

УДК 622. 8

Негрій О.С., студент гірничого факультету  
*ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ,  
Україна*

Негрій С.Г., доцент кафедри розробки родовищ корисних копалин  
*ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ,  
Україна*

## **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ОБВАЛЕНЬ НА КІНЦЕВИХ ДІЛЯНКАХ ЛАВ**

В умовах відпрацювання вугільних пластів є проблеми з охороною праці, результатом чого є високий рівень травматизму, в тому числі смертельного. Для зменшення показників травмування шахтарів має бути приділено більше уваги не тільки фінансуванню заходів, а створенню безпечних умов праці, при яких робітники будуть максимально ізольовані від небезпечних та шкідливих факторів.

На кінцевих ділянках довгих очисних вибоїв небезпечними основними факторами є обвалення порід покрівлі та травмування від дії машин та механізмів. На цих ділянках гірники знаходяться в оточенні машин та механізмів, які у безпосередній близькості до робітників працюють і є джерелами шуму, пилу та вібрації, які «маскують» небезпеку та відволікають увагу людини від неї. Обвалення мають місце, коли зміщення порід покрівлі перевищують свою критичну величину, яка, згідно [1], приймається від 0,11 до 0,14 м в залежності від складу порід покрівлі, а при відсутності даних – 0,09м. Такі зміщення припадають на привибійний простір ділянки і ймовірна зона обвалення знаходиться над робочим простором, де знаходяться люди (рис. 1), а вірогідність настання нещасного випадку від обвалення порід покрівлі складає 70 % [2]. Тобто технологічними рішеннями для зменшення вірогідності настання цього чинника є відгородження робочого простору від цього чинника або зменшення зміщень до величини, яка менше критичної, принаймні над простором, де перебувають люди. Для відгородження робочого простору від нависаючих порід застосовують затягування покрівлі в розбіжку з основним кріпленням (рис. 2). а для зменшення величини зміщень – встановлення випереджаючого кріплення, закладення купола, анкерування порід покрівлі (рис. 3) та інші.

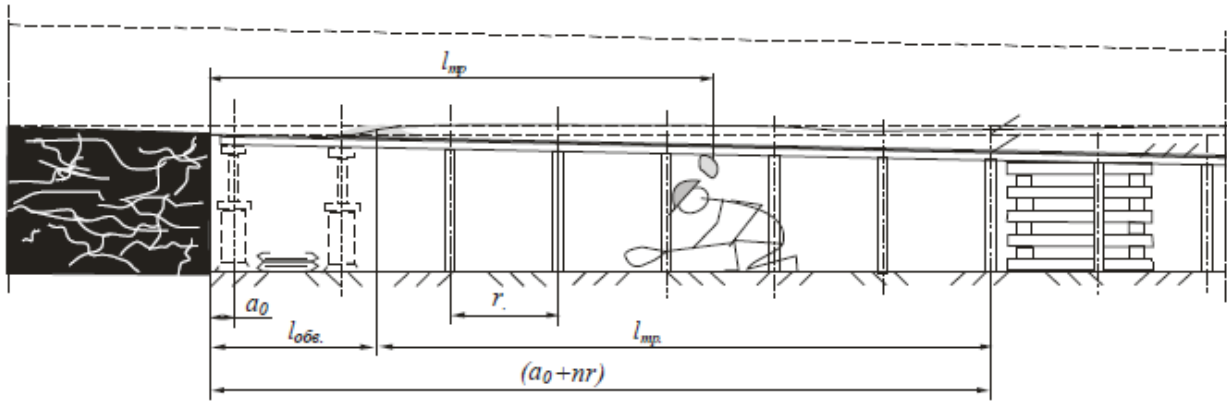


Рис. 1– Схема щодо визначення зони обвалення порід в привибійному просторі кінцевої ділянки лави [2]

