

О. Є. ЛАПШИН, О. О. ЛАПШИН, доктори техн. наук, професори,  
М. В. ХУДИК, канд. техн. наук, доц.  
Криворізький національний університет

## БЕЗПЕКА ПРОВЕДЕННЯ ВИСХІДНИХ ВИРОБОК ЗА ДОПОМОГОЮ БУРИЛЬНИХ МАШИН

**Мета.** Для підвищення безпеки праці при проведенні висхідних гірничих виробок та зниження ризику отримання травм і отруєнь необхідно дослідити та проаналізувати способи проходження висхідних виробок різного призначення та перерізу, а також умови праці працівників, задіяних на процесах проходки. Надати методи безпечно-го проведення робіт під час проходки висхідних гірничих виробок за допомогою бурильних машин в умовах залізорудних шахт.

**Методи.** Дослідження здійснювалися комплексним методом: виконувався аналітичний огляд різних джерел інформації та практичних даних щодо способів проведення висхідних гірничих виробок в умовах залізорудних шахт; проводилося узагальнення літературних джерел з небезпеки проведення висхідних виробок із застосуванням вибухових речовин; надані висновки з підвищення безпеки праці під час проведення висхідних виробок за допомогою бурильних машин.

**Наукова новизна.** Надано відомості з ефективності знешкодження шкідливих виділень (оксиду вуглецю, оксидів азоту, пилу) в атмосферу під час проведення виробок буровибуховим способом, обґрунтовано безпечний спосіб проведення висхідної виробки за допомогою станків Robbins компанії Epiroc.

**Практична значимість.** Рекомендовано застосування модульної звукоізоляційної kabіни для захисту оператора від шумового навантаження під час обслуговування бурильного станка. Розроблено конструкцію модульної звукоізоляційної kabіни і проведено аналіз використання різних матеріалів (алюміній, нержавіюча сталь, пресована деревина) для виготовлення конструктивних елементів kabіни.

**Результати.** Приведені дані шкідливих виділень (оксиду вуглецю, оксидів азоту, пилу) при проведенні висхідних гірничих виробок буровибуховим способом. Наведена характеристика небезпечних і шкідливих факторів під час здійснення вибухових робіт. Виконано аналіз рекомендацій та способів пилогазоподавлення при проведенні висхідних виробок буровибуховим способом. Проаналізовано способи проходження висхідних гірничих виробок різного перерізу та призначення (господарчих, рудозвальночних, вентиляційних та ін.). Надані переваги проведення висхідних за допомогою бурильних машин, в тому числі за допомогою станків Robbins компанії Epiroc. Виконано дослідження звукоізолюючих властивостей алюмінію, нержавіючої сталі та пресованої деревини з метою їх використання при виготовленні модульної звукоізоляційної kabіни.

**Ключові слова:** виробка, висхідний, пил, газ, вибух, безпека, травматизм, kabіна.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-70-76

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Видобування корисних копалин підземним способом потребує проведення великої кількості гірничих виробок, які на теперішній час проводяться переважно буровибуховим способом, що передбачає виділення шкідливих газів і пилу в рудникову атмосферу. Боротьба з шкідливими виділеннями проводиться шляхом пилогазоподавлення або із застосуванням зрошувальних установок і систем вентиляції. Пилогазоподавлення у вибоях здійснюється за допомогою гідронабивок, які розміщують в шпурах і свердловинах та гідронабивок, які розташовують із зовні шпурів і свердловин, що підриваються.

Недоліком цих засобів є те, що вони низькі за ефективністю, особливо не відбувається подавлення шкідливих газів – оксиду вуглецю (CO) і оксидів азоту (NO + NO<sub>2</sub>) відповідно 25-50 % і 70-80 %.

Зрошення викидів вибуху після підривання шпурів і свердловин диспергованою водою з добавками поверхнево-активних речовин (ПАР) дозволяє підвищити ефективність пилогазоподавлення до 85-90 %, але такий засіб потребує додаткових витрат на обладнання та на придбання ПАР.

