

УДК 622.83:622.268.6

doi: <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2019-2-16-27>

С.Г. Негрій  
С.К. Живогляд  
Т.О. Негрій

## СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА СТАНОМ ВИРОБОК ПРИ СУЦІЛЬНІЙ СИСТЕМІ РОЗРОБКИ

**Мета:** аналіз результатів спостережень за станом підготовчих виробок в умовах пласта  $m_3$  шахти ім. Є.Т. Абакумова для подальшої розробки заходів щодо забезпечення їх експлуатаційного стану.

**Методика:** аналіз сучасних науково-технічних досягнень та шахтних спостережень за станом підготовчих виробок при суцільній системі розробки.

**Результати:** виконано аналіз наукових досліджень за станом підготовчих виробок при суцільній системі розробки та обґрунтовано необхідність проведення додаткових досліджень. Виконано шахтні візуальні й інструментальні спостереження за станом підготовчих виробок і прилеглих кінцевих ділянок лави в умовах пласта  $m_3$  шахти ім. Є.Т.Абакумова. Їх результати розширюють загальні уявлення про прояви гірничого тиску навколо підготовчих виробок та кінцевих ділянок лав при підтриманні виробок позаду лав в умовах слабких бічних порід. Ці результати в подальшому можуть бути використані при розробці ефективних ресурсозберігаючих засобів охорони гірничих виробок, які підтримуються позаду очисних вибоїв. На їх основі було розроблено засоби, які передбачають використання рядової породи та обмежуючих елементів, зокрема, комбінованих охоронних споруд та бутових смуг з гнучкими перегородками з сітчастих металевих конструкцій. Останній засіб рекомендовано та впроваджено в умовах пласта  $m_3$  шахти ім. Є.Т. Абакумова.

**Наукова новизна:** встановлено закономірності проявів гірничого тиску навколо підготовчих виробок, які охороняються позаду лави в умовах слабких бічних порід.

**Практичне значення:** отримані результати можуть бути використані для доповнення та розширення загальних уявлень про прояви гірничого тиску в умовах слабких бічних порід та для розробки ефективних способів охорони гірничих виробок при суцільній системі розробки.

**Ключові слова:** система розробки, виробка, експлуатаційний стан, шахтні спостереження, засіб охорони.

### Вступ.

Відпрацювання вугільних пластів українського Донбасу ведеться в складних гірничо-геологічних умовах, обумовлених збільшенням глибини ведення робіт і слабкими бічними породами [1]. Крім того, на багатьох підприємствах є фінансові труднощі з своєчасною підготовкою виїмкових стовпів до виїмання. У зв'язку з цим, велика частка очисних вибоїв відпрацьовуються за суцільною системою розробки, коли очисні та підготовчі роботи суміщені у часі та просторі, а підготовчі виробки підтримуються позаду лав. Як правило, при таких системах розробки, особливо при пластовій підготовці стовпів, є проблеми з підтриманням підготовчих виробок позаду лави.

Особливо актуальним питання підтримання підготовчих виробок є для державних шахт, які фінансово обмежені у впровадженні сучасних технологій охорони виробок. Прикладом є шахта ім. Є.Т. Абакумова, яка на даний момент тимчасово знаходиться на окупованій території. В умовах цього підприємства використовувалась стовпова система

розробки, але через брак коштів у 2009 році був здійснений перехід на суцільну. Це спричинило багато проблем, пов'язаних зі станом виробок, та, відповідно, забезпеченням планового обсягу видобутку та безпеки робіт на виїмкових ділянках.

Науковцями кафедри РРКК ДонНТУ та представниками шахти ім. Є.Т. Абакумова в 2010 р. здійснювались спостереження за станом підготовчих виробок в умовах пласта  $m_3$  цієї шахти, які стали основою для розробки засобів охорони виробок.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Застосування суцільної системи розробки обумовлено тим, що вона найчастіше використовується на вельми тонких і тонких пластах, тому областю її застосування є близько 95% запасів вугілля [2]. У 80-х -90 х роках її частка поступово зменшувалася на користь стовпової. На початку 2000-х частка очисних вибоїв із суцільною системою розробки становила в середньому 32%, комбінованих - 13%, стовпових - 53%, інших - 2% [3].

В роботі [4] вказується, що суцільна система конкурентоспроможна зі стовповою при використанні механізованих комплексів. Справедливо звертається увага на те, що в розрахунках порівняльної економічної ефективності різних комплексів часто не враховуються витрати на попередню підготовку стовпів, внаслідок чого штучно завищена ефективність стовпової системи. Підтвердженням цьому служить і досвід країн, в яких законом забороняється видача породи на поверхню. Тому в ФРН механізовані комплекси працюють при суцільній системі з повною закладкою виробленого простору, видаючи з очисного вибою до 2000 т вугілля на добу.

Але застосування суцільної системи розробки пов'язане з масою проблем, які стосуються підтримання підготовчих виробок. При цьому стійкість виробок залежить як від стійкості бічних порід, застосовуваних засобів кріплення і охорони, так і від схеми їх проведення (з випередженням лави, загальним вибоєм з лавою або з відставанням від неї). В роботі [5] наводяться результати спостережень за станом таких виробок в умовах шахт Ахенського та Рурського басейнів і шахт Великобританії та Франції. Докладно розглядаються умови проведення виробок відносно очисного вибою, встановлюється вплив параметрів засобів кріплення та охорони на зміщення порід покрівлі, підосви та боків.

У 2011 році проводились дослідження в конвеєрному штреці 8-ої західної лави  $m_3$  шахти ім. Є.Т. Абакумова, але ці дослідження були спрямовані на встановлення впливу підсилюючого кріплення на стан виробки [6].

В роботах [7] і [8] розглядалися особливості деформування елементів аркового кріплення виробок, які проводились і підтримувались позаду лав в умовах пласта  $m_3$  шахти «Щегловська-Глибока» і пласта  $h_{10}$  шахти ім. М.І. Калініна. Для умов пласта  $m_3$  шахти «Щегловська-Глибока» також виконувалися інструментальні спостереження за зсувами порід покрівлі та підосви конвеєрної виробки й встановлювався вплив засобів охорони на їх величини [9].

Для умов пласта  $m_3$  шахти «Карбоніт» ДП «Первомайськвугілля», де використовувалась суцільна система розробки [10], отримано результати шахтних

спостережень за проявами гірського тиску та науково обґрунтовуються для цих умов способи охорони виробок.