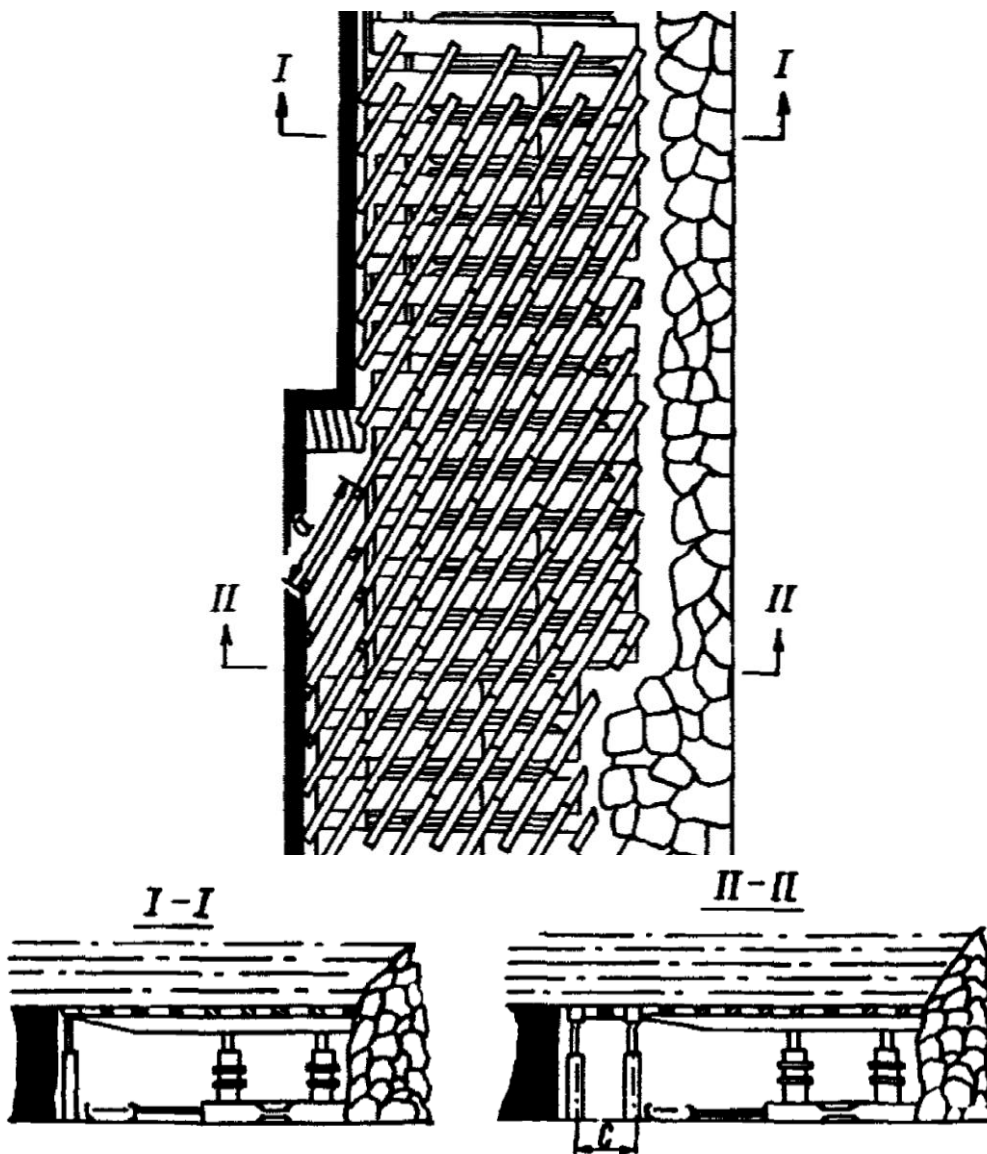
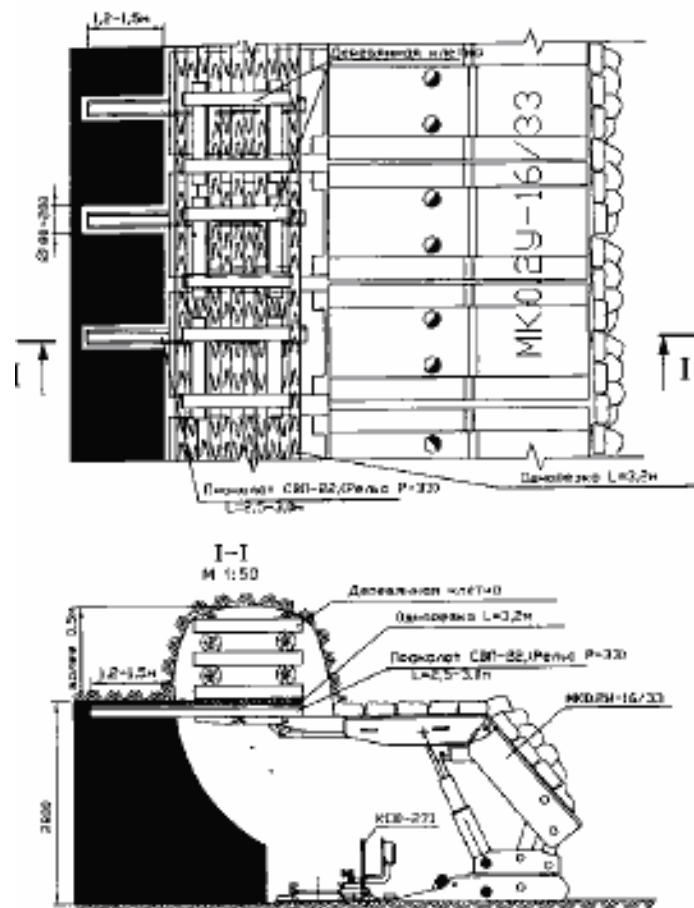