Найбільш дієвим способом боротьби зі шкідливими виділеннями при підриванні шпурів у вибоях є застосування систем вентиляції, які дозволяють видаляти отруйні гази і пил з вибоїв протягом регламентованого часу. Недоліком цього традиційного способу підтримання нормальної атмосфери у вибоях є руйнування вентиляційного трубопроводу вибухом і витрати електроенергії на живлення вентиляторів місцевого провітрювання (ВМП).

Виходячи з таких обставин проблема пилогазоподавлення у вибоях, особливо при проведенні висхідних виробок, залишається до кінця не вирішеною і потребує докорінного удосконалення як з боку технологічних, а також і аеродинамічних факторів. З боку технології необхідні розроблення засобів проведення висхідних виробок без застосування вибухових речовин. Удосконалення аеродинамічних факторів очевидно потребує розробку наукових засад знешкодження шкідливих викидів вибуху шляхом їх локалізації у вибої з наступним видаленням за допомогою відсмоктувальних трубопроводів або вентиляційних свердловин.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Засоби боротьби зі шкідливими викидами під час підривання шпурових зарядів у вибоях досліджувалися в роботах різних науковців з охорони праці, серед яких В. Г. Слюсаренко, О. П. Янов, О. О. Лапшин, І. Ф. Ярембаш та ін. В їх роботах надані теоретичні основи виділення і розповсюдження пилогазових викидів у тупикових виробках.

Суть практичних рекомендацій В. Г. Слюсаренка полягає в обґрунтуванні параметрів провітрювання тупикових виробок за рахунок місцевих вентиляторів (ВМП) [1, 7]. В його роботах наведена класифікація схем і способів провітрювання прохідницьких тупикових виробок в рудникових шахтах. Запропоновані наступні схеми провітрювання: одним нагнітальним, всмоктуючим і спільно двома ВМП; одним або декількома ВМП у сполученні з пневматичними ежекторами; декількома ВМП при їх розосередженому розташуванні.

Основним недоліком цих рекомендацій є те, що всі способи передбачають використання ВМП в сполученні з вентиляційним трубопроводом, який неможливо наблизити до вибою оскільки трубопровід руйнується вибухом, а розташування його кінця на відстані більше як 10 м від вибою не дозволяє ефективно видалити шкідливі домішки з привибійної зони.

Дослідження О. П. Янова присвячені визначенню динаміки розповсюдження шкідливих газів у вибоях та зниженню пилогазоутворення при підриванні шпурів у вибої [2-4]. В дослідженнях рекомендовано використання водяних набивок, які дозволяють знизити рівень виділення пилу і отруйних газів при підриванні шпурів.

Недоліком цього відомого способу є те, що він потребує виготовлення водяних набивок безпосередньо у вибоях, а це примушує витрачати робочий час та додаткові матеріали на їх виготовлення. До того ж ефективність цього способу за різними даними є невисокою і становить: зниження пилу 80-85 %; поглинання оксиду вуглецю (СО) 25-30 %; поглинання оксидів азоту ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) 45-48 %.

Роботи О. О. Лапшина містять дослідження засобів пилогазоподавлення після підривання шпурів у вибоях за допомогою зрошення їх водоповітряною установкою ВЕУ [10, 12]. Установка ВЕУ розташовується на відстані більше як 10 м від вибою і вмикається безпосередньо перед вибухом шпурів. Утворена установкою водоповітряна суміш взаємодіє з продуктами вибуху, при цьому відбувається поглинання пилу і шкідливих газів. Так, використання ВЕУ для пилогазоподавлення при вибухових роботах дозволяє у 1,5 рази скоротити час на провітрювання, ефективність пилогазоподавлення становить: пилу 94-98 %, оксиду вуглецю 55-80 %, оксидів азоту 75-85 % [13].

Незважаючи на високі показники з пилогазоподавлення цієї установки вона була розроблена для умов проведення горизонтальних виробок, а що стосується знешкодження шкідливих домішок у висхідних виробках, то установку ВЕУ необхідно удосконалювати, що і запропоновано в роботі [17].

В роботах Ярембаша І. Ф. надані відомості про стан атмосфери у виробках вугільних шахт, розглядаються питання створення засобів і способів очищення рудникового повітря від шкідливих газів і пилу, які утворюються при вибухових роботах. За його доводами очищення повітря від шкідливих домішок після підривання шпурів у вибоях за допомогою форсунок різного типу дозволить забезпечити санітарно-гігієнічні і безпечні умови праці в гірничих виробках [5, 6].