Результати відомих досліджень в тій чи іншій мірі розкривають особливості проявів гірського тиску в умовах відпрацювання лав за суцільною системою розробки, але не є зайвим проведення додаткових досліджень, оскільки вони доповнюють та розширюють загальні уявлення про механізм деформування контуру підготовчих виробок в різних гірничо-геологічних умовах відпрацювання пластів.

### Мета досліджень.

Метою даної статті є аналіз результатів спостережень за станом підготовчих виробок в умовах пласта  $m_3$  шахти ім. Є.Т.Абакумова для подальшої розробки заходів щодо забезпечення їх експлуатаційного стану.

### Методи дослідження.

У роботі проведено аналіз сучасних науково-технічних досягнень, шахтні інструментальні спостереження та аналіз отриманих результатів.

### Виклад основного матеріалу.

У 2010 році в умовах 8-ої західної лави пласта  $m_3$  шахти ім. Є.Т. Абакумова, склалася критична ситуація, коли через незадовільний технічний стан конвеєрного штреку його залишковий перетин був менше, ніж допустимий за умовами провітрювання та розміщення транспортного обладнання (рис. 1). Практично зупинилися очисні роботи, оскільки в лаву не надходила необхідна кількість повітря та не було можливості своєчасно доставляти до вибою матеріали й обладнання. Тому на прохання керівництва шахти для розробки рекомендацій щодо забезпечення експлуатаційного стану виробок було проведено шахтні натурні спостереження в підготовчих виробках даної лави та на її кінцевих ділянках.

У безпосередній покрівлі пласта  $m_3$  залягав нестійкий аргіліт межею міцності на одновісний стиск 13-40 МПа, потужністю 7,0-10,0 м. В цьому шарі була яскраво виражена шаруватість і тріщинуватість. Відстань між тріщинами в нижньому шарі становила 0,1-0,6м. Основна покрівля була представлена обводненим піщаником

міцністю на одновісний стиск 55 МПа та потужністю 4,5-6,6 м. У безпосередній підшві пласта знаходився алевроліт

а)



потужністю 1,2-1,6 м і міцністю 30 МПа. Цей шар був схильний до здимання внаслідок того, що нижче нього залягав шар

б)



**Рис. 1** Загальний вигляд виробки в безпосередній близькості до очисного вибою (а) та на значній відстані від нього (б)

обводненого тріщинуватого вапняку МЗ, міцність якого була 110 МПа, а потужність - 0,10-0,25м.

Вентиляційний і конвеєрний штреки були закріплені трьохланковим піддатливим металевим овоїдним кріпленням КМП-А3Р2 з перетином у світлі 14,1м<sup>2</sup> та піддатливістю 700 мм. Проводилися виробки буропідризним способом.

Вентиляційний штрек проводився слідом за лавою вприсічку до виробленого простору раніше відпрацьованої лави з залишенням цілика 6,5 м. Порода від проведення закладалася в бутову смугу вручну. Конвеєрний штрек спочатку також проводився слідом за лавою, але через незадовільний технічний стан кінцевої ділянки лави та через неможливість забезпечити безпечні умови праці було прийняте рішення про проведення його з випередженням лави не більше ніж 5,0 м (рис. 2). Для охорони конвеєрного штреку було прийнято бутову смугу з паспортною шириною до 7 м та чуракову перемичку шириною 1,3 м (на окремих ділянках вона заміщувалась стійками СКУ).

З початку відпрацювання лави стан вентиляційної виробки був задовільний, а конвеєрної – незадовільний. У конвеєрному штреці відзначалися інтенсивні зміщення порід його контуру, виникла необхідність в проведенні підризок порід підшви на висоту від 0,4 до 2,1 м.

Для встановлення причин незадовільного стану цього штреку були проведені візуальні та інструментальні спостереження за його станом. Обстеження фактичного стану конвеєрного штреку 8-ої західної лави пласта м<sub>3</sub> шахти ім. Є.Т. Абакумова і результати шахтних інструментальних спостережень на вимірювальних станціях дозволили виявити особливості механізму деформування бічних порід на контурі виїмкової виробки.

Аналіз геологічної будови шахтного поля на ділянці виїмкового поля 8 західної лави пласта м<sub>3</sub> показав, що даний очисний вибій працює в особливо складних гірничо-геологічних умовах. Несприятлива обстановка формувалася в основному внаслідок залягання пласта м<sub>3</sub> в слабких, обводнених породах. Породи, які вміщували конвеєрний штрек, були представлені дискретним середовищем (рис. 3).

