву обмежуються

### Висновки

Незадовільний стан підготовчих виробок погіршує умови провітрювання виїмкових ділянок і знижує рівень

техніки безпеки гірничих робіт. Для забезпечення експлуатаційного стану дільничних підготовчих виробок у глибокій вугільній шахті, слід орієнтуватися на використання безціликової технології відпрацювання виїмкових дільниць із впровадженням піддатливих охоронних споруд. Це забезпечить підтримання бічних порід у виробленому просторі вуглепородного масиву та

обмежить конвергенції бічних порід на контурі підтримуваних виробок.

#### Висловлення подяки

Автор висловлює вдячність співробітникам ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» Когтевій О.П., Король А.В., Подкопаєву Є.С. і Каюн А.П. за допомогу у проведенні експериментальних досліджень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Николин В. И., Подкопаев С. В., Агафонов А. В., Малеев Н. В. Снижение травматизма от проявлений горного давления. Донецк : Норд-Пресс, 2005. 332 с.
2. Левкин Н. Б. Предотвращение аварий и травматизма в угольных шахтах Украины / Монография. Донецк: Донбасс, 2002. 393 с.
3. Podkopaiev, S., Gogo, V., Yefremov, I., Kipko, O., Iordanov, I., & Simonova, Y. (2019). Phenomena of stability of the coal seam roof with a yielding support. *Mining of Mineral Deposits*, 13(4), 28–41. <https://doi.org/10.33271/mining13.04.028>
4. Liashok, Ya., Iordanov I., Chepiga D., Podkopaiev S. (2018). Experimental studies of the seam openings competence in different methods of protection under pitch and steep coal seams development. *Mining of Mineral Deposits*. 12, 4, 9–19. – [https://doi.org/10.15471/mining\\_12.04.009](https://doi.org/10.15471/mining_12.04.009)
5. Охрана подготовительных выработок целиками на угольных шахтах / В. Б. Артемьев, Г. И. Коршунов, А. К. Логинов и др. Санкт-Петербург: Наука, 2009. 229 с.
6. Шашенко А. Н., Пустовойтенко В. П., Сдвижкова Е. А. (2016). Геомеханика. Киев: Новый друк, 528 с.
7. Викторов С. Д., Гончаров С. А., Иофис М. А., Закалинский В. М. Механика сдвижения и разрушения горных пород. Москва: РАН; 2019. 360 с.
8. Galvin, J. M. (2016). *Ground Engineering – Principles and Practices for Underground Coal Mining*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25005-2>.
9. Чепіґа Д. А. (2019). Обґрунтування та розробка способів підвищення безпеки праці гірників у виїмкових дільницях глибоких шахт. Дис. ... канд. техн. наук. 05.26.01. Донецький національний технічний університет, Покровськ. 178с.
10. Wang, H., Wu, Y., Liu, M., Jiao, J., & Luo, S. (2020). Roof-breaking mechanism and stress-evolution characteristics in partial backfill mining of steeply inclined seams. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11, 2006. 2035.
11. Allen J. H. *Mechanics of materials For Dummies*. – Wiley Publishing, Inc., 2011. 384 p. ISBN: 978-0-470-94273-4.
12. Bedford A., Liechti K.M. *Mechanics of Materials*. Springer, 2020. 1023 p.