Разом із цим за даними його робіт вугільний пил є дуже гідрофобний, тому зрошення пилової хмари після вибуху не завжди дає позитивний ефект. Для його підвищення рекомендовано використовувати форсунки, які утворюють аерозоль високої дисперсності, до того ж швидкість крапель повинна бути не менше 12 м/с, що можливо забезпечити лише в безпосередній близькості від форсунки. Суттєвим перешкоджанням реалізації цих досліджень є відсутність форсунок дрібного розпилення рідини, а також обов'язковість високого тиску рідини перед форсункою.

**Постановка задачі.** Незважаючи на велику кількість теоретичних досліджень і практичних розробок в галузі поліпшення умов праці в гірничих виробках стан атмосфери після вибухових робіт в гірничих виробках залишається таким, що не відповідає сучасним вимогам правил безпеки на підземних роботах. З метою підвищення безпеки праці при проведенні висхідних виробок в шахтах доцільно розглянути способи їх проведення за допомогою бурильних машин, що забезпечить уникнення виділення шкідливих газів і пилу в повітря, а також зменшити кількість важкої праці на підземних роботах.

**Викладання матеріалу та результати.** Одним з найбільш небезпечних технологічних процесів на підземних роботах є проведення висхідних виробок. При застосуванні буровибухових робіт відбувається виділення великої кількості шкідливих газів і пилу, видалення яких представляє значне ускладнення через наявність вибухової хвилі, падіння відбитої гірської маси з висоти та обмеженість простору у висхідному. Наявність декількох типів висхідних виробок, які відрізняються за призначенням (ходові, бурові, відрізні, рудозвалочні та вентиляційні) обумовлює застосування різних способів їх проведення та провітрювання [17].

1. Проведення висхідних обмеженого перерізу ( $1,5 \times 1,5$  м та  $1,5 \times 2,0$  м), до яких відносяться ходові, бурові, відрізні та вентиляційні висхідні, здійснюється буровибуховим способом на одне відділення, при цьому обладнується драбинний хід і робочі та запобіжні полки.

Провітрювання таких висхідних представляє значну складність, оскільки вентиляційний трубопровід руйнується вибуховою хвилею та ударами відбитої гірської маси, що падає вниз. Крім того руйнується драбинний хід, робочий і запобіжний полки. Через такі обставини в теперішній час застосовується спосіб видалення шкідливих газів і пилу після підривання шпурів шляхом «видування» їх з вибою стисненим повітрям. Такий спосіб є неефективний і неекономічний оскільки вимагає витрат великої кількості стисненого повітря, що доволі витратно в умовах економічного тиску.

2. Проведення висхідних великого перерізу ( $2 \times 2$  м та  $2 \times 3$  м), до яких відносяться господарчі, рудозвалочні та вентиляційні висхідні, здійснюється за допомогою буровибухового способу на два відділення. При цьому одне відділення обладнується драбинним ходом, а друге – використовується для перепуску гірської маси.

Обладнання і провітрювання цих висхідних представляє аналогічну складність, що і висхідних невеликого перерізу, крім того витрачається більша кількість матеріалів на кріпильні та монтажні роботи. Провітрювання здійснюють також стислим повітрям з трубопроводу, прокладеному по висхідному.

3. Проведення висхідних з використанням випереджальної свердловини наведено на рис. 1.