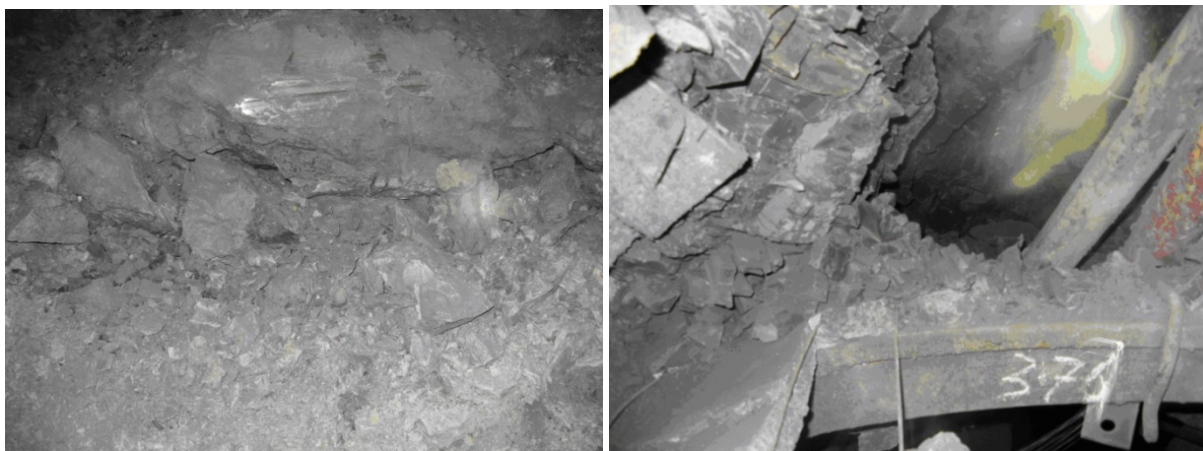
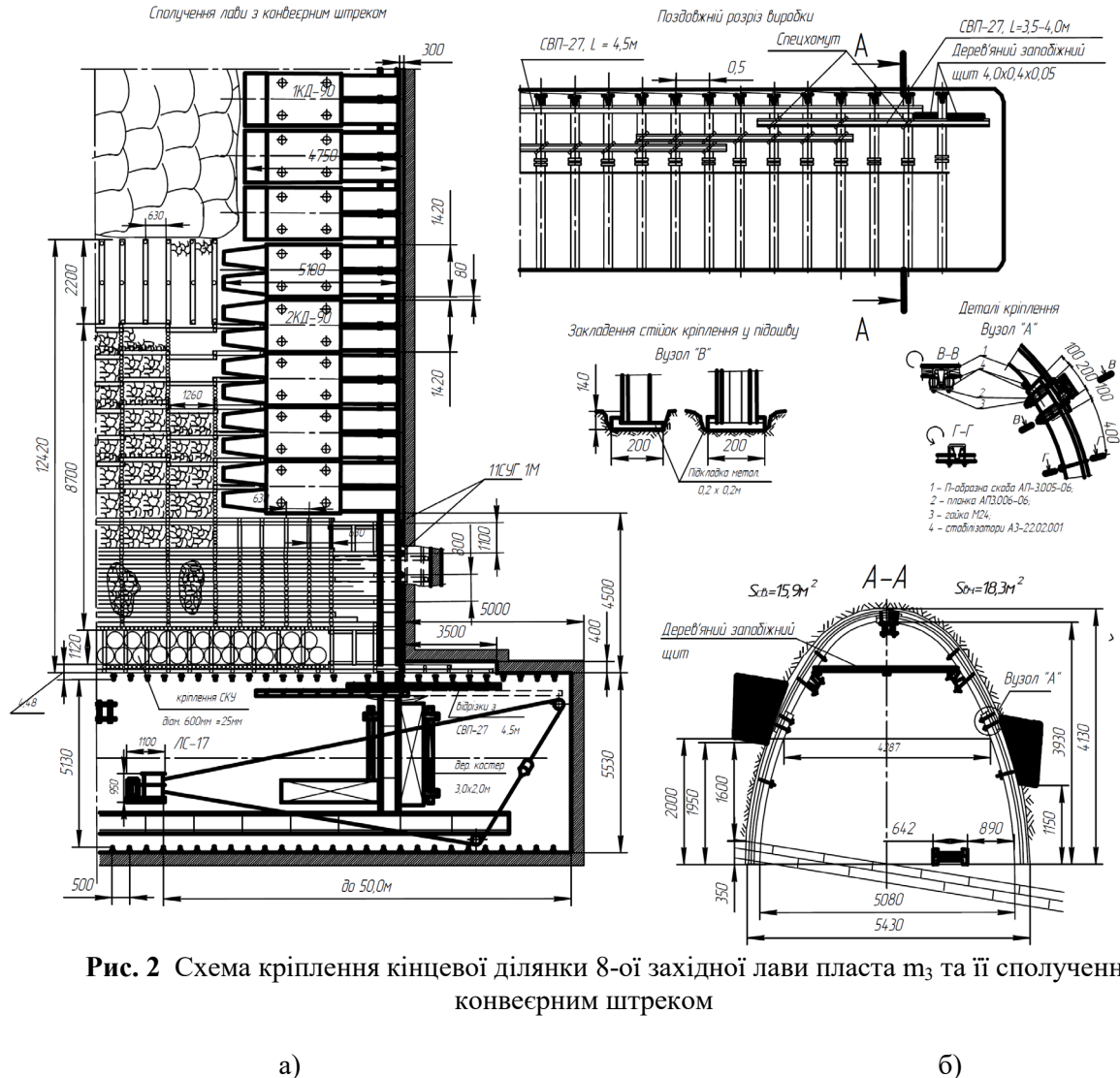
У безпосередній близькості до лави висота виробки була істотно вищою, ніж на ділянці виробки, яка була більш віддаленою від вибою, та вже на відстані 15-20 м її висота не перевищувала 2,5 м, причому встановлені по центру виробки стійки підсилення основного кріплення занурювалися у підшву на глибину до 1,0 м (рис. 1).

У зоні опорного тиску лави переважна більшість комплектів кріплення не працювали в піддатливому режимі, а

розрізнені рами через неякісне встановлення, розклинювання та через порожнини за рамами невідворотно деформувалися та руйнувалися (рис. 4), що

супроводжувалося розривом замкових з'єднань та вивалами порід у порожнину виробки (рис. 3б)

Сполучення лави з конвеєрним штреком



**Рис. 3** Загальний вигляд зрізу порід підоснови виробки в місці проведення підривок (а) і купола вивалу над верхняками кріплення виробки (б)



Згідно з паспортом кріплення кінцевої ділянки, ширина бутової смуги мала становити 6,5 м з встановленням ряду органного кріплення на межі з виробленим

простором. Але внаслідок інтенсивного обвалення порід безпосередньої покрівлі не було можливості позаду секцій механізованого кріплення встановлювати



**Рис. 4** Загальний вигляд характерних ділянок деформування елементів кріплення виробки

органне кріплення та бутову смугу на всю проектну ширину (рис. 5). Тому з відставанням від лави на 4,0 м позаду неї споруджувалась бутова смуга шириною 4,0 м, а на межі між бутовою смугою та виробкою на відстані від лави 5,6 м споруджувалась чуракова перемичка шириною 1,3 м (рис. 6 а).

У окремих місцях відзначено неякісне кріплення кінцевої ділянки індивідуальними стійками під дерев'яний брус, яке супроводжується розломами елементів кріплення (рис. 7). Невідповідність параметрів охоронних споруд паспорту кріплення кінцевої ділянки лави були причиною значної піддатливості бутової смуги та, як наслідок, втрати несучої здатності та її розповзання, розломів елементів індивідуального кріплення та обвалень породи (рис. 6 в, г). За результатами вимірювань було встановлено,

що усадка бутової смуги на відстані 9,5 м позаду лави становила в середньому 63% від потужності пласта. Розповзання бутової смуги призвело до втрати стійкості та руйнування стійок індивідуального дерев'яного кріплення на межі між бутовою смугою та чураковою стінкою (рис. 6 г). Через деякий час під дією ваги порід, що нависали, бутова смуга ущільнювалася, після чого породи, які залягали під нею, вдавлювались у вільні порожнини, в тому числі у виробку.

