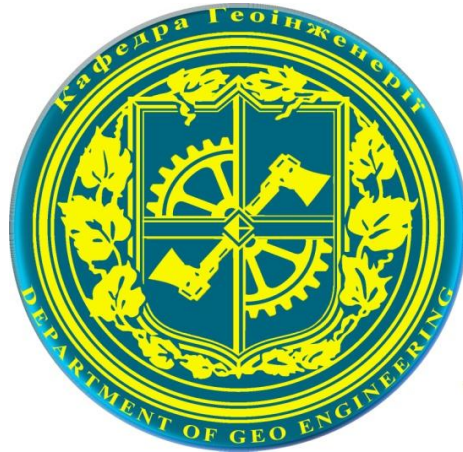


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет України
„Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра геоінженерії



**«ПРОБЛЕМИ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ
ТА ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ»**

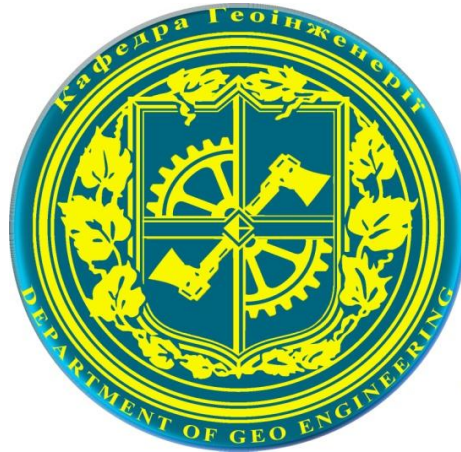
**Міжнародна науково-технічна конференція,
присвячена 120 –річчю КПІ**

**КПІ імені Ігоря Сікорського»
Кафедра геоінженерії**

17-18 травня 2018 р.

Київ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет України
„Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра геоінженерії



*«ПРОБЛЕМИ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ
ТА ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ»*

Матеріали міжнародної
науково-технічної конференції

КПІ імені Ігоря Сікорського
Кафедра геоінженерії

Випуск № 1

Київ - 2018

Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики. Зб. наук. праць. Вип. 1. – Київ: Видавництво «Політехніка» КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 100 с.

В збірці наведені результати наукових розробок студентів, аспірантів, магістрантів і молодих вчених, які подані на міжнародну конференцію 17-18 травня 2018 року, що організувала кафедра «Геоінженерії» Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України «Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського», присвяченої 120-річчю КПІ.

Збірник призначений для фахівців і будівельників підземних споруд, а також для студентів вузів гірничих спеціальностей.

Збірник друкується за рішенням вченої ради ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 13 від 31.05.2018 р.)

Редакційна колегія

к.т.н., доц., в.о. зав. каф. геоінженерії
Інституту енергозбереження
та енергоменеджменту Стовпник С.М.

докт. техн. наук, професор
каф. геоінженерії
Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Кравець В.Г.

к.т.н., доц. каф. геоінженерії
Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Вапнічна В.В.

канд. техн. наук, доцент
декан гірничо-екологічного факультету
Житомирського державного технологічного
університету Котенко В.В.

докт. техн. наук, доцент,
зав. каф. будівництва, геотехніки і геомеханіки
Національного технічного університету
"Дніпровська політехніка", Гапєєв О.М.

докт. техн. наук, професор,
зав.кафедри будівельних геотехнологій
Гірничого факультету
Криворізького національного університету Андрєєв Б.М.

Комп'ютерна верстка

к.т.н., доц. каф. геоінженерії ІЕЕ Вапнічна В.В.

За довідками звертатися за адресою: 03056, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», кафедра «Геоінженерії», тел. 044-204-80-08 E-mail: v.vapnichna@kpi.ua

ANALYSIS OF SCHEMES OF BLASTING HOLES AND THEIR IMPACT ON THE QUALITY AND EFFICIENCY OF MINING CRUSHED STONE RAW MATERIALS

The factors which impact on efficiency and quality of drilling and blasting operations are analyzed, namely advantages and disadvantages of different schemes of wells locations during mining of crushed stone are considered as well influence of line of the least resistance on output of oversized and amount of crushed rock are analyzed.

Проаналізовано фактори, що впливають на ефективність і якість буровибухових робіт, а саме розглянуто переваги і недоліки різних схем розміщення свердловин при видобуванні щебеневої сировини та вплив лінії опору по підшві на вихід негабариту і кількість переподрібненої породи.

Introduction. Deposits of various rocks, which are used for the production of rubble stone and crushed stone, are known in all geostructural regions of Ukraine. Crushed stone raw materials are performed from a strong and highly abrasive magmatic rock. The extraction of this type rocks is associated with labor-intensive drilling and blasting operations. The disadvantage of drilling and blasting operations is oversized. Oversized, which is subject to secondary crushing, has large volumes because the volumes of mineral extraction increase. Oversized occupy a fairly large area of pit faces, which makes mining difficult.

This topic of research is quite relevant, because the presence of oversized pieces of rocks leads to deterioration in the productivity of equipment and an increase in the cost of raw materials. Therefore, it is necessary to rationally carry out drilling and blasting operations.

The analysis of researches and publications. The method of performing explosive borehole work with deviated holes was invented by O.Shapurin and Ya.Vasylychuk [1], described by V. Kravets, V. Vorobyov and A. Kuzmenko [2]. An analysis of the influence of the layouts of explosive wells on the effectiveness of conducting explosive drilling operations in the production of buto-gravel raw materials O.Kisel and A.Kisel.[3]. Undercity works were described by V.Kravets, V.Vorobyov and A.Kuzmenko [2]. The physical processes of the applied geodynamics of the explosion were studied by V.Kravets, V.Korobiychuk and V.Boyko [4].

The purpose of this work is to analyze schemes of blasting holes and their impact on the quality and efficiency of mining work, namely reduction of oversized pieces and crushed rock amount.

Materials and research results. Drilling and blasting work is the main method of destruction of rocks during their mining. Thus, with the help of drilling and blasting operations, about 70% of the volume of minerals is mined, 90% of all mining operations are produced by mining enterprises. Modern drilling techniques allow mastering a lot of technological and technical tools that help to perform quality deviated holes. Process of drilling deviated holes, reducing line of the least resistance, and correct choice of drilling and blasting operations scheme are main factors that reduce the output of oversized material during the extraction of crushed stone.

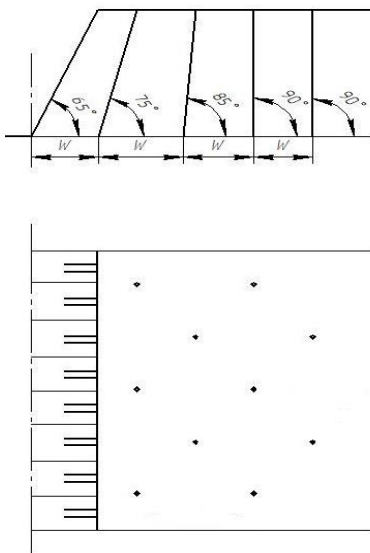
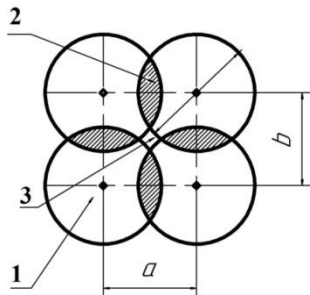


Fig.1. The scheme of holes and their angles of inclination to the horizontal plane.

Line of the least resistance (W) is the horizontal distance from the axis of hole of 1st line to the bench bottom. For reducing W drilling holes should be done at a certain angle (for different rocks, the angle is different), thus, in the process of mining the output of oversized pieces decreases, the quality of crushed rock improves, due to which the unobstructed work of the extraction equipment is carried out. As a result, technical and economic indicators increase. Also, by reducing the value of line of the least resistance, costs to re-crushing of rocks reduces. The holes of the first line must be drilled at an angle that corresponds to the angle of natural slope of a certain rock. The holes of the following lines respectively approach to 90°. The deviation of well from horizon in the right direction at 1° increases the productivity of production, that is, maximize the output of rocks (Fig. 1).