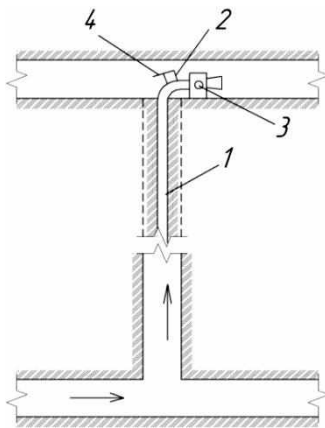
За цією схемою спочатку пробурюють з верхнього горизонту свердловину 1 діаметром 105-150 мм. Потім над свердловиною обладнують всмоктувальний ВМП 3, який з'єднують зі свердловиною за допомогою патрубку 2, який має відвід 4 з кришкою для пропускання ударної хвилі. Кришка відводу 4 шарнірно з'єднується з його корпусом, яка відкривається під дією ударної хвилі і закривається під дією власної ваги та розрідження створюваного ВМП 3. Такі висхідні проводяться буровибуховим способом, їх обладнання є аналогічним: також прокладається драбинний хід, обладнуються робочий і запобіжний полки, які руйнуються вибухом і падаючою гірською масою. Разом із цим їх провітрювання значно спрощується, оскільки шкідливі гази і пил видаляються свердловиною 1 та ВМП 3 на вище розташований вентиляційний горизонт. Наявність випереджальної свердловини 1 дозволяє підвищити також швидкість проведення висхідного оскільки утворюється компенсаційний простір.

4. Проведення висхідних способом секційного підривання глибоких свердловин, пробурених з верхнього горизонту на нижній, наведено на рис. 2.

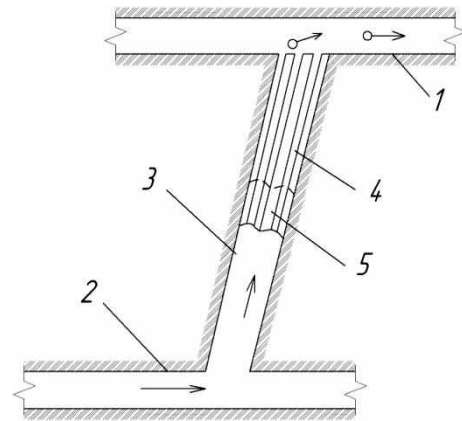
При цьому способі пробурюють за трасою висхідного 3 з верхнього горизонту 1 на нижній горизонт 2 паралельно 5-7 свердловин 4 діаметром 105-150 мм. Після цього свердловини підривають секціями 5 знизу до верху з утворенням висхідного 3 на весь переріз. Після секційного підривання утворене забруднене повітря видаляється свердловинами на верхній горизонт 1.

5. Проведення висхідних буровибуховим способом з використанням прохідницького комплексу КПВ, який наведено на рис. 3. За цим способом драбинний хід не обладнується, а самохідний полок 2 рухається по монорейці 3 за рахунок стисненого повітря. Прохідник здійснює

буріння шпурів перфоратором перебуваючи під запобіжним зонтом 1. Комплекс КПВ обладнаний блоком 10 для відбирання проб повітря [8, 9].



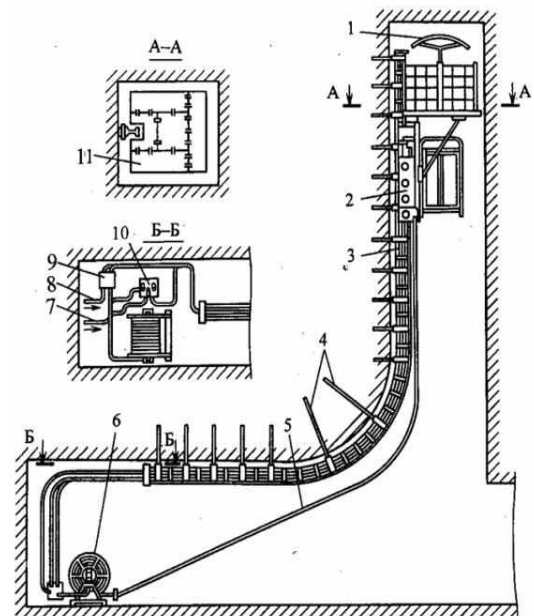
**Рис. 1.** Схема проведення висхідного за допомогою випереджальної свердловини: 1 – свердловина; 2 – патрубок; 3 – ВМП; 4 – кришка відводу



**Рис. 2.** Схема проведення висхідних способом секційного підривання глибоких свердловин: 1 – верхній вентиляційний горизонт; 2 – нижній головний горизонт; 3 – висхідний; 4 – свердловини; 5 – секції, що підриваються