Також проводились інструментальні спостереження за зміщеннями порід контуру 8-го західного конвеєрного штреку. Заміри здійснювались на ділянці виробки довжиною 96 м по 7-ми замірним станціям впродовж 40 діб. За цей час очисний вибій посунувся на 37 м. На кожній станції проводилось вимірювання поточної висоти

виробки за допомогою рулетки «Азимут» (точність вимірювання  $\pm 0,5$  мм).

В результаті інструментальних спостережень були отримані значення конвергенції порід покрівлі та підшви

виробки  $U$  в залежності від відстані до очисного вибою  $L$  і часу підтримання виробки  $T$  (рис. 8). Отримані результати добре корелюються з результатами



**Рис. 5** Загальний вигляд обвалення порід покрівлі позаду секцій кріплення зі зворотною консоллю

отриманими іншими авторами [5, 7, 11, 12, 13], що досліджували процес впливу очисних робіт на стан виїмкових виробок. Це свідчить про те, що в ході шахтних спостережень нами не було допущено принципових помилок.

З отриманого графіка випливає, що інтенсивні зміщення контуру виробки мали місце на відстані від лави від 0 до 40 м. На цій ділянці реалізувалося до 80% всіх зміщень, після чого спостерігалось зменшення їх швидкості та стабілізація процесу деформування контуру виробки. На відстані 60 м за лавою здійснювалась підбивка порід підшви на величину до 0,5 м, після чого характер зсувів був подібний тому, який був до проведення ремонтних робіт. Як підсумок, кінцеві зміщення порід покрівлі та підшви на

відстані 120 м поза лавою склали 1,9 м. При відсутності ремонтних робіт сумарна конвергенція порід покрівлі та підшви у виробці могла б перевищити 58 % від висоти виробки.

Таким чином, отримана залежність дозволила визначити довжину зони впливу очисних робіт на стан виїмкових виробок, а також дослідити характер зсувів їх контуру.

#### **Обговорення результатів.**

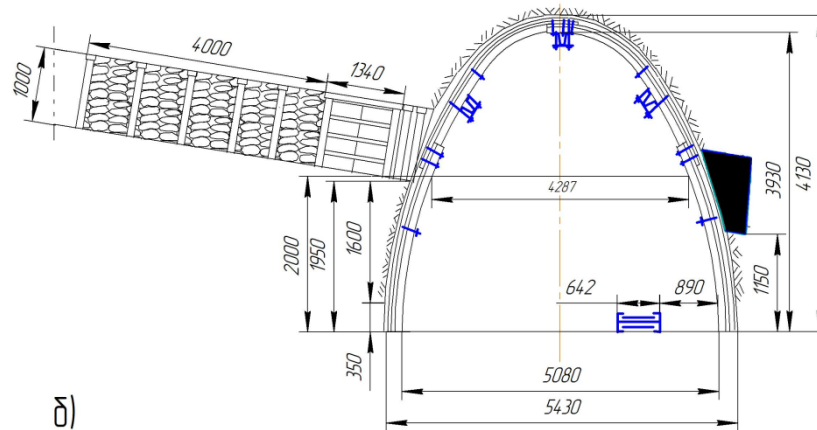
Результати спостережень вказують на те, що недостатній опір охоронної споруди породам покрівлі привів до розвитку зони зруйнованих порід навколо конвеєрного штреку та зависання над спорудою значного обсягу порід. Внаслідок дії ваги цих порід та руйнування засобів кріплення кінцева ділянка лави опинилася в



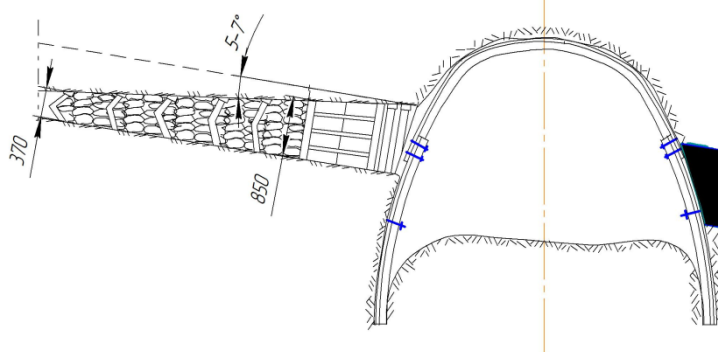
незадовільному стані, що стало причиною багаторазових зупинок очисного вибою.

Для забезпечення стійкості конвеєрного штреку в таких умовах необхідно вжити було заходи щодо зменшення інтенсивності розвитку зони

а)



б)



в)



г)



**Рис. 6** Поперечні перерізи охоронної споруди та конвеєрного штреку 8-ої західної лави пл. т<sub>3</sub> шахти ім. Є.Т. Абакумова (а і б- відповідно, на відстані 5,6 і 9,5 м від лави; в - загальний вигляд бутової смуги; г- загальний вигляд елементів дерев'яного кріплення, які були деформовані через розповзання бутової смуги)

переміщення секцій механізованого кріплення з попереднім підпором або перейти на повне кріплення кінцевої ділянки дерев'яними стійками під брус. У

результаті на підприємстві була прийнята схема переміщення з попереднім підпором.