Рис. 2– Схема затягування покрівлі в розбіжку з кріпленням [3]

Затягування покрівлі в розбіжку має застосовуватися постійно по всій довжині лави для профілактики обвалень. Оскільки зведення випереджаючого кріплення, хімічне та механічне анкерування покрівлі застосовуються як аварійні, то вони мають застосовуватися на локальних ділянках в зонах ймовірних вивалів.

На ділянках, найбільш небезпечних з обвалення покрівлі анкери мають застосовуватися в поєднанні з розпилами, які в подальшому мають підхоплюватися секціями механізованого кріплення. Межа зони зміцнення порід анкерами має випереджати вибій не менше ніж на дві ширини захоплення комбайна. Відстань між анкерами має прийматися в залежності від конкретних умов від 1 до 1,5 м. При черговій установці анкерів вони мають зміщуватися щодо попередніх на половину відстані між ними. Так само мають розташовуватися сталеві стрижні на межі вугілля з покрівлею.



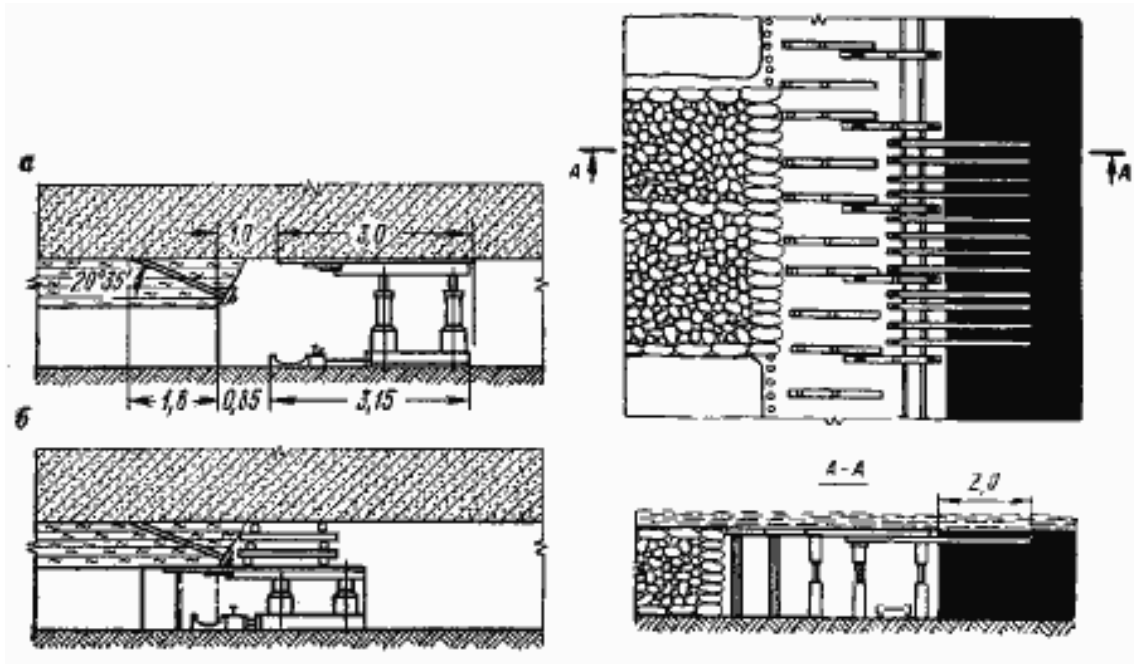


Рис. 3– Схема встановлення випереджального кріплення, закладення купола та анкерування порід покрівлі [4]