Today, for the extraction of crushed stone, the most common is the square scheme arrangement of holes (holes head create a square). Also, chess scheme is used for the extraction of crushed stone. It is necessary to compare the use of square and chess schemes for the efficiency of extracting crushed stone (Fig. 2).

I)



II)

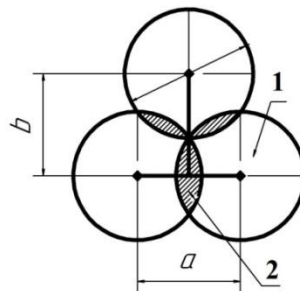


Fig. 2. Location of holes on the bench :

I) a square scheme

II) chess scheme

a - distance between lines of holes

b - distance between the holes

1. zone of optimal crushing of rocks

2. zone of extra crushing of rocks

3. zone of uncontrolled crushing of rocks

Features of the use of a square scheme (Fig. 2, I) are that along with the zones of optimal crushing of rocks, there are such negative phenomena as creating zone of extra crushing and the zone of uncontrolled crushing of rocks (zone of formation of the oversized).

In the chess scheme, the point of intersection of concentric circles is a zone of action of explosive charge (Fig. 2, II).

This is the center of the inscribed and described circles of the equilateral triangle which is created by holes head. And at the same this is time the point of uncontrolled crushing of rocks. Since using the chess scheme holes head create an equilateral triangle, the dependence of the distance between holes in a line a and the distance between lines b is as follows: $a=1,15b$.

As a result of performed analysis, it was found that, in addition to reducing the output of oversized pieces, this scheme allows reducing of zone of extra crushing of rocks by 5 - 10%, as well as significantly reducing the number of holes with a constant volume of blast block, namely, by 14 - 15%. And this, in turn, not only significantly reduces the volume of drilling and blasting operations, but also reduces the specific cost of VR by 1 m³ of blasted

rock mass. In addition, the using of chess scheme allows increasing the output of rock mass from one hole due to increasing the distance between holes in line, and between lines of holes by 5 - 10%. At the same time, the quality of blasting does not deteriorate, but on the contrary, zones of extra crushing of rocks reduce when zones of uncontrolled crushing of rocks are absent. Therefore, the number of holes decreases for a typical blasting of block of rock mass.

Conclusions. After analyzing of different drilling explosive holes schemes and the influence of line of the least resistance, which can be reduced by the precise drilling of the deviated holes, it is possible to make the following conclusions that the application of the chess scheme of holes and the optimum evaluation of line of the least resistance reduce the output of oversized, reduce the quantitative loss of raw materials by reducing the extra crushing of rocks, improve the quality of the final product. The results of such actions are the improvement of technical and economic indicators of the enterprises, rational use of mineral resources, reducing the negative impact on the environment and human life.

References.

1. Shapurin O.V. Sposib vikonannya buro-vibuhovih robit z pohilimi sverdlovinami: patent / O.V. SHapurin, YA.V. Vasil'chuk – Krivij Rig: Krivoriz'kij tekhnichnij universitet, 2013.
2. Kravec' V.G. Pidrivni roboti na kar'erah: navch. Posibnik / V.G. Kravec', V.D. Vorobjov, A.O. Kuz'menko – Kiïv: ISDO, 1994. s – 376.
3. Kisel' O.O. Analiz vplivu skhem roztashuvannya vibuhovih sverdlovin na effektivnist' vedennya buro vibuhovih robit pri vidobuvanni buto-shchebenevoi sirovini / O.O. Kisel', A.V. Kisel' // Visnik ZHDTU. Seriya: Tekhnichni nauki. – 2011. – №1(56) – s. 109 – 114.
4. Kravec' V.G. Fizichni procesi prikladnoi geodinamiki vibuhu: monografiya / V.G. Kravec', V.V. Korobijchuk, V.V. Bojko – ZHitomir: ZHDTU, 2015. s – 408.

УДК 622.242:622.235

Д.В. Хлевнюк, пров. Інженер, В.В. Бойко, д.т.н., проф., зав. лаб., А.О. Кузьменко, к.т.н., ст.н.с., Т.В. Хлевнюк, к.т.н., ст.н.с., О.М. Чала, к.т.н., ст.н.с., Інститут гідромеханіки НАН України, О. С. Тарасюк, пров. інженер, КПП ім. Ігоря Сікорського

СЕЙСМІЧНА ДІЯ КОРОТКОСПОВІЛЬНЕНИХ МАСОВИХ ВИБУХІВ

Використовуючи результат експериментальних досліджень сейсмічної дії короткосповільнених масових вибухів у кар'єрах, як такі, що отримані від вибухів розосереджених зарядів, розроблена методика по визначенню фактичної кількості одночасно підірваних свердловинних зарядів.

Using the results of experimental studies of seismic action of short-lived mass explosions in quarries, such as those obtained from explosions of dispersed charges, a method has been developed for determining the actual number of exploded borehole charges simultaneously.

Вступ. Аналіз сучасного стану виробництва вибухових робіт показав, що подальше зростання їх інтенсивності і масштабів стримується шкідливим впливом на навколишнє середовище сейсмічних хвиль, викликаних вибухами. Щоб уникнути такої дії сейсмічних хвиль, а також з метою підвищення ефективності вибухів необхідно більш точно визначати параметри, інтенсивність і допустимі рівні впливу вибухів на навколишнє середовище. Останнє залежить від маси зарядів вибухової речовини (ВР), що

одночасно вибухнула, а при уповільненому підриванні (КСП) - це маса окремої групи зарядів (кількість свердловинних зарядів), що вибухають у одному ступені уповільнення.

Застосування в останні роки неелектричних способу ініціювання зарядів при короткосповільненому підриванні на основі хвилеводів типу Nonel різко змінило технологію ведення вибухових робіт в кращу сторону як щодо подрібнення, так і зниження сейсмічної дії вибуху. Підвищилася точність ініціювання зарядів, а це призвело до можливості посвердловинного ініціювання зарядів, що сприяє зменшенню сейсмічного ефекту вибуху. Але розкид фактичного часу спрацьовування детонаторів-сповільнювачів все ще відрізняється від їх номінальних значень в поверхневій вибуховій мережі від 10 до 20%, а у внутрішньосвердловинних детонаторах від 5 до 10%. Інтервали уповільнень при монтажі вибухової мережі вибираються без урахування розкиду часу спрацьовування детонаторів, що часто призводить до незапланованого вибуху більшої кількості свердловинних зарядів в ступені уповільнення, що, в свою чергу, підвищує сейсмічний ефект вибуху в цілому.

Останнім часом з'явилося кілька публікацій з проблеми розкиду часу спрацьовування ініціюючих пристроїв і впливу цього процесу на сейсмічний ефект вибуху [1-3].

Мета роботи - розробити методику по визначенню фактичної кількості одночасно підірваних свердловинних зарядів, які не передбачені паспортом МВ.

Матеріали і результати досліджень. Співробітниками лабораторії з проблем сейсмічної безпеки технологічних вибухів інституту гідромеханіки НАН України на основі закономірностей сейсмічної дії вибуху розосередженого заряду вибухової речовини розроблена методика визначення фактичної кількості зарядів, що одночасно вибухнули.

Розглянемо застосування розробленої методики на прикладі масового вибуху (МВ) № 4 в Рокитнянському кар'єрі 10.07.2015 року.

Методикою передбачається вимірювання параметрів сейсмовибухових хвиль (СВХ) як при МВ, так і під час вибуху на цьому ж горизонті одиничного свердловинного заряду (вибух № 5).