Для збільшення несучої здатності бутової смуги, на нашу думку, було

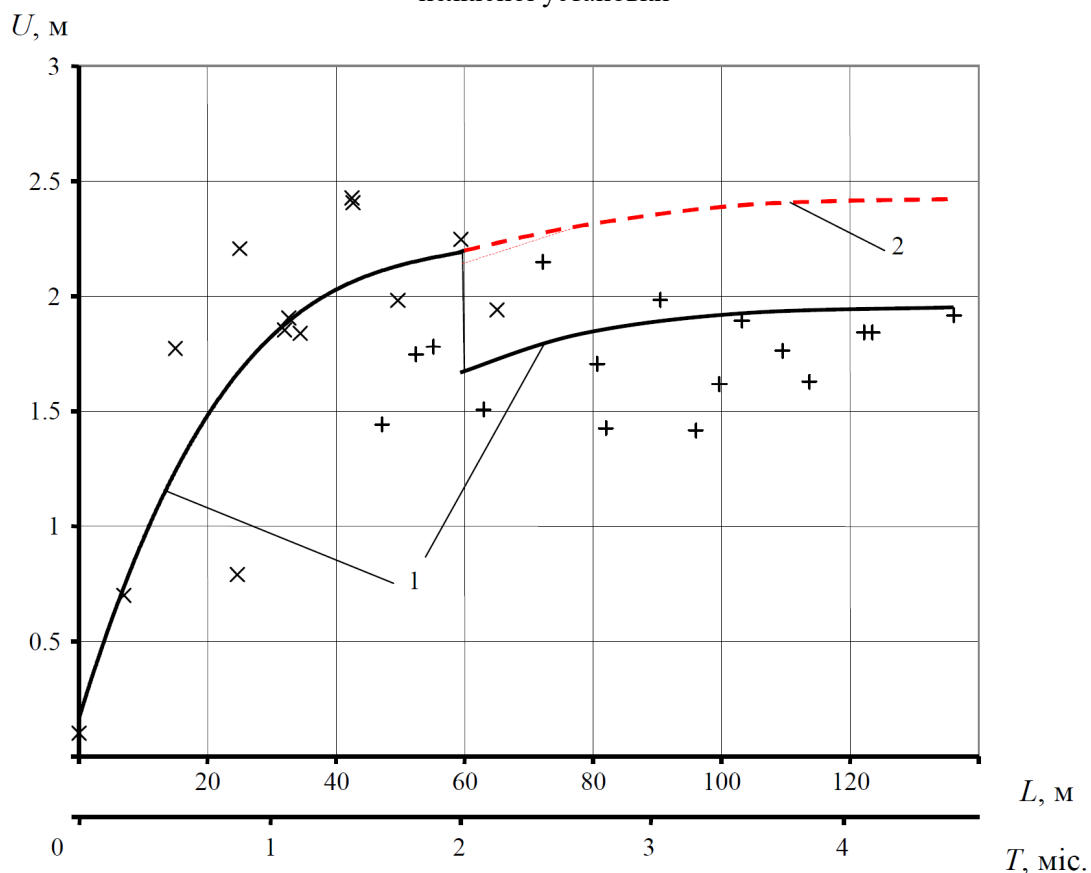
доцільне застосування в її конструкції обмежуючих поверхонь. Тому було рекомендоване використання в бутовій смузі армуючих гнучких перегородок з сітчастих металевих конструкції (рис. 9) [14]. Ця рекомендація було схвалена

керівництвом підприємства та внесено зміни до паспорту кріплення кінцевої ділянки лави (рис. 10).

Використання гнучких металевих перегородок дозволило дещо зменшити усадку бутової смуги, але процес



**Рис. 7** Загальний вигляд елементів дерев'яного кріплення, які були деформовані внаслідок їх неякісної установки



**Рис. 8** Графік залежності конвергенції порід покрівлі та підшви конвеєрного штреку в залежності від відстані до лави і часу експлуатації виробки (1 - крива фактичних зміщень з урахуванням ремонтних робіт, 2 - крива прогнозних зміщень при відсутності ремонтних робіт)

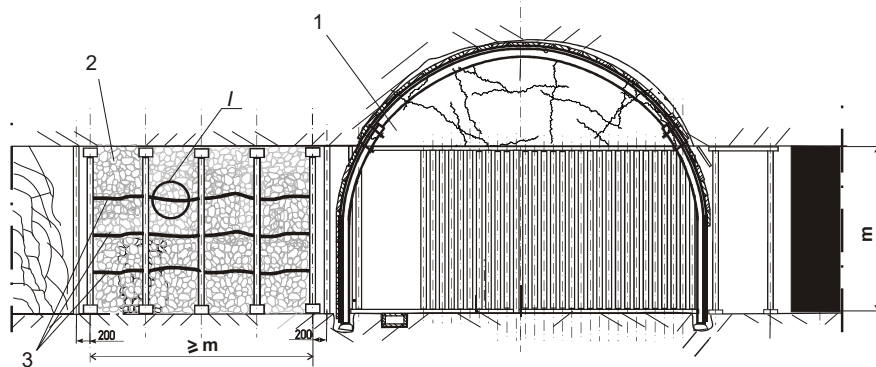
спорудження даної охоронної конструкції був не технологічним, оскільки

виконувався вручну в умовах обмеженості робочого простору.

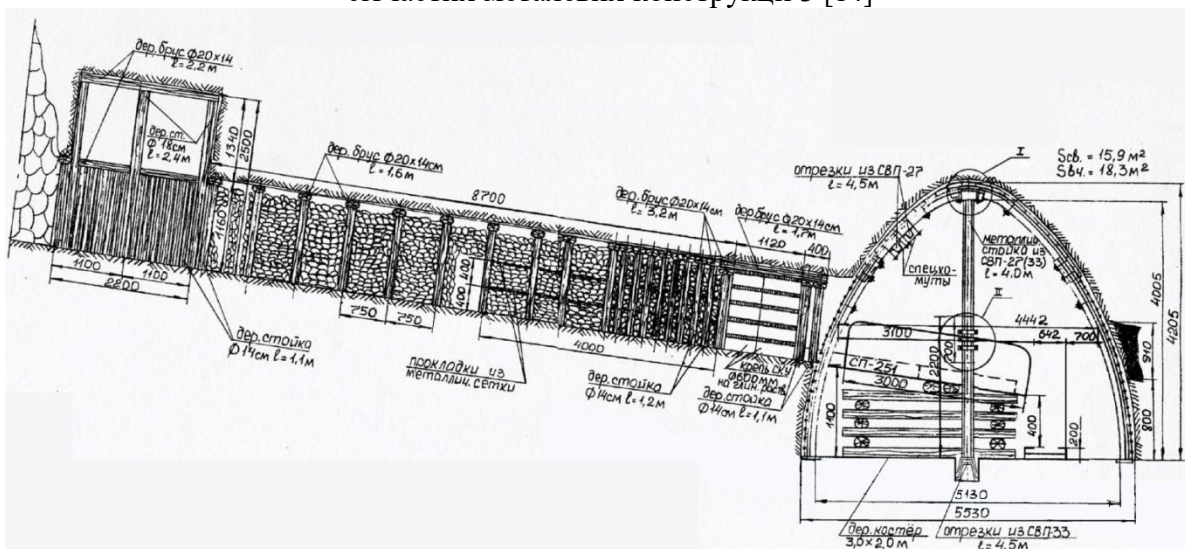


В таких умовах бутову смугу можна було б замінити стінкою з мішків з породою [15], але це призвело б до зменшення темпів спорудження засобів охорони, оскільки ця стінка мала б бути шириною понад 3 м. Це