Для зменшення ймовірності травмування гірників від обвалень на кінцевих ділянках лав пропонується віднесення межі зони обвалення поза привибійний простір [5]. При цьому відстань від кромки пласта до найближчої межі зони обвалення порід на кінцевій ділянці лави визначається виразом

$$l_{обв.} = \frac{(U_{кр.} - \Delta m'_0)(a_0 + nr)}{\Delta m'_0 + (m - \Delta m'_0)(a_0 + nr)\alpha}, \quad (1)$$

де  $m$  – потужність пласта, м;  $U_{кр.}$  – критичні зміщення порід покрівлі на межі зони обвалення, м (приймаються від 0,11 до 0,14 м, в залежності від складу порід покрівлі, а при відсутності даних – 0,09м);  $a_0$  – відстань від вугільного вибою до першого ряду стійок кріплення, м;  $n$  – кількість проходів в кріпленні;  $r$  – відстань між рамками кріплення, м.  $\alpha$  – розмірний коефіцієнт зближення бічних порід;  $\Delta m'_0$  – зміщення безпосередньої покрівлі по кромці пласта (м), які визначаються з виразу [6]

$$U = m \left( \frac{m\alpha}{2\lambda t g \rho_\epsilon} \ln \left[ \frac{\gamma t g \rho_\epsilon (H + 2,22 f_{cp} \sqrt{H} + 1,4 f_{cp}^2) + 1}{C_\epsilon} \right] + a_0 \alpha + nr \alpha + \xi_0 \right). \quad (2)$$

де  $\rho$  – кут внутрішнього тертя вугілля, град.;  $\lambda$  – коефіцієнт бічного розпору, од.;  $C$  – зчеплення вугілля, кПа;  $\gamma$  – об'ємна вага порід покрівлі, що нависають, кН/м<sup>3</sup>;  $H$  – глибина розробки, м;  $f_{cp}$  – показник питомої міцності порід, м<sup>1/2</sup>;  $\xi_o$  – просідання порід покрівлі над засобом охорони, од.

З виразів (1) і (2) виливає, що впливати на переміщення межі зони обвалення від привибійного простору можна величиною  $\xi_o$ , яка визначається за формулою [7]

$$\xi_o = \varepsilon_o + \mathcal{G}_e, \quad (3)$$

де  $h$  – початкова висота засобу охорони, м;  $\xi_o$  – відносне осідання порід покрівлі над засобом охорони, од.;  $\varepsilon_o$  – піддатливість засобу охорони, од.;  $\mathcal{G}_e$  – відносне вдавлювання засобу охорони у підстилаючі породи, од.

Окрім того, збільшенням жорсткості засобу охорони можна зменшити зміщення у виробці, що охороняється, й тим самим також зменшити ймовірність обвалення порід, але вже у виробці. Зміщення порід покрівлі у виробці будуть визначатися виразом [6]

$$U_{\kappa}^e = \frac{U \left( x_* \cos \beta + \frac{B}{2} \right)}{B + (x_* + a) \cos \beta}, \quad (4)$$

де  $U$  – зміщення порід покрівлі на брівці охоронної споруди з боку виробки, м;  $B$  – ширина виробки у проходці, м;  $a$  – відстань від кріплення виробки до засобу охорони, м;  $\beta$  – кут між площиною пласта та поверхнею підосви виробки, град.

Таким чином, зменшенням піддатливості засобу охорони та просідання порід під ним можна досягти необхідного ефекту щодо забезпечення зменшення просідань порід покрівель на кінцевій ділянці лави та на сполученні виробки. Зменшення піддатливості може бути досягнуте використанням охоронних конструкцій з обмеженою піддатливістю (литих смуг [8], тумб БЗБТ, пакетовані смуги [9] тощо), але ці засоби мають обмеження за міцністю порід підосви (понад 30 МПа), яка властива для шахт Західного Донбасу, Південного Донбасу, Покровського вугленосного району.

Дієвим заходом в умовах слабких порід підосви є утворення під засобами охорони локальних укріплених зон у породах підосви (рис. 4), наявність яких дозволить перенести діючі навантаження вглиб масиву та створити стійку основу під охоронною конструкцією [10].