Залежність швидкості зсуву ґрунту (см/с) від відстані:

- при МВ № 4:

$$U_S^Z = K_1 \cdot r^{-n} = 1062 \cdot r^{-1.22}; \quad (1)$$

- при вибуху одиничного заряду № 5:

$$U_S^Z = K_1 \cdot r^{-n} = 531 \cdot r^{-1.22}. \quad (2)$$

Визначаємо ефективну масу одиничного заряду (кг) у складі МВ №4 за формулою для розосередженого заряду:

$$Q_{\text{еф1}} = 120 \left[\left(1 - \frac{1}{N^b} \right) \cdot C + \frac{1}{N^b} \right] = 120 \cdot 0,288 = 34,56, \quad (3)$$

де $N=3$; $b=1,46$; $C=0,11$.

За допомогою співвідношення [4]:

$$K_2/K_1 = (Q^{1/3})^{-1.22}, \quad (4)$$

де K_1 – коефіцієнти пропорційності в залежності (1) і (2); $Q^{1/3}$ – маса одиничного свердловинного заряду (кг) для вибуху № 5 ($120^{1/3} = 4,92$) і ефективна маса одиничного заряду (кг) для МВ № 4 ($34,56^{1/3} = 3,25$), визначаємо коефіцієнти пропорційності K_2 для залежностей швидкості зсуву ґрунту від приведеної маси заряду в наступному вигляді:

- при МВ № 4:

$$U_S^Z = K_2 \cdot \left(r / Q_{\text{эф1}}^{1/3} \right)^{-n} = 252 \cdot \left(r / 34,56 \right)^{-1,22} = K_C \cdot N \cdot \left(r / Q_{\text{эф1}}^{1/3} \right)^{-n}, \text{ (см/с);} \quad (5)$$

- при вибуху одиничного заряду № 5:

$$U_S^Z = K_2 \cdot \left(r / Q^{1/3} \right)^{-n} = K_C \cdot \left(r / 120^{1/3} \right)^{-1,22}, \text{ (см/с).} \quad (6)$$

Залежність (5) - це формула для визначення швидкості зсуву при вибуху розосередженого заряду, в якій $K_2 = 252 = K_C \cdot N$, де K_C - коефіцієнт сейсмічності, а N - кількість розосереджених свердловинних зарядів.

Залежність (6) - це формула для визначення швидкості зсуву при вибуху одиничного заряду, в якій завжди $K_2 = K_C$.

Тому з (6) визначаємо коефіцієнт сейсмічності K_C :

$$K_C = U_S^Z / \left(350 / 120^{1/3} \right)^{-1,22} = 76 \quad (7)$$

Використовуючи формулу (5) для розосередженого заряду і, значення K_C з формули (7), визначаємо шукану фактичну кількість зарядів, що одночасно вибухнули, при МВ № 4:

$$N = U_S^Z / \left(K_C \cdot \left(r / Q_{\text{эф1}}^{1/3} \right)^{-n} \right) = 1,65 / 76 \cdot \left(200 / 3,25 \right)^{-1,22} = 3,3 \approx 3. \quad (8)$$

Таким чином, фахівці-підривники, маючи нову систему хвилеводів на блоці, при якій можливо посвердловинне підривання, розраховують отримати, наприклад, на профілі 200-370 м швидкість зсуву ґрунту 0,59 - 0,28 см/с, а в результаті, через розкид часу спрацьовування детонаторів, а можливо і неякісні схеми підривання, мають сейсмічний ефект 1,65 - 0,77 см/с, тобто в 2,7 рази більший.

Висновки.

1. Корисність методики по визначенню фактичної кількості одночасно вибухнули зарядів - правильно підвести підсумки минулого МВ і зробити правильні висновки для наступного (міняти схему підривання, проводити перевірку сповільнювачів і т. п.

2. Найбільшу лепту в кількість несанкціонованих вибухів зарядів вносять внутрішньосвердловинні детонатори - сповільнювачі (500 мс), розкид часу спрацьовування їх становить 5 - 10%, що близько до часто вживаних поверхневих сповільнювачів 25 мс, а це веде до несанкціонованого вибуху зарядів сусідній ступені уповільнення.

3. Найкращим виходом позбутися від несанкціонованого підривання зарядів - перехід на використання електронних детонаторів.

Бібліографічний список

1. Фокин В.А. Оценка сейсмического действия массового взрыва при иницировании скважинных зарядов электронными детонаторами. Горный журнал, 2010. №7. С.65-67.

2. Совмен В.К., Кутузов Б.Н., Эквист Б.В. Сейсмическая безопасность при взрывных работах. М.: Горная книга, 2012. 228с.

3. Меньшиков П.В. [и др.] Сравнительный анализ фактических и номинальных интервалов замедления неэлектрических систем иницирования. ГИАБ, 2011. №2. С. 277 – 282.

4. Кузьменко А.О., Чала О.М., Хлевнюк Д.В., Хлевнюк Т.В. Про сейсмічну дію вибуху розосередженого заряду. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво», 2016. № 31. С. 25-35.

УДК 622.281.74

Сахно С.В., ст. викл. кафедри «Розробка родовищ корисних копалин», Жорін О.С., студент гр. РККм-17, Светогор В.В., студент гр. ОПГм-17, Донецький національний технічний університет, Покровськ, Україна

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АНКЕРУВАННЯ ШАРУВАТОГО ПОРОДНОГО МАСИВУ БОЛТАМИ З ПРОСТОРОВИМ РОЗТАШУВАННЯМ

Проведено аналіз існуючих підходів до роботи анкерних систем як самостійного кріплення так і в комбінації з іншими видами кріплення. Представлено результати лабораторного моделювання поведінки заанкереного масиву при встановленні болтів за різними схемами. Наведено аналіз результатів моделювання. Запропоновано метод оцінки ефективності різних схем армування шаруватого масиву анкерним кріпленням. Встановлено, що робота протидії деформаціям анкерів з просторовим розташуванням в 1,71- 15,8 раз більше ніж при радіальному їх розташуванні, що говорить про ефективність просторової схеми анкерування.

У вітчизняній і зарубіжній практиці накопичено великий досвід застосування анкерних кріплень в різних гірничо-геологічних умовах, висунуто чимало різних теорій і заснованих на них методик розрахунку параметрів анкерних кріплень. Анкерні системи застосовуються як основний вид кріплення так і в комбінації з рамами. При цьому область використання анкерних конструкцій включає цивільне будівництво і підземні гірничі виробки. Ці два напрямки мають різні підходи. Якщо в першому випадку за-

вданням кріплення є створення оболонки, яка працює в межах пружних деформацій, то в другому – максимальне протистояння процесам розшарування. До комбінованих систем в цивільному і підземному будівництві, також пред'являються різні вимоги. Однак і в першому і в другому випадку до анкерного кріплення, і як основної несучої конструкції і як складового елемента кріплення, встановлені вимоги максимальної енергоефективності і опору розшаруванню порід.

На рис. 1 наведено типову схему комбінованого анкерно-рамного кріплення підземних гірничих виробок [1]. У системі підтримання (рис. 1) жорсткі елементи (болти) можуть вийти з ладу після невеликої деформації, а зовнішні елементи, що містять елементи піддатливості (підтримуюче кріплення) можуть витримати відносно великі деформації гірських порід. Внутрішній і зовнішні елементи в системі несумісні за деформаціями.