**Рис. 3.** Проведення висхідного за допомогою комплексу КПВ: 1 – запобіжний зонтик; 2 – самохідний полок; 3 – монорейка; 4 – анкер; 5 – шланг для стисненого повітря; 6 – шлангова лебідка; 7 – повітропровід; 8 – водопровід; 9 – блок живлення; 10 – блок для відбирання проб повітря; 11 – платформа

Провітрювання таких висхідних здійснюється за допомогою водоповітряних ежекторів, які включаються в роботу після підривання шпурів. Після закінчення провітрювання вибою (на це відводиться 60 хв.) здійснюється контрольне вимірювання концентрації шкідливих газів у вибої, а при наявності нормального стану повітря працюючі допускаються у вибій. Обов'язковою умовою цього способу є те, що після кожного підривання шпурів у вибої необхідно убирати підірвану гірську масу. Перевагою цього способу є, що відповідає необхідність проведення драбинного ходу, захист прохідника запобіжним зонтом, доставка обладнання і матеріалів самохідним полком та можливість контролю стану повітря у вибої. Недоліком цього способу є те, що перед кожним вибухом у висхідному необхідно опускати самохідний полок в заходку, а провітрювання після вибуху ежекторами потребує великих витрат стисненого повітря, до того ж контроль стану повітря у вибої неможливо здійснювати дистанційно. Крім того, обслуговування комплексу КПВ потребує залучення спеціалістів високої кваліфікації. Через ці недоліки комплекс КПВ не знайшов широкого застосування в рудникових шахтах для проведення висхідних виробок.

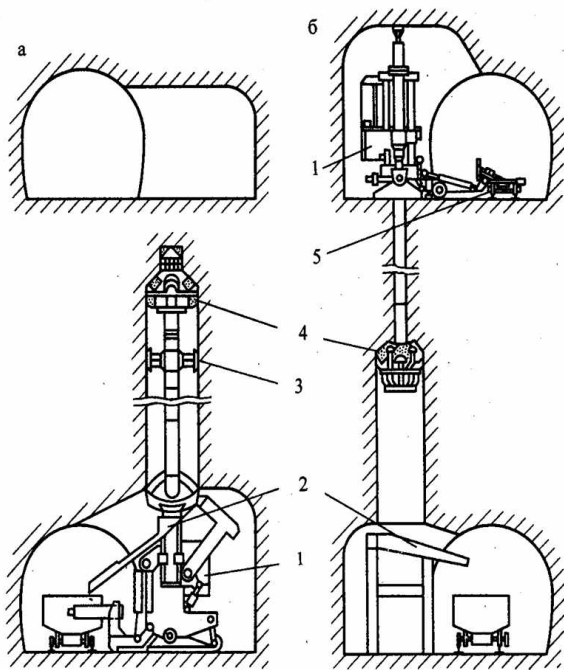


6. Проведення висхідних за допомогою бурильних станків типу Robbins компанії Ерігос наведено на рис. 4 а, б. Наприклад, станок Robbins 34RH застосовують для проведення вентиляційних і закладних висхідних при відпрацюванні малопотужних покладів, а станок Robbins 92R використовують для проведення висхідних діаметром 2,4-6,0 м [14-16].

За схемою, наведеною на рис. 4 а, висхідний проходять з нижнього горизонту на верхній на повний переріз спеціальною шарошкою 4, а буровий шлам по жолобу 2 надходить безпосередньо у вагон.

За схемою, наведеною на рис 4 б, висхідний проходять з випереджальною свердловиною у такій послідовності. Спочатку за трасою висхідного вибурюють свердловину діаметром 110

мм. При цьому станок Robbins 1 розташовують на верхньому горизонті, а потім, коли свердловина вибурена, бурову штангу обладнують шарошкою 4, діаметр якої відповідає діаметру висхідного. Після цього у виробці на нижньому горизонті під свердловиною для прийому шламу обладнують лоток 2 з нахилом до вагону. Розбурювання висхідного здійснюють знизу уверх. Під час розбурювання буровий шлам стікає в лоток 2, а з нього у вагон. Управління роботою станка Robbins 1 здійснює машиніст, який знаходиться на платформі 5, розташованій на верхньому горизонті в буровій камері.