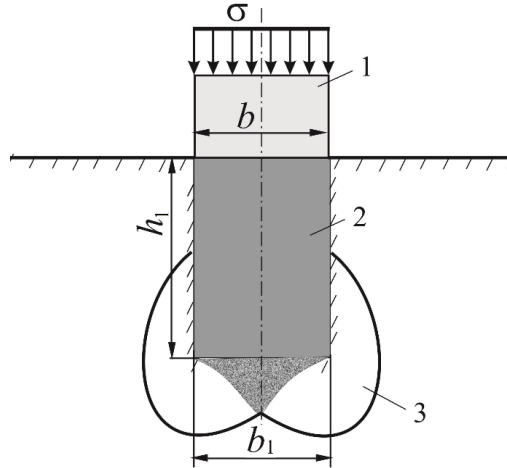


Рис. 4 – Схеми розміщення засобу охорони 1 над локальними укріпленими зонами 2 з різними формами та заглибленням (1 - засіб охорони, 2 - локальна укріплена зона, 3 - область граничної рівноваги, 4 - вали випирання,  $\sigma$  та  $b$  – відповідно, навантаження на засіб охорони та його ширина,  $h_1$  та  $b_1$  – відповідно, висота та ширина локальної укріпленої зони) [10]

Ефективність утворення таких зон була доведена результатами фізичного (рис. 5) та чисельного моделювань (рис. 6) [10], згідно яких встановлено, що: закладення охоронної конструкції нижче поверхні підосви дозволяє зменшити зміщення у виробці та зберегти її залишкову площу більше ніж 82%; за

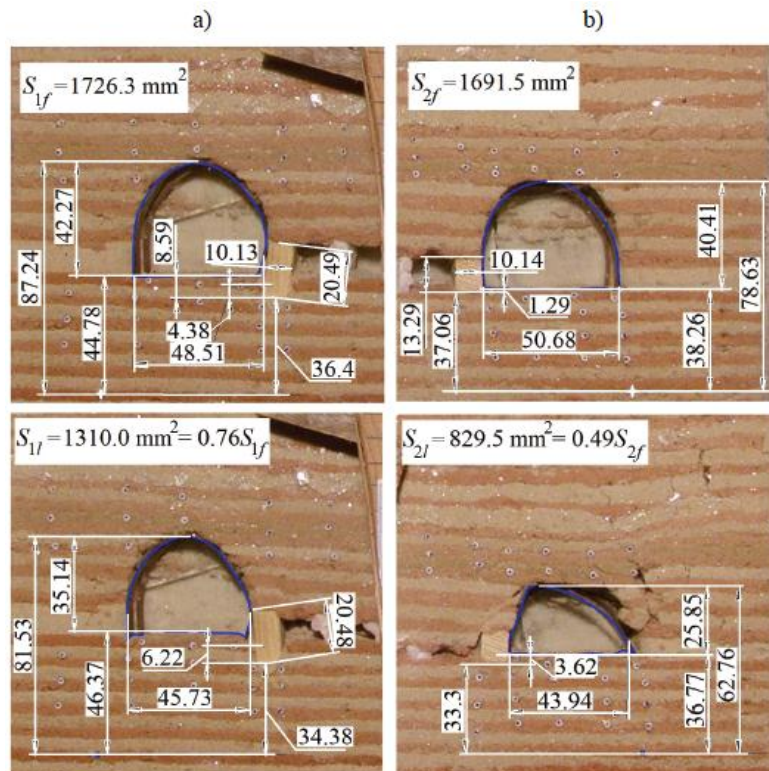


Рис. 5– Загальний вигляд виробок та охоронних споруд без заглиблення (а) та із заглибленням (б) в моделі з еквівалентних матеріалів наприкінці вимірювань [10]