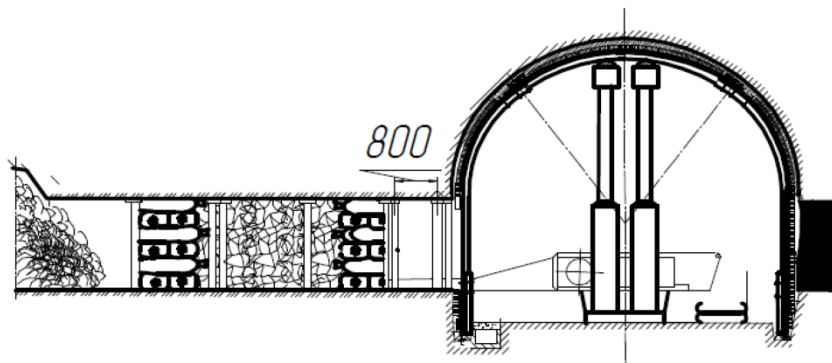
стало причиною розробки комбінованої охоронної споруди з бутової смуги та породних стінок невеликої ширини (рис. 11) [16, 17].



**Рис. 9** Поперечний перетин виробки 1 та бутової смуги 2 з гнучкими перегородками з сітчастих металевих конструкції 3 [14]



**Рис. 10** Поперечний переріз конвеєрного штреку 8-ї західної лави пласта  $m_3$  шахти ім. С.Т. Абакумова та засобу охорони з врахованими рекомендаціями щодо охорони виробки



**Рис. 11** Поперечний перетин виробки та комбінованої охоронної споруди з рядової породи

### Висновок.

Отримані результати шахтних натурних спостережень за станом підготовчих виробок при суцільній системі розробки доповнюють та розширюють

загальні уявлення про прояви гірничого тиску в умовах слабких бічних порід. Вони можуть бути корисними при розробці заходів щодо охорони гірничих виробок позаду очисних вибоїв. На їх основі вже

було розроблено та рекомендовано кілька засобів охорони з підвищеною несучою здатністю, реалізація яких потребує незначних коштів та є ефективною в умовах нестійких бічних порід.

### Вдячність

Дослідження проведено в рамках науково-дослідної роботи «Розробка і впровадження нетрадиційних ресурсозберігаючих технологій управління напружено-деформованим станом гірського масиву навколо виробок» (державна реєстрація 0110U001053).

Автори вдячні за допомогу у проведенні спостережень д.т.н., професору кафедри розробки родовищ корисних копалин ДВНЗ ДонНТУ І.Г. Сахно.

### Список літератури

1. Nehrii S., Nehrii T., Bachurin L. and Piskurska H. Problems of mining the prospective coal-bearing areas in Donbas. *E3S Web Conf. Ukrainian School of Mining Engineering*, 2019, Volume 123, 01011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301011>
2. Морозов И.Т., Пономаренко П.И. Перспективы применения сплошной системы разработки в Донбассе. *Уголь Украины*, 1997, №12, С. 8-10.
3. Ильин А.И., Косарев И.В., Андреев Г.В., Овчаренко В.А. Анализ работы очистных забоев. *Уголь Украины*, 2010, № 11, С. 3–7.
4. Тупиков Б.Т., Андриенко В.М. Оценка технологии поддержания участковых выработок, проводимых вслед за очистным забоем. *Уголь Украины*, 1997, №12, С.10-13.
5. Якоби О. Практика управления горным давлением. Москва: Недра, 1987, 566 с.
6. Соловьев Г.И., Касьяненко А.Л. О механизме упорно-жесткого противодействия выдавливанию крепких пород почвы конвейерного штрека в условиях пласта  $m_3$  шахты им. Е.Т. Абакумова. *Вісті Донецького гірничого інституту*, №1(30)-2(31), 2012, С. 250-258.
7. Сахно И.Г., Касьян Н.Н. Особенности конвергенции пород и пространственного перемещения рам крепи в условиях шахты "Щегловская-Глубокая". *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Гірничо-геологічна*, 2012, Вип. 2, С. 16-23.
8. Панфилов Ю.Н., Ковшевний А.П., Соловьев Г.И., Малышева Н.Н., Нефедов В.Е., Рубель Д. А. Особенности механизма проявлений горного давления в выемочных выработках глубоких шахт. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, 2005, №7, С. 230-233.
9. Касьян Н.Н., Мокриенко В.Н., Сахно И.Г. Опыт-промышленная проверка способа охраны выработки жесткими сооружениями с компенсационными полостями в условиях шахты "Щегловская-Глубокая". *Научовий вісник*

*Національного гірничого університету*, 2012, № 6, С. 30-36.

10. Штанько Л.А., Ремизов А.В. Обоснование способов охраны выемочных выработок пласта  $m_3$  на шахте „Карбонит“. *Збірник наукових праць ДонДТУ*, 2010, №32, С. 109–113.

11. Солодянкин А.В., Григорьев А.Е., Халимендик А.В., Машурка С.В. Шахтные исследования геомеханических процессов в окрестности участков выработок ГП «Шахтоуправление «Южнодонецкое №1». *Геотехнічна механіка*, 2015, вип. 123, С. 87-98.

12. Xingen Ma, Manchao He, Jiong Wang, Yubing Gao, Daoyong Zhu and Yuxing Liu. Mine Strata Pressure Characteristics and Mechanisms in Gob-Side Entry Retention by Roof Cutting under Medium-Thick Coal Seam and Compound Roof Conditions. *Energies*, 2018, 11, 2539.

<https://doi.org/10.3390/en11102539>

13. Małkowski P., Ostrowski Ł. Convergence monitoring as a basis for numerical analysis of changes of rock-mass quality and Hoek-Brown failure criterion parameters due to longwall excavation. *Arch. Min. Sci.* 64, 2019, 1, pp. 93-118.

<https://doi.org/10.24425/ams.2019.126274>

14. Негрій С.Г., Негрій Т.О., Коломієць В.О., Іорданов І.В. Спосіб охорони гірничих виробок. Пат. № 137375, МПК(2019.01) E21D 11/00, E21F 15/00, опубл. 10.08.2017; 25.10.2019, бюл. № 20.– 3с.