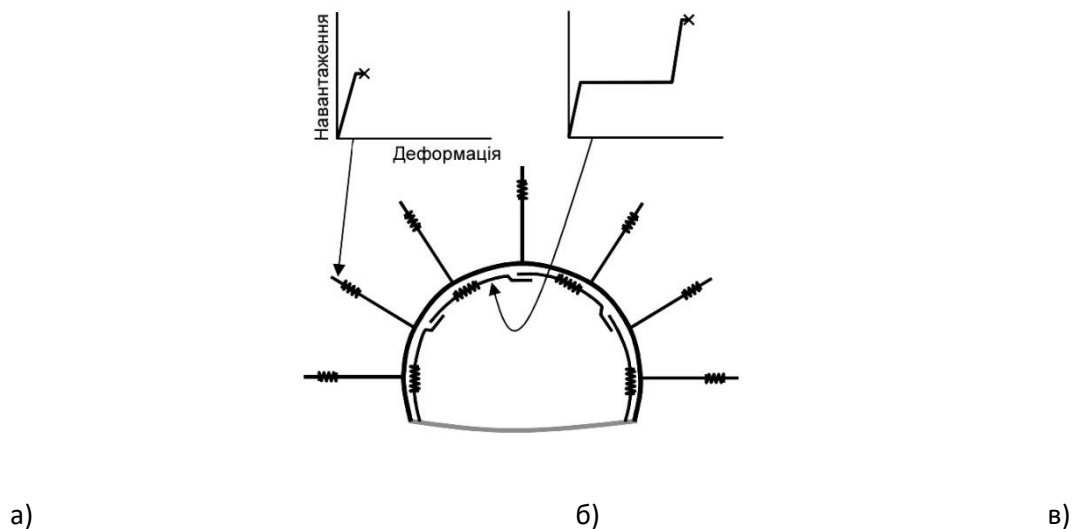


Рисунок 1 – Схема роботи комбінованої системи з анкерним кріпленням [1]

Розрахунок параметрів анкерного кріплення відповідно до підходу, запропонованого ІГТМ НАНУ ведеться з позицій недопущення деформацій на контурі виробки більш 50 мм (1 категорія порід по стійкості) [2], що при довжині анкера 2,4 м становить 2% від глибини анкерування. Подібний підхід дозволяє забезпечити стійкий стан виробки, але призводить до установки завищеної кількості анкерів і при цьому абсолютно не використовується несуча здатність породного масиву. У той же час спільна робота анкерів і рамного кріплення не забезпечується.

Спостереження за зсувами контуру виробок закріплених анкерами показує, що вони можуть досягати величин більш 200 мм, при цьому в укріплених породах не спостерігається значного розшарування [3]. Розрахунок параметрів анкерного кріплення за існуючими методиками зводиться до визначення довжини анкерів і щільності їх установки. Довжина анкера, як правило, приймається більше розміру зони можливого вивалу, а щільність установки анкерів визначають виходячи з навантаження на кріплення і несучої здатності одного анкера. Такий параметр як схема установки анкерних болтів практично не досліджувався.

У статті зроблена спроба оцінити ступінь впливу схеми установки анкерів в шаруватому масиві на його деформаційно-навантажувальні характеристики.

Для цієї мети були проведені лабораторні дослідження. У масштабі 1:30 на зразках з піщано-цементного розчину моделювалася ділянка безпосередньої покрівлі потужністю 1,8 м і довжиною 2,4 м, що залягає над виробкою з плоскою покрівлею шириною 4,75 м. Вищевказана ділянка покрівлі складалася з трьох шарів однакової міцності потужністю 0,6 кожен. Анкерні штанги імітувались відрізками сталевого стрижня. У

зразки, що моделювалися, стрижні вводилися за спеціально виготовленим шаблоном відразу після заливки моделі, таким чином, закріплення їх відбувалося по всій довжині.

Для випробувань були приготовлені три серії моделей, які відповідали міцності порід 20, 30 і 40 МПа. У кожній серії було по чотири пари зразків при щільності анкерування 1,67, 1,25 і 0,83 анк/м², які імітували:

- 1) шаруватий масив без анкерів;
- 2) шаруватий масив з радіально розташованими анкерами;
- 3) шаруватий масив з перехресним розташуванням анкерів в площині;
- 4) шаруватий масив з просторовим розташуванням анкерів з орієнтацією їх по зміщеним діагоналям куба.

Анкери встановлювалися по квадратній сітці. Так як імітувалась виробка з плоскою покрівлею, випробування проводилися на вигин. Навантаження зразків відбувалося на механічному пресі, крок програми навантаження – 10 кгс. Зразки доводили до повного руйнування і втрати несучої здатності. Зміщення, що відбувалися, фіксувалися за допомогою індикатора годинникового типу. Найбільш характерні графіки «навантаження-деформація» наведені на рисунках 2 і 3. По осі абсцис на графіках відкладені зміщення, по осі ординат - прикладається навантаження, що прикладається.

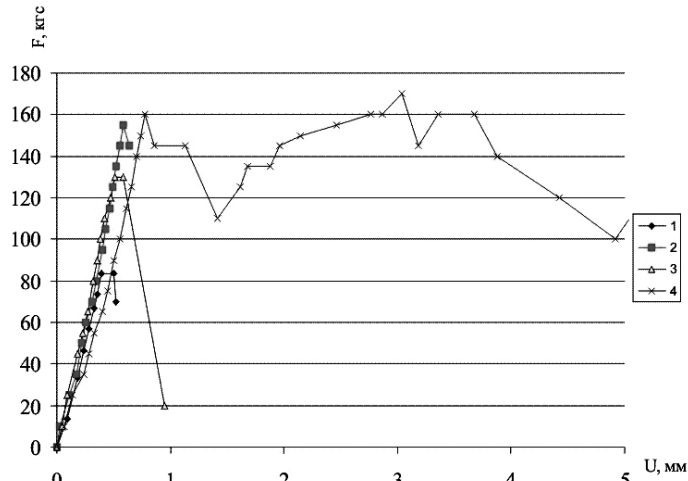


Рисунок 2 - Деформаційна характеристика зразків при різних схемах установки анкерів (міцність 20 МПа, щільність анкерування 1,25 анк/м²). 1 - шаруватий масив без анкерів; 2 - шаруватий масив з радіально розташованими анкерами; 3 - шаруватий масив з перехресним розташуванням анкерів в площині; 4 - шаруватий масив з просторовим розташуванням анкерів з орієнтацією їх по зміщеним діагоналям куба.

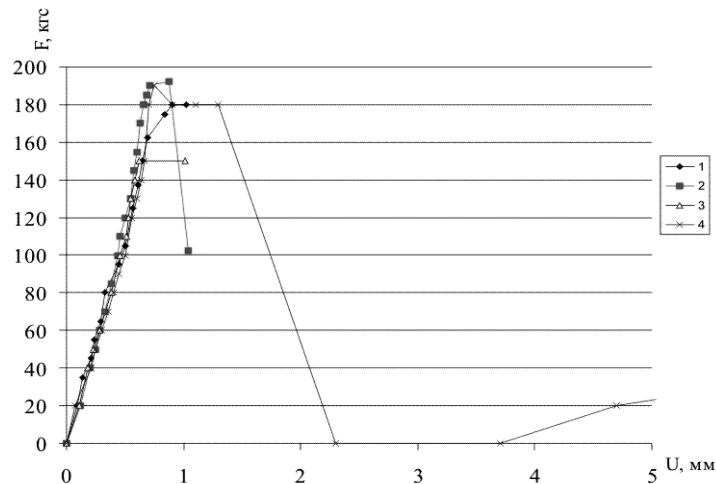


Рисунок 3 - Деформаційна характеристика зразків при різних схемах установки анкерів (міцність 30 МПа, щільність анкерування 0,83 анк/м²)

Після обробки результатів було відмічено, що при навантаженні зразків можна виділити три етапи. Перший - деформування в межах пружності, при цьому дефектів в структурі матеріалу не спостерігається. Другий - деформації до моменту первинного тріщиноутворення. Третій - деформування зразка з порушеннями суцільності (тріщинами).

При цьому ступінь впливу схем установки анкерів на різних етапах була різною. Так на першому етапі такий вплив був вельми незначним, практично всі зразки деформувалися однаково. На другому етапі починала впливати схема установки анкерів. Незакріплені зразки відчували незначні пластичні деформації, після чого руйнувалися. Зразки з радіальними і перехресними анкерами продовжували сприймати навантаження до моменту порушення цілісності після чого повністю втрачали свою несучу здатність і руйнувалися. Зразки з просторовим розташуванням анкерів не втрачали своєї несучої здатності після порушення цілісності і переходили до деформацій третього типу.