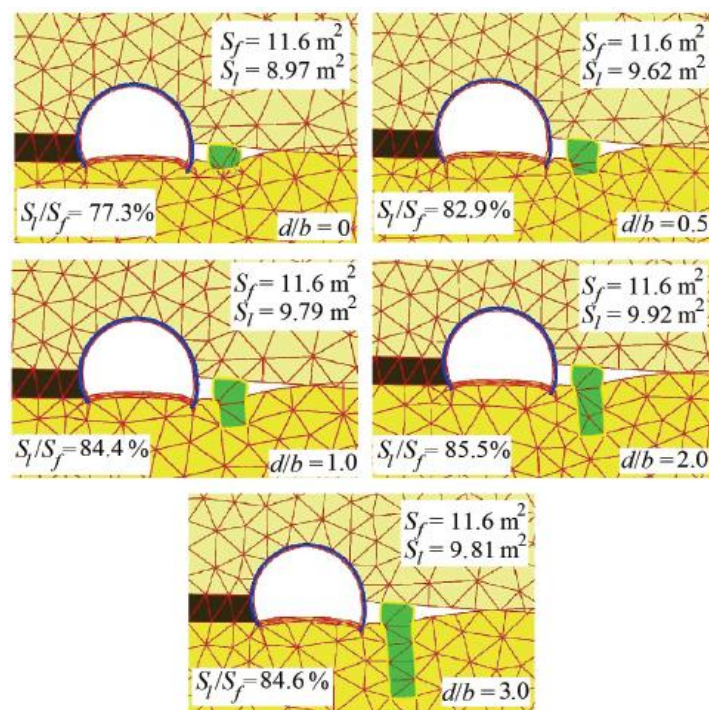


Рис. 6– Загальний вигляд деформованих сіток скінченно-елементних моделей при різній відносній величині заглиблення засобу охорони  $d/b$  ( $d$  – величина заглиблення,  $b$  – ширина засобу охорони) для визначення відносного залишкового перетину виробки  $S_k/S_n$  ( $S_n$ ,  $S_k$  – площі поперечного перетину виробки, відповідно, перед розрахунком моделей та після нього) [10]

ефективну прийнято середню глибину закладення локальної укріпленої зони у діапазоні  $0,8 \leq d/b < 2$ .

Але проведених досліджень недостатньо для встановлення параметрів локальних зон для заданих умов. Крім того, при моделюваннях засіб охорони та локальна зони були прийняті як цільна конструкція. Але ж вони мають бути відокремленими та можливо мати різні міцнісні та деформаційні властивості.

Тому необхідне проведення додаткових досліджень, щодо встановлення раціональних параметрів локальної укріпленої зони для забезпечення стійкості підстиляючих порід з метою загального зменшення осідань покрівлі та зменшення ймовірності обвалень порід.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Вывалообразования в горных выработках шахт Донбасса / К.В. Кошелев и др.; общ. ред. К.В. Кошелев. Киев: Техніка, 1994. 135с.
2. Негрій Т.О., Негрій С.Г. Прогнозування зон обвалення порід на кінцевих ділянках лав. Вісті Донецького гірничого інституту. 2018. №2 (43). С. 57-68.
3. Временные указания по управлению горным давлением в очистных забоях на пластах мощностью до 3,5 м с углом падения до 35°. Л., МУП СССР, 1982, 136 с.

4. <http://www.ukkbel.ru> // TOP 7. Ведение работ в сложных горно – геологических условиях.
5. Негрій С.Г., Негрій Т.О., Волков С.В. Безпека ведення робіт на кінцевих ділянках лав. Вісті Донецького гірничого інституту. 2018. №1 (42). С. 31-38.
6. Негрей С.Г., Сахно И.Г., Негрей Т.А., Коломиец В.А. Установление зон активных обрушений пород непосредственной кровли на концевых участках лав. Вісті Донецького гірничого інституту. 2017. №1(40). С. 5-18.
7. Негрій С.Г. Визначення зміщень порід покрівлі в зоні впливу очисних робіт позаду лави. Вісті Донецького гірничого інституту. 2019. №1 (44). С. 41-52.
8. Негрій О.С., Негрій С.Г. Встановлення ефективних конструкцій засобів охорони виробок у складних гірничо-геологічних умовах. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Технології і процеси в гірництві та будівництві». Покровськ: ДНВЗ «ДонНТУ», 2020. 30-36 с.
9. Негрій О.С., Негрій С.Г. Встановлення ефективних конструкцій засобів охорони виробок у складних гірничо-геологічних умовах. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Технології і процеси в гірництві та будівництві». Покровськ: ДНВЗ «ДонНТУ», 2020. 30-36 с.
10. Nehrii S., Nehrii T., Kultaev S., Zolotarova O. Providing resistance of protection means on the soft adjoining rocks. E3S Web Conf. II International Conference Essays of Mining Science and Practice, 2020. Vol. 168. 00033.