15. Касьян М.М., Фельдман Е.П., Хазіпов І.В., Негрій С.Г., Мокрієнко В.М. Спосіб охорони підготовчих виробок. / Пат. № 54012, МПК(2010) E21D 15/00, опубл. 25.10.2010; 25.10.2010, бюл. №20/2010.

16. Негрей С.Г., Негрей Т.А. Определение параметров породной полосы с ограниченной податливостью. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*, 2017, Вип. 1 (102), С. 50-57.

17. Nehrii S., Nehrii T. and Piskurska H. Physical simulation of integrated protective structures. *E3S Web Conf. Ukrainian School of Mining Engineering*, 2018, Volume 60, 00038. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000038>.

### References

1. Nehrii S., Nehrii T., Bachurin L. and Piskurska H. (2019) Problems of mining the prospective coal-bearing areas in Donbas *E3S Web Conf. Ukrainian School of Mining Engineering*, Volume 123, 01011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301011>
2. Morozov I.T. & Ponomarenko P.I. (1997) Prospects for the application at the longwall advancing on the strike in the Donbass [Perspektivy primeneniya sploshnoy sistemy razrabotki v Donbasse]. *Ugol Ukrainy*, No 12, pp. 8-10. (in Russian).
3. Ilin A.I., Kosarev I.V., Andreev G.V., Ovcharenko V.A. (2010) Analysis of the longwall excavation [Analiz raboty ochistnykh zaboev]. *Ugol Ukrainy*, No 11, pp. 3–7. (in Russian).
4. Tupikov B.T., Andrienko V.M. (1997) Technology assessment while maintaining workings which was driven behind the stope [Otsenka tehnologiy podderzhaniya uchastkovykh vyirabotok, provodimykh vsled za ochistnyim zaboev]. *Ugol Ukrainy*, No 12, pp. 10-13. (in Russian).

5. Jacobi O. (1987) Mountain pressure management practice [Praktika upravleniya gornym davleniem]. Nedra, Moscow, 566 p. (in Russian).
6. Soloviev G.I., Kasyanenko A.L. (2012) Mechanism of thrust stiff opposition extrusion strong ground soil conveyor roadway in mine named layer  $m_3$  E.T. Abakumova [O mehanizme uporno-zhestkogo protivodeystviya vyidavlivaniyu krepkih porod pochvyi konveyernogo shtreka v usloviyah plasta  $m_3$  shahty im. E.T. Abakumova]. Journal of Donetsk Mining Institute, No. 1(30)-2(31), pp. 250-258. (in Russian).
7. Sahnio I., Kasyan N. (2012) Peculiarities of Rock Convergence and Support Frame Spatial Displacement in the Mine "Shcheglovskaya-Deep" [Osobennosti konvergentsii porod i prostranstvennogo peremescheniya ram krepki v usloviyah shahty "Scheglovskaya-Glubokaya"] Scientific papers of DonNTU. Series: Hearneycho-geologica, Vol. 2, pp 16-23. (in Russian).
8. Panfilov Yu. N., Kovshevnyy A. P., Soloviev G. I., Malyisheva N. N., Nefedov V. E., Rubel D. A. (2005). Features of the mechanism of manifestation of rock pressure in the workings of deep mines [Osobennosti mehanizma proyavleniy gornogo davleniya v vyimochnykh vyirabotkakh glubokikh shaht]. Mining informational and analytical bulletin, №7, pp. 230-233. (in Russian).
9. Kasyan N.N., Mokrienko V.N., Sahnio I.G. (2012). Experimental-industrial verification of maintenance method using rigid constructions with countervailing cavities in the mine "Scheglovskaya-Glubokaya" [Opyitno-promyshlennaya proverka sposoba ohranyi vyirabotki zhestkimi sooruzheniyami s kompensatsionnyimi polostyami v usloviyah shahty "Scheglovskaya-Glubokaya"]. Scientific Bulletin of National Mining University, No 6, pp. 30-36. (in Russian).
10. Shtanko L.A., Remizov A.V. (2010). Justification of methods for protecting excavation workings of the  $m_3$  formation at the Karbonit mine [Obosnovanie sposobov ohranyi vyimochnykh vyirabotok plasta  $m_3$  na shahte „Karbonit“]. Collection of Scientific Papers of DonSTU, No 32, pp. 109–113. (in Russian).
11. Solodyankin O.V., Grigoriev A.E., Khalimendik A.V., Mashurka S.V. (2015) In-mine investigation of geomechanical processes near the local workings in the state enterprise "Yuzhnodonbasskaya №1 mine" coal company" [Shahtnyie issledovaniya geomechanicheskikh protsessov v okrestnosti uchastkovykh vyirabotok GP «Shahtoupravlenie «Yuzhnodonbasskoe No 1»// Geo-Technical Mechanics, Vol. 123, pp. 87-98. (in Russian).
12. Xingen Ma, Manchao He, Jiong Wang, Yubing Gao, Daoyong Zhu and Yuxing Liu (2018) Mine Strata Pressure Characteristics and Mechanisms in Gob-Side Entry Retention by Roof Cutting under Medium-Thick Coal Seam and Compound Roof Conditions Energies, 11, 2539; <https://doi.org/10.3390/en11102539>
13. Małkowski P., Ostrowski Ł. (2019) Convergence monitoring as a basis for numerical analysis of changes of rock-mass quality and Hoek-Brown failure criterion parameters due to longwall excavation. Arch. Min. Sci. 64, 1, 93-118. <https://doi.org/10.24425/ams.2019.126274>
14. Nehrii S., Nehrii T., Kolomiiets V., Iordanov I. Method of protection of workings. [Sposib okhorony vyrobok]. Patent No 137375, E21D 11/00, E21F 15/00, public. 10.08.2017; 25.10.2019, bulletin No 20. (in Ukrainian).
15. Kasian M.M., Feldman E.P., Khazipov I.V., Nehrii S.H., Mokriienko V.M. Method of protection of workings [Sposib okhorony pidhotovchikh vyrobok]. Patent No 54012, E21D 15/00, public.. 25.10.2010; 25.10.2010, bulletin No №20/2010. (in Ukrainian).
16. Nehrii S., Nehrii T. (2017) Determination of parameters of rock bands with limited suppleness [Opredelenie parametrov porodnoy polosyi s ogranichennoy podatlivostyu]. Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi national university . Issue 3 (116). pp. 50-57. (in Russian).
- Nehrii S., Nehrii T. and Piskurska H. (2018) Physical simulation of integrated protective structures. E3S Web Conf. Ukrainian School of Mining Engineering, Volume 60, 00038. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000038>.