Анкера в цьому випадку були встановлені так, що перекидали весь масив, що укріплювався. Таким чином, при руйнуванні матеріалу зразка анкер пов'язував між собою блоки, що утворювалися, і перешкоджав їхньому подальшому взаємному переміщенню і руйнуванню. Це сприяло перерозподілу сил в анкерно-породній конструкції.

Також було відмічено, що руйнування зразків відбувалося по-різному. Зразки без армування руйнувалися завжди в центрі прольоту. Радіально армовані і з перехресними анкерами - руйнувалися по найближче розташованому до центру прольоту ряду анкерів, так як ряд анкерів був площиною ослаблення. Цим пояснюється той факт, що зразки з максимальною щільністю анкерування не мали кращі характеристики, так як в цьому випадку центральний ряд анкерів збігався з серединою прольоту. Зразки з анкерами, встановленими по зміщеним діагоналям куба, руйнувалися завжди за матеріалом в місцях найменшого впливу анкерних стрижнів. Ці зразки зберігали свою несучу здатність навіть при видимому розкритті тріщин до моменту досягнення відносних деформацій 20-30 %. На підставі цього можна зробити висновок, що установка анкерних штанг приводить до утворення єдиної породно-анкерної конструкції, яка по різному деформується, в залежності від схеми установки анкерів.

З огляду на характер руйнування приконтурних порід в натурних умовах, було вирішено обмежити досліджувану область 10 % відносних зсувів.

Так як на різних етапах деформування ступінь впливу анкерів різна, то і оцінювати її необхідно по-різному. Було вирішено виділити дві ділянки деформування: - 1 - до досягнення межі пружності і 2 - від межі пружності до моменту втрати несучої здатності (або досягнення 10 % відносної деформації). Зразок вважали таким, що втратив, несучу здатність, якщо навантаження що він витримував до руйнування було менше навантаження, що сприймалося зразком без анкерів.

Для оцінки ефективності застосування конкретної схеми анкерування масиву в пружній зоні було вирішено використовувати модуль пружності створюваної конструкції, а після досягнення межі пружності - модуль його повної деформації.

Проведені дослідження показали, що модулі пружності конструкцій, що створювалися, для всіх схем анкерування були приблизно однаковими і не відрізнялися від модуля пружності неармованого зразка. Тобто, в цьому випадку деформування відбувалося за матеріалом моделі, а схема установки анкерів не чинила впливу на деформаційні характеристики зразків. Аналіз модулів повної деформації показав, що найбільшим цей показник є для зразків з радіально розташованими анкерами. В цьому випадку зразки сприймають максимальні навантаження, але руйнуються крихко при невеликих деформаціях. Мінімальні показники модулів повної деформації були у зразків з просторовим розташуванням анкерів. В цьому випадку зразки працювали в піддатливому ре-

жимі, несуча здатність їх періодично то підвищувалася, то знижувалася, що пов'язано з руйнуванням матеріалу моделі і включенням в роботу анкерів.

Для порівняння ефективності випробуваних схем установки анкерів вирішено було використовувати роботу, затрачену на доведення породно-анкерної конструкції до втрати несучої здатності (або відносних деформацій 10 %). Як відомо робота може бути розрахована по діаграмі напруга-деформація, як площа, обмежена кривою і віссю деформацій [4].

На рисунку 4 наведено приклад розрахунку роботи для зразків закріплених радіально розташованими анкерами (A1) і просторово розташованими анкерами (A2) для випадку представленого на рисунку 2.

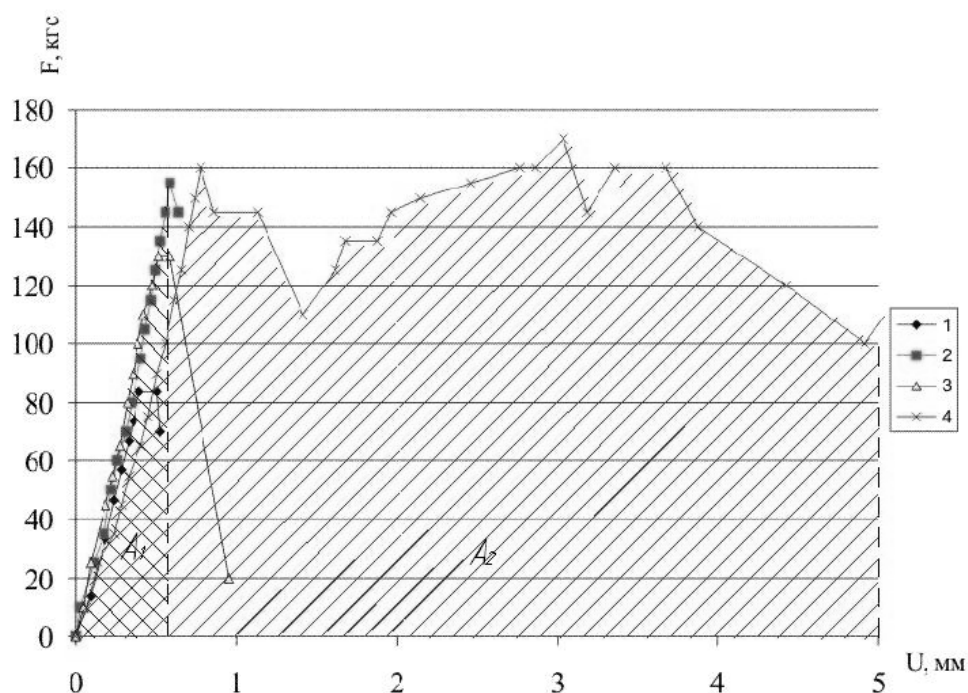


Рисунок 4 - Розрахунок роботи породно-анкерної конструкції з радіально (A_1) і просторово (A_2) розташованими анкерами (міцність 20 МПа, щільність анкерування 1,25 анк/м²)

Аналіз отриманих результатів показав, що робота, яка витрачається на доведення армованих зразків до втрати їх несучої здатності істотно залежить не тільки від схеми розташування армуючих елементів, але і від щільності їх установки. Так при просторовому розташуванні армуючих елементів і щільності їх установки 0,83, 1,25, і 1,67 анк/м² її величина відповідно в 1,7-3,6; 13-15,8 і 6,6-10,2 рази більше ніж при радіальному розташуванні армуючих стрижнів. Це дозволяє зробити висновок, що просторова схема установки анкерів при певних умовах значно ефективніше традиційної.

Зважаючи на вищенаведене бачиться новий підхід до розуміння механізму роботи анкерного кріплення. Допустимі зміщення контуру виробки, закріпленої анкерним кріпленням з просторовим розташуванням анкерів можуть досягати 10 % від глибини зони анкерування. При цьому в приконтурних породах можливе порушення суцільності. Анкерне кріплення повинно приводити до створення єдиної породно-анкерної конструкції, яка буде зберігати свою стійкість при значних зсувах. Це дозволить використовувати міцнісні властивості порід, що вміщують, і включити їх в роботу по забезпеченню стійкості виробки.

На підставі вищевикладеного можна зробити наступні висновки.

Характер деформування шаруватого масиву закріпленого анкерами залежить від схеми установки анкерних штанг. Радіальне розташування анкерів призводить до підвищення жорсткості створюваної конструкції за рахунок збільшення контакту між шарами. В результаті вона сприймає великі навантаження при невеликих деформаціях. Збільшення кількості анкерів призводить до підвищення жорсткості. Але при досягненні критичних зсувів конструкція втрачає стійкість і несучу здатність.