#### REFERENCES

1. Nikolin V. I., Podkopaev S. V., Agafonov A. V., Maleev N. V. Snizhenie travmatizma ot proyavleniy gornogo davleniya. Donetsk : Nord-Press, 2005. 332 s.
2. Levkin N. B. Predotvraschenie avariyy i travmatizma v ugolnyih shahtah Ukrainiy / Monografiya. Donetsk: Donbass, 2002. 393 s.
3. Podkopaiev, S., Gogo, V., Yefremov, I., Kipko, O., Iordanov, I., & Simonova, Y. (2019). Phenomena of stability of the coal seam roof with a yielding support. *Mining of Mineral Deposits*, 13(4), 28–41. <https://doi.org/10.33271/mining13.04.028>
4. Liashok, Ya., Iordanov I., Chepiga D., Podkopaiev S. (2018). Experimental studies of the seam openings competence in different methods of protection under pitch and steep coal seams development. *Mining of Mineral Deposits*. 12, 4, 9–19. – [https://doi.org/10.15471/mining\\_12.04.009](https://doi.org/10.15471/mining_12.04.009)
5. Ohrana podgotovitelnykh vyrabotok tselikami na ugolnyih shahtah / V. B. Artemev, G. I. Korshunov, A. K. Loginov i dr. Sankt-Peterburg: Nauka, 2009. 229 s.
6. Shashenko A. N., Pustovoytenko V. P., Sdvizhkova E. A. (2016). Geomehanika. Kiev: Novyy druk, 528 s.
7. Viktorov S. D., Goncharov S. A., Iofis M. A., Zakalinskiy V. M. Mehanika sdvizheniya i razrusheniya gornyyh porod. Moskva: RAN; 2019. 360 s.
8. Galvin, J. M. (2016). *Ground Engineering – Principles and Practices for Underground Coal Mining*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25005-2>.
9. Чепіґа Д. А. (2019). Обґрунтування та розробка способів підвищення безпеки праці гірників у виїмкових дільницях глибоких шахт. Дис. ... канд. техн. наук. 05.26.01. Донецький національний технічний університет, Покровськ. 178 с.
10. Wang, H., Wu, Y., Liu, M., Jiao, J., & Luo, S. (2020). Roof-breaking mechanism and stress-evolution characteristics in partial backfill mining of steeply inclined seams. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11, 2006. 2035.
11. Allen J. H. *Mechanics of materials For Dummies*. – Wiley Publishing, Inc., 2011. 384 p. ISBN: 978-0-470-94273-4.
12. Bedford A., Liechti K.M. *Mechanics of Materials*. Springer, 2020. 1023 p.

#### В. Довгаль

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В ГЛУБОКОЙ ШАХТЕ С КРУТЫМ ЗАЛЕГАНИЕМ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Цель – исследование проявлений горного давления в откаточном штреке крутого угольного пласта для обеспечения эксплуатационного состояния выработки и повышения безопасности работ на выемочных участках глубокой угольной шахты. В исследованиях использовался комплексный подход, включающий анализ и обобщение теоретических и экспериментальных исследований по данной проблеме, натурный эксперимент по изучению устойчивости откаточных штреков и обработку экспериментальных данных. Для оценки устойчивости подготовительной выработки был проведен натурный эксперимент по изучению проявлений горного давления в откаточном штреке при разных способах охраны, когда устанавливалась величина смещения боковых пород на контуре и изменения площади поперечного сечения штрека по

длине выемочного участка. В результате выполненных исследований обоснованы условия устойчивости откаточных штреков крутых угольных пластов при охране кострами из деревянных шпал и кустами из стоек. Зафиксировано, что в зоне влияния горных работ, крепь в откаточном штреке деформируется и имеет характерные изгибы со стороны кровли. На расстоянии  $l > 80$  м позади очистного забоя потеря площади поперечного сечения выработки составила около 50 % при способе охраны кустами из стоек и 30 % – при применении деревянных костров. Экспериментально доказано, что при способе охраны участков подготовительных выработок жесткими деревянными конструкциями в виде кустов из стоек, изменение площади поперечного сечения откатного штрека позади очистного забоя в зоне влияния очистных работ происходит по линейной зависимости с увеличением длины выемочного участка до полного разрушения охранного сооружения. Для обеспечения устойчивости откатных штреков в глубокой угольной шахте с крутым залеганием угольных пластов, целесообразно применение бесцеликовых способов охраны, когда для поддержания боковых пород используются податливые сооружения в виде костров из деревянных шпал. Применение этого способа охраны подготовительной выработки позволяет уменьшить вероятность обрушений и повысить безопасность горных работ.

**Ключевые слова:** шахта, откаточный штрек, способ охраны, смещения боковых пород, охранные сооружения.