**Рис. 4 а, б.** Технологія проходки висхідного бурінням: на повний переріз виробки (а); за допомогою випереджальної свердловини (б): 1 – буровий станок; 2 – шламловлюючий пристрій; 3 – опорний ліхтар; 4 – шарошка; 5 – платформа з буровим інструментом

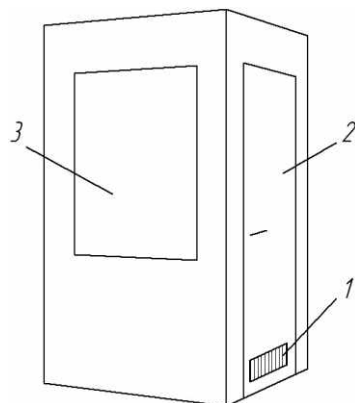
Практика проведення висхідного буровим станком Robbins 92R показала, що рівень шумового навантаження в буровій камері перевищує допустимі значення. Враховуючи такий негативний фактор для зниження шумового навантаження на оператора бурової установки пропонується розміщувати його робоче місце у розбірній модульній звукоізоляційній кабіні (рис. 5).

Кабіна має розміри 1,5×1,5×2,0 м, складається з чотирьох стін і перекриття, які можуть з'єднуватись між собою за допомогою болтового або іншого швидкозбірного з'єднання. Для забезпечення ефективного провітрювання кабін у нижній частині дверей зроблено вентиляційний отвір (решітка), а на

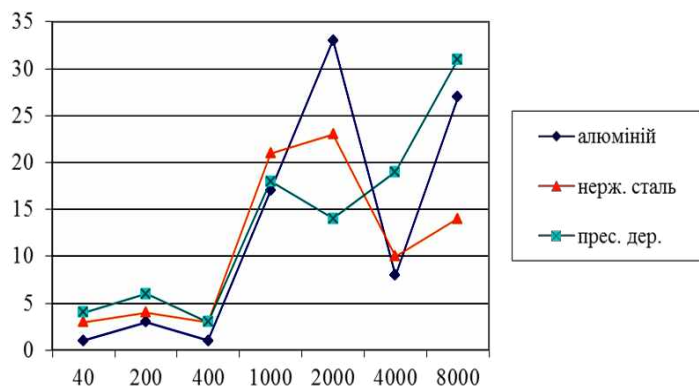
протилежній стіні угорі монтується малошумний витяжний вентилятор.

Для вибору матеріалу, з якого виготовляється кабіна, були проведені дослідження звукоізолюючих властивостей алюмінію, нержавіючої сталі та пресованої деревини (ДСП, OSB). Результати досліджень наведено у табл. 1 та на рис. 6.

За результатами досліджень рекомендовано виробляти модульну звукоізоляційну кабінку з листів ДСП або OSB, оскільки вони мають високі показники звукоізоляції та мають відносно не велику масу за однакової товщини матеріалу. Для забезпечення більш високих показників звукоізоляції кабінку зсередини можна додатково облицювати плитами з мінеральної вати, пінопласту або інших матеріалів.



**Рис. 5.** Загальний вигляд модульної звукоізоляційної кабінки: 1 – вентиляційна решітка; 2 – входні двері; 3 – вікно спостереження



**Рис. 6.** Результати дослідження звукоізолюючих властивостей алюмінію, нержавіючої сталі та пресованої деревини

Результати дослідження звукоізолюючих властивостей різних матеріалів

Частота звука, Гц	Рівень звука без перешкоди, дБ	Рівень звуку за перешкодою, дБ			Зниження рівня звуку, дБ		
		алюміній	нержавіюча сталь	пресована деревина	алюміній	нержавіюча сталь	пресована деревина
40	47	46	44	43	1	3	4
200	72	69	68	66	3	4	6
400	81	80	78	78	1	3	3
1000	86	69	65	68	17	21	18
2000	83	50	60	69	33	23	14
4000	68	60	58	49	8	10	19
8000	70	43	56	39	27	14	31

### Висновки та напрямок подальших досліджень.

1. При застосуванні буровибухових способів проведення висхідних виробок відбувається виділення великої кількості шкідливих газів і пилу, видалення яких представляє значне ускладнення через відсутність ефективних засобів їх провітрювання.