Просторове розташування анкерів в шаруватому масиві створює породно-анкерну конструкцію, яка допускає значні деформації і працює в піддатливому режимі за рахунок періодичного руйнування породи і включення в роботу анкерних стрижнів. Роль анкерів в цьому випадку зводиться не тільки до підвищення тертя між шарами порід, а й до зв'язування між собою різних блоків порід, що утворюються при руйнуванні.

Робота витрачається на деформування зразків закріплених анкерами з просторовим розташуванням в 1,71- 3,6 рази при щільності анкерування 0,83 анк/м², 13-15,8 раз при 1,25 анк/м² і 6,6-10,2 при 1,67 анк/м² більше ніж при радіальному їх розташуванні, що говорить про ефективність запропонованої схеми.

Таким чином при виборі схеми анкерування необхідно враховувати навантаження і тип деформацій, які буде відчувати створювана породно-анкерна конструкція. Місце розташування анкерів в прольоті виробки повинно бути таким, щоб не створювати штучне ослаблення масиву.

Бібліографічний список

1. Li C.C. (2017) Principles of rockbolting design, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, Vol. 9, Issue 3, Pages 396-414.
2. Виноградов, В.В. Геомеханика, мониторинг и основы технологии опорного крепления горных выработок / В.В. Виноградов // Уголь Украины. – 2000. №9. – С. 7-12.
3. Rodzin S. Badania rozwarstwień skał w stropie wyrobiska z obudową kotwową / S. Rodzin, I. Sakhno, K. Ostrowski, S. Sakhno // PRZEGLĄD GÓRNICZY Nr 4 (1132) Tom 73 (2017) pp. 41-46.
4. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. – М.: Недра, 1978. – 390с.

УДК 622.24.051, 622 '156

А.Л. Майстренко, О.П. Виноградова, А.П. Загора, Р.С. Шмегера, А.С. Беляєв, Київський Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

НАПРЯМОК УТВОРЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ НА РОБОЧІЙ ПОВЕРХНІ ПОРОДОРУЙНІВНОГО АЛМАЗОВІСНОГО ІНСТРУМЕНТУ ПРИ РУЙНУВАННІ МІЦНОЇ ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ

В представленій роботі досліджено основний напрямок утворення механічних пошкоджень на робочій поверхні матеріалу матриці бурового інструменту та алмазних зерен. Пошкодження мають вигляд мікробороzenок, що складаються з мікровідбитків, конфігурація яких ідентична до конфігурації відбитків на поверхні вибою гірської породи в результаті її руйнування алмазним породоруйнівним інструментом. Визначено, що незалежно від хімічного складу матричного матеріалу (вольфрамокобальтовий сплав або інтерметалід) та фізичної природи алмазних зерен (природні або синтетичні) механічні пошкодження на робочій поверхні бурових коронок утворюють нерухомі індентори у напрямку, протилежному руху бурового інструменту, гіпотетично, гострі, виступаючі з вибою гірської породи, уламки кварцових зерен.

In the presented work the main direction of the formation of mechanical damage on the working surface of the material of the matrix and diamond grains of the drilling tool is investigated. The damage has the appearance of microfurrows, consisting from microdents, the configuration of which is identical to the configuration of the dents on the surface of the rock as a result of its destruction by a diamond rock-cutting tool. Regardless of the chemical composition of the matrix material (tungsten-cobalt alloy or intermetallide) and the physical nature of diamond grains (natural or synthetic), mechanical damage on the working surface of the drill bits creates fixed indenters in the direction opposite to the motion of the drill tool, hypothetically, pointed, protruding from rock, fragments of quartz grains.

Вступ. Відповідність зносостійкості матриці бурового та каменеобробного інструменту абразивним властивостям гірської породи є одним із основних критеріїв при виборі хімічного складу зв'язки з метою ресурсозбереження всіх складових композиційного алмазовмісного матеріалу.

Дослідження механізму динамічного контакту одиничного породоруйнівного алмазного індентора з гірською породою дає змогу прогнозувати ступінь ефективності роботи породоруйнівного інструменту з високою зносостійкістю для підвищення його механічної швидкості.

Огляд літературних джерел. В рамках класичного підходу зносостійкість визначається як відношення втраченої маси інструменту до об'єму зруйнованої породи [1,2] або, як відношення втраченої маси інструменту до пройденого ним шляху [3].

Проте, як зазначається в роботі [4] інтенсивність зношування матриці може визначатись при врахуванні кількості високогабаритних кулеподібних частинок шламу, розмір яких відповідає максимальному (40 мкм) виступу алмазних зерен із матриці, здатних пошкоджувати матрицю, а їх кількість визначає ступінь абразивної дії на матрицю.

Висновок про кулеподібність або еліпсоїдоподібність частинок шламу зроблено в результаті експериментальних досліджень, спрямованих на вивчення механізму руйнування крихких, міцних порід одиничним алмазом, на визначення розмірів частинок, їх форми, процентного співвідношення фракцій за кількістю та вагою за допомогою визначення гранулометричного складу продуктів руйнування гірських порід, отриманих при їх руйнуванні алмазними імпрегнованими буровими коронками [4, 5, 6].

Згідно з вищезазначеними роботами, механізм руйнування гірської породи, наприклад, пісковика, розглядається як пошкодження з наступним руйнуванням під торцем бурової коронки зерен, які складають гірську породу – кварцу, доломіту, піриту, відповідно, а головне, цементу, що зв'язує ці зерна. Продукти руйнування за вищевказаною схемою представлені у вигляді кулеподібних елементів 1, рис.1, розмір яких дозволяє їм переміщуватись під торцем інструменту, руйнівна здатність якого визначається закріпленими у матрицю 2 алмазними зернами 3, що взаємодіють з гірською породою 4.

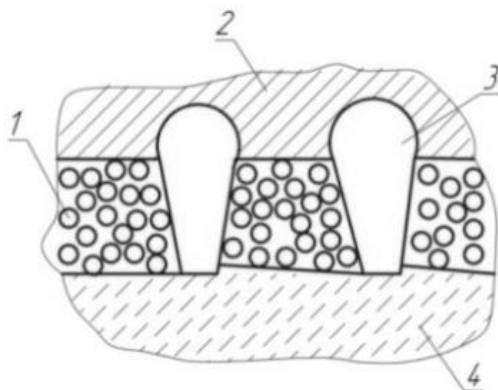


Рис. 1 Схема взаємодії алмазної бурової коронки з гірською породою згідно з авторами [4,5,6]: 1– сфероподібні дрібнодисперсні продукти руйнування, 2 – зв’язка; 3–алмазні зерна; 4 – гірська порода

Саме на базі вищезазначених досліджень гранулометричного складу шламу було створено математичну модель пошкодження алмазовмісної матриці, згідно з роботою Ісонкіна О.М. [7], завдяки одномоментному вдавлюванню кулеподібної частинки шламу у гірську породу, рис. 2, в результаті чого на робочі поверхні пластичної (твердість за шкалою HRC– 15, хімічний склад – Sn+Cu) матриці бурової коронки, оснащеної синтетичними алмазами утворювались подряпини. Автор наголошує, саме, на пластичному характері зношування матричного матеріалу.

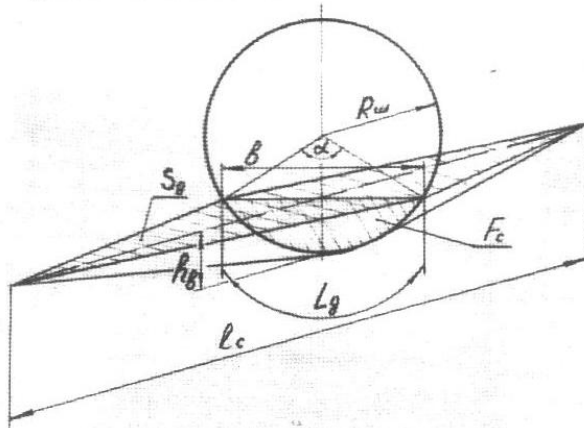


Рис.2 Схема контактування сферичної частинки шламу з матеріалом матриці згідно з роботою [7] Ісонкіна О.М.

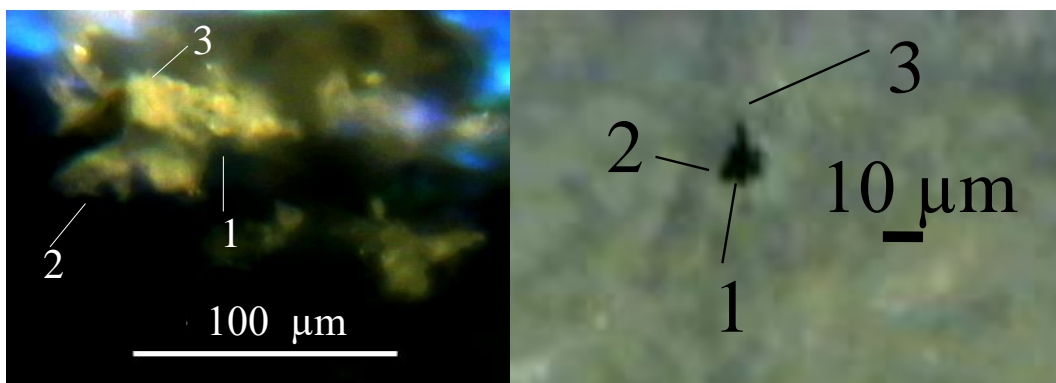
Крихким процес відшарування алмазного покриття на вольфрамо-кобальтовому матеріалі представили Лу та інші [8], що тестували зразки з зазначеного матеріалу (Co–6%, товщина алмазного шару – 4 мкм) алмазним індетором Роквелла радіусом 50 мкм при варіації навантажень – 10–30Н. Автори відзначають, що ширина пошкодження (у вигляді борозенки) алмазного шару з підвищенням навантаження зростала. Проте автори на представленому рисунку 3, що ілюструє мікроборозни в результаті прикладених навантажень (25 та 30 Н) на алмазний індетор Роквелла, вказуючи на ширину мікроборозенки, не коментують конфігурацію мікровідбитків, що її формують, на поверхні досліджуваного зразка.



Рис. 3. Утворення мікроборозенок на поверхні алмазовмісного вольфрамо-кобальтового матеріалу при динамічному навантаженні 25 (а) та 30 Н (b) на індетор Роквелла радіусом 50 мкм

Характер руйнування поверхні зразків із інтерметалідів в залежності від їх хімічного складу (Cu_6Sn_5 та Ni_3Sn_4), а також, прикладеного статичного навантаження на піраміду Віккерса, досліджували автори роботи [9] та зробили висновок про детермінований характер їх руйнування: при значних навантаженнях від 1000 Н – пластичний характер руйнування, а при менших навантаженнях – крихкий.

В результаті аналізу проб продуктів руйнування твёрдосплавної пластини з використанням мікроскопу Ломо-Метам, оснащеного відеокамерою, було зроблено висновок: спільність конфігурації [10,11] (з усіма складовими геометричними параметрами: зоною заглиблення індентора 1, боковими 2 та кінцевою частиною 3), фрагменту продуктів руйнування гірської породи алмазним зерном, рис.4а та мікрочастинок матричного матеріалу, рис.4б. спричинена ідентичністю механізмів руйнування твёрдого сплаву (WC+Co) та вибою гірської породи – крихких матеріалів одиничним індентором.



а

б

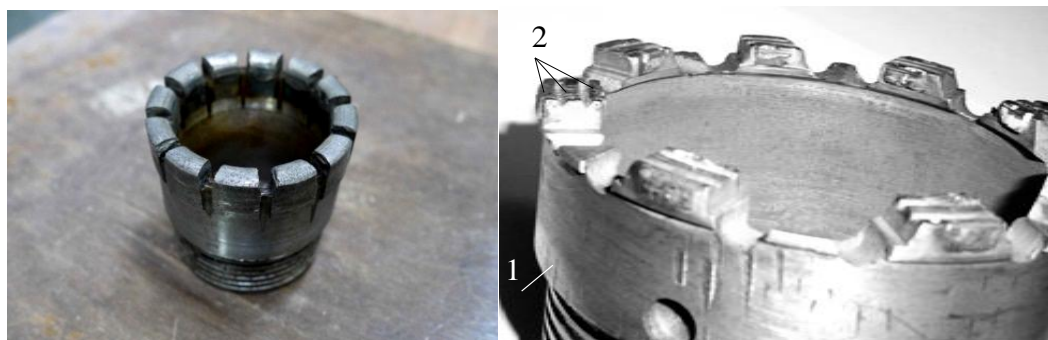
Рис. 4 Загальний вигляд : фрагменту продуктів руйнування пісковика Торезького родовища, відколотого від вибою породоруйнівним елементом зі Славутича», оснащеним природними алмазними зернами з зернистістю 800/630 мкм – а, відколотої від пластини з твёрдого сплаву ВК6 фрагменту продуктів його руйнування одиничним алмазним зерном зернистості 800/530 мкм – б, 1 – зона заглиблення індентору (гострої кромки алмазного зерна), 2 – бокові частини, 3 – кінцева частина фрагменту матеріалу матриці або гірської породи

Мета роботи полягає у визначенні основного напрямку утворення пошкоджень у вигляді мікроборозенок, що складаються з серій мікролунок (мікровідбитків), на робочій поверхні бурового інструменту (матеріалу матриці та алмазних зерен) при руйнуванні міцної та крихкої гірської породи.

Матеріали і результати досліджень. Експериментальні дослідження напрямку утворення пошкоджень у вигляді мікроборозенок на робочій поверхні бурових коронок з різним хімічним складом матричного матеріалу при руйнуванні гірської породи проводились на буровому стенді, створеному на базі радіально-свердлильного верстату моделі 2Н58, що забезпечує широкий діапазон режимів роботи, в тому числі, режим, що відповідає виробничому. Осьові навантаження з інтервалом 240 кгс доводились до критичних. Найбільша механічна швидкість досягається при частоті обертання шпинделя 400 хв^{-1} , тому основний об'єм випробувань проводився за зазначеного режиму.

Для буріння вибиралася породи середньої міцності – пісковик ІХ категорії буримості Торезького родовища та граніт Коростишівського родовища, що відзначаються стабільними фізико-механічними властивостями.

Буріння проводили коронками діаметром 76 мм та 93 мм, виконаними методом електроспінання та методом гарячого пресування породоруйнівних елементів, відповідно. Коронку діаметром 76 мм, оснащену термостійкими монокристалічними синтетичними алмазами АС160Т 415/350 мкм при їх відносній концентрації 100 % виконано при використанні матричного матеріалу: Ni (70%), Cu (20%), Sn (10%), а коронку діаметром 93 мм оснащено породоруйнівними призматичними елементами зі «Славутича» (вольфрамо-кобальтовий композиційний алмазовмісний матеріал) з розміром торця 7×3 мм, з відносною концентрацією природних алмазів від 75 до 125% та їх зернистістю 800/630 мкм, рис.5.



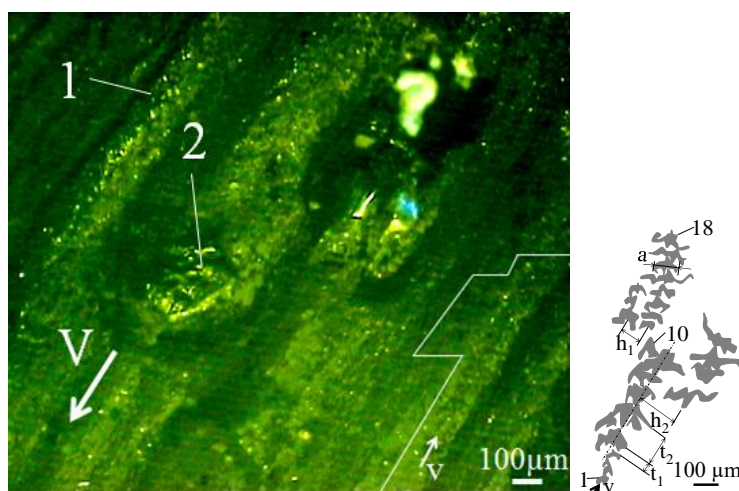
а

б

Рис. 5. Бурова коронка, оснащена: термостійкими монокристалічними синтетичними алмазами АС160Т 415/350 мкм, діаметром 76 мм –а; породоруйнівними елементами зі «Славутича», діаметром 93 мм – б, 1– корпус бурової коронки, 2 – породоруйнівні елементи зі «Славутича»

В результаті мікроскопічних досліджень робочої поверхні матриці 1 та алмазних зерен 2 обох експериментальних породоруйнівних коронок, рис.6, 7, було з'ясовано, що вектор утворення механічних пошкоджень v , що формують мікроборозенки, протилежний вектору руху інструменту V , в результаті відпрацювання якого відколюються фрагменти шламу гірської породи 3, рис.7.

Кожна мікроборозенка характеризується шириною мікролунки a , рис.6б, кроком утворення мікролунок t , відстанню між сусідніми мікроборозенками h .



а

б

Рис. 6. Загальний вигляд: робочій поверхні бурової коронки діаметром 76 мм, оснащеної термостійкими монокристалічними синтетичними алмазами АС160Т 415/350 мкм, з концентрацією 25 % об'ємних зі складом матриці: Ni (70%), Cu (20%), Sn (10%) – а; схематичного зображення мікробиоїн (лунок) матеріалу матриці у вигляді мікроборозенок на поверхні матриці породоруйнівного інструменту, a – ширина лунки, t – крок відколювання мікрочастинок матеріалу матриці, V – вектор швидкості бурової коронки, v – вектор швидкості відколювання мікрочастинок матеріалу матриці – б

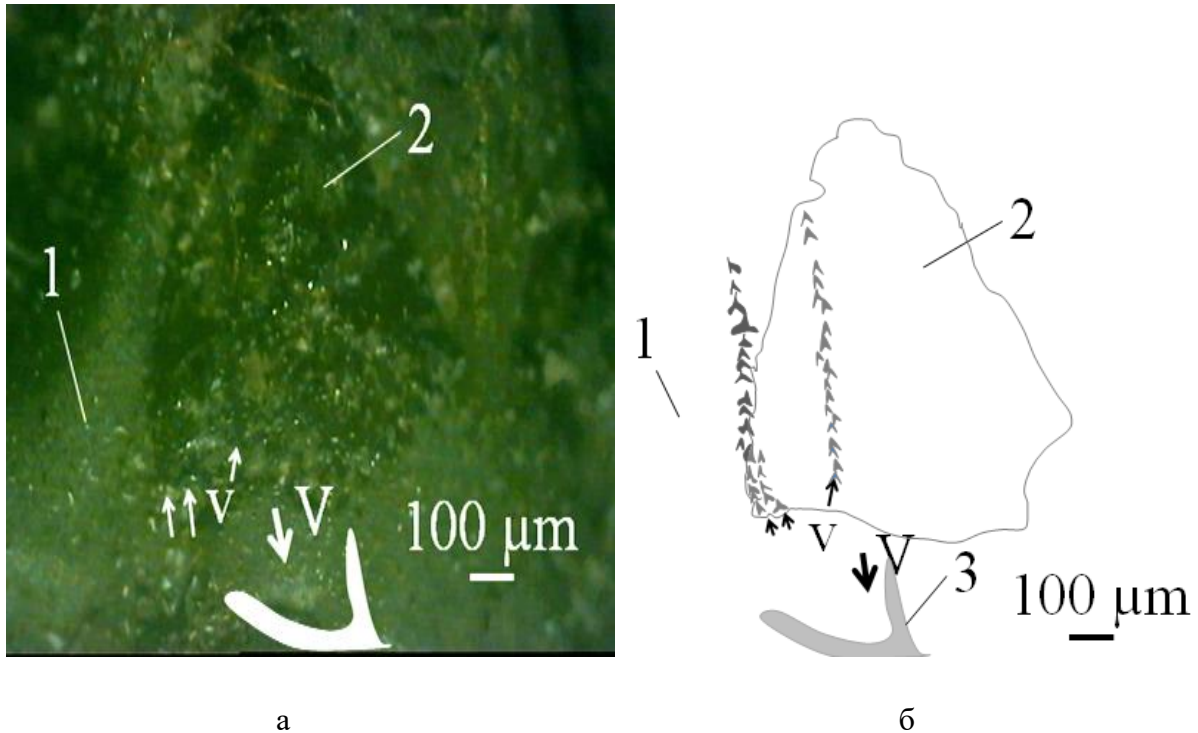


Рис. 7. Загальний вигляд: робочій поверхні бурової коронки діаметром 93 мм, оснащеної породоруйнівними елементами зі «Славутича», – а; схематичного зображення утворених на робочій поверхні алмазного зерна та матриці бурової коронки мікроборозенок з мікровідбитків – б, 1 – твёрдосплавна матриця, 2 – природне алмазне зерно зернистості 800/630 мкм, 3 – фрагмент гірської породи, що його має відколоти алмазне зерно 2, V – вектор руху бурової коронки, алмаз якої відколює фрагмент шламу гірської породи (на рис. 7а V - подібна біла фігура) (v – вектор утворення пошкоджень у вигляді мікроборозенок з мікровідбитків на робочій поверхні алмазного зерна та матриці).

Використовуючи дані про кількість кварцу (від 5 до 100 %) в гірських породах, як вказують автори [4], можна з певною точністю оцінювати абразивну здатність шламу гірських порід і робити припущення про інтенсивність зносу, саме, кварцом матеріалу матриці. На базі цих уявлень та в результаті зроблених експериментальних досліджень, можна виразити гіпотезу, що, саме, уламки кварцових зерен є тими нерухомими інденторами, що відколюють мікрофрагменти продуктів руйнування не тільки матриці а й алмазних зерен.

Необхідно додати, що вся робоча поверхня інструменту, що піддавався дослідженням, ніби знизана ланцюгами пошкоджень різної довжини. На представлених рисунках показано для простоти сприйняття поданого матеріалу, лише, кілька фрагментів мікроборозенок.

Висновки. Експериментальні дослідження робочій поверхні бурових коронок, виконаних методами електроспінання та гарячого пресування породоруйнівних елементів, відповідно, незалежно від хімічного складу матричного матеріалу (інтерметалід

або вольфрамо-кобальтовий сплав) та природи алмазних зерен (синтетичних або природних) механічне пошкодження породоруйнівного інструменту відбувається завдяки мікровідколюванню мікрочастинок матричного матеріалу та алмазів з утворенням мікровідбитків, що формують мікроборозенки на робочій поверхні інструменту у напрямку, протилежному його руху по вибою гірської породи. Використання результатів досліджень про основний напрямок утворення пошкоджень на робочій поверхні породоруйнівного інструменту різного призначення: бурового або каменеобробного, може дозволити, перш за все, визначити природу її індентування; а також, обчислювати співвідношення об'ємів втраченої сировини (матричного матеріалу та алмазних зерен) для різних типів інструментів.

Бібліографічний список

1. Цыпин Н.В. Исследование износостойкости материала матриц алмазных однослойных коронок / Н.В. Цыпин – К, 1968.– 42 с.
2. Влияние механоактивирования шихты WC+Co+Cu наноалмазами на структуру и свойства материала матрицы буровых коронок / А. М. Исонкин, Г. Д. Ильницкая, М. А. Цысар // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент - техника и технология его изготовления и применения. –2015. – Вып. 18. – С. 103–109.
3. Інтенсивність зношування породоруйнівних елементів із КАМ в залежності від хімічного складу