Надійшла до редакції 01.12.2019

Рецензент заст. дир. з виробництва ДП «Шахта ім. М.С. Сургая» С.О.Култаєв

**Негрій Сергій Григорович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Розробка родовищ корисних копалин» Державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, 85300, Україна), orcid.org/0000-0002-3195-8401.

Email: [serhii.nehrii@donntu.edu.ua](mailto:serhii.nehrii@donntu.edu.ua).

**Живогляд Сергій Костянтинівич** – гірничий інженер, ДП «Шахта ім. М. С. Сургая» (м. Вугледар, 85670, Україна).

**Негрій Тетяна Олександрівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Охорона праці» Державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, 85300, Україна), orcid.org/0000-0002-4239-3178.

Email: [tetiana.nehrii@donntu.edu.ua](mailto:tetiana.nehrii@donntu.edu.ua).

## OBSERVATION OF THE STATE OF WORKINGS AT THE OUTRIGHT LONGWALL EXCAVATION SYSTEM

**Purpose:** analysis of the results of observations on the state of advance workings in the conditions of  $m_3$  seam at the Abakumov mine for further development of measures to ensure their operational status.

**Methodology:** analysis of modern scientific and technological achievements and mine observations on the state of advance workings at the outright longwall excavation system.

**Results:** the analysis of scientific researches on the state of advance workings at the outright longwall excavation system is made and the necessity of carrying out additional researches is grounded. Mine visual and instrumental observations on the condition of the advance workings and adjacent end sections of the face in the conditions of  $m_3$  seam at



the Abakumov mine. Their results extend the general understanding of the manifestations of rock pressure around the advance workings and end sections of the longwall face while maintaining the workings behind the longwall faces in conditions of soft lateral rocks. These results can later be used in the development of effective resource-saving means of mining, which are maintained behind breakage faces. On this basis, means have been developed that involve the use of ordinary rock and limiting elements, in particular, combined security structures and rubble strips with flexible partitions of mesh metal structures. The latter remedy is recommended and implemented in the conditions of  $m_3$  seam at the Abakumov mine.

**Scientific novelty:** patterns of mining pressure around the advance workings, which are guarded behind the longwall face have been established.

**Practical value:** the results obtained can be used to supplement and extend general perceptions of the manifestations of rock pressure in conditions of soft lateral rocks and to develop effective measures for the protection of mining at the outright longwall excavation system.

**Keywords:** at the outright longwall excavation system, working, operational state, mine observations, means of protection.

**Nehrii Serhii** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Public higher education institution Donetsk National Technical University (2, Shybankova square, Pokrovsk, Donetsk region, 85300, Ukraine), orcid.org/0000-0002-3195-8401.

Email: [serhii.nehrii@donntu.edu.ua](mailto:serhii.nehrii@donntu.edu.ua).

**Zhyvohliad Serhii** – Mining Engineer, State Enterprise «Mine to them. Surgai» (Vugledar City, 85670, Ukraine), orcid.org/0000-0002-3195-8401.

Email: [serhii.nehrii@donntu.edu.ua](mailto:serhii.nehrii@donntu.edu.ua).

**Nehrii Tetiana** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Public higher education institution Donetsk National Technical University (2, Shybankova square, Pokrovsk, Donetsk region, 85300, Ukraine), orcid.org/0000-0002-4239-3178.

Email: [tetiana.nehrii@donntu.edu.ua](mailto:tetiana.nehrii@donntu.edu.ua).

## НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ВЫРАБОТОК ПРИ СПЛОШНОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ

**Цель:** анализ результатов наблюдений за состоянием подготовительных выработок в условиях пласта  $m_3$  шахты им. Е.Т. Абакумова для дальнейшей разработки мер по обеспечению их эксплуатационного состояния.

**Методика:** анализ современных научно-технических достижений и шахтных наблюдений за состоянием подготовительных выработок при сплошной системе разработки.

**Результаты:** выполнен анализ научных исследований по состоянию подготовительных выработок при сплошной системе разработки и обоснована необходимость проведения дополнительных исследований. Выполнены шахтные визуальные и инструментальные наблюдения за состоянием подготовительных выработок и прилегающих концевых участков лавы в условиях пласта  $m_3$  шахты им. Е.Т. Абакумова. Их результаты расширяют общие представления о проявлениях горного давления вокруг подготовительных выработок и концевых участков лав при поддержании выработок позади лав в условиях слабых боковых пород. Эти результаты в дальнейшем могут быть использованы при разработке эффективных ресурсосберегающих средств охраны горных выработок, поддерживаемых позади очистных забоев. На их основе были разработаны средства охраны, которые предусматривают использование рядовой породы и ограничивающих элементов, в частности, комбинированные охранные сооружения и бутовые полосы с гибкими перегородками из сетчатых металлических конструкций. Последнее средство было рекомендовано и внедрено в условиях пласта  $m_3$  шахты им. Е.Т. Абакумова.

**Научная новизна:** установлено закономерностей проявлений горного давления вокруг подготовительных выработок, охраняемых позади лавы в условиях слабых боковых пород.

**Практическое значение:** полученные результаты могут быть использованы для дополнения и расширения общих представлений о проявлениях горного давления в условиях слабых боковых пород и для разработки эффективных способов охраны горных выработок при сплошной системе разработки.

**Ключевые слова:** система разработки, выработка, эксплуатационное состояние, шахтные наблюдения, средство охраны.

**Негрей Сергей Григорьевич** – кандидат технических, доцент, доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Государственного высшего учебного заведения «Донецкий национальный технический университет» (пл. Шибанкова, 2, г. Покровск, 85300, Украина), orcid.org/0000-0002-3195-8401.

Email: [serhii.nehrii@donntu.edu.ua](mailto:serhii.nehrii@donntu.edu.ua).

**Живогляд Сергей Константинович** – горный инженер, ГП «Шахта им. Н. С. Сургая» (г. Угледар, 85670, Украина).

**Негрей Татьяна Александровна** – кандидат технических, доцент кафедры «Охрана труда» Государственного высшего учебного заведения «Донецкий национальный технический университет» (пл. Шибанкова, 2, г. Покровск, 85300, Украина), orcid.org/0000-0002-4239-3178.

Email: [tetiana.nehrii@donntu.edu.ua](mailto:tetiana.nehrii@donntu.edu.ua).