2. Недоліком способу проведення висхідних комплексом КПВ є те, що провітрювання після вибуху здійснюється ежекторами, які потребують великих витрат стисненого повітря, до того ж неможливо здійснювати дистанційно контроль стану повітря у вибої.

3. Проведення висхідних виробок за допомогою бурильних верстатів типу Robbins компанії Ерігос має перевагу, оскільки управління процесом буріння відбувається дистанційно, однак в буровій камері спостерігається шум, який перевищує допустимий рівень.

4. Для зниження шумового навантаження на оператора бурильного верстату запропоновано використовувати модульну звукоізоляційну кабінку з листів ДСП або OSB, які мають високі показники звукоізоляції.

5. Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку заходів безпеки та поліпшення умов праці при проведенні тупикових виробок в рудникових шахтах.

### Список літератури

1. Аерология гірничих підприємств / А. О. Гурін, П. В. Бересневич, А. А. Немченко, І. Б. Ошмянський – Кривий Ріг: КТУ, 2007. – С. 175-182.
2. Борьба с пылью и вредными газами в железорудных шахтах / А. П. Янов, Ф. Г. Гагауз, В. Л. Сахновский, И. Б. Ошмянский и др. – М.: Недра, 1984. – 228 с.
3. Янов А. П. Защита рудничной атмосферы от загрязнений / А. П. Янов, В. С. Ващенко – М.: Недра, 1977. – 263 с.
4. Гагауз Ф. Г., Дребница А. В. Состав и количество ядовитых газов при ведении взрывных работ в подземных горных выработках // В сб. Взрывное дело. – М.: Недра, 1970, № 68/25. – С. 19-23.
5. Ярембаш И. Ф. Очистка рудничной атмосферы после взрывных работ. – Недра, 1979. – 91 с.
6. Алексеев В. К. Новый способ проветривания призабойного пространства тупиковых горных выработок / Шахтное строительство – 1985, № 1. – С. 16-18.
7. Опыт строительства и эксплуатации смесительных станций смачивающих добавок в Кривбассе / В. А. Лубинец, В. Г. Слосаренко, Е. А. Швыгоренко и др. – Горный журнал, 1973, № 7. – С. 78-80.
8. Универсальный аппарат для проветривания и дистанционного отбора проб при проходке восстающих выработок УПА – 1М. Руководство по эксплуатации. НДБПП. – Кривой Рог, 2000. – 15 с.
9. Правила безпеки під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин підземним способом. НПАОП 0.00-1.77-16.
10. Лапшин О. О. Постановка проблеми нейтралізації шкідливих газів при здійсненні вибухових робіт в гірничих виробках // О. Е. Лапшин, А. К. Гацький, О. О. Лапшин // Вісник КТУ. – 2005, № 10. – С. 8-10.
11. Лапшин О. О. Знешкодження отруйних газів і пилу в гірничих виробках шахт // Проблеми охорони праці в Україні. – К.: ННДІОП. – Вип. 1. – 2002. – С. 35-39.
12. Лапшин О. О. Обґрунтування ефективності способів пилогазопридушення при підіривних роботах в умовах шахт // Проблеми охорони праці в Україні. – К.: ННДІОП. – Вип. 4. – 2001. – С. 76-82.
13. Лапшин О. Є., Лапшин О. О., Лапшина Д. О. Випробування гідравлічних завіс для очищення рудникового повітря від шкідливих домішок в підземних виробках шахт // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Вип. 2/2017 (103). – С. 97-104.
14. Лапшин О. Є., Лапшин О. О., Лапшина Д. О. Охорона рудникової атмосфери. – Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2017. – С. 195-205.
15. Лапшин О. Є. Охорона праці в гірництві / О. Є. Лапшин, О. О. Лапшин, Д. О. Лапшина. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2018. – 273 с.
16. Лапшин О. Є., Лапшин О. О., Худик М. В. Підвищення безпеки при проведенні висхідних виробок в шахтах // Гірничий вісник. – КНУ, 2021. – Вип. 109. – С. 51-55.

Рукопис подано до редакції 14.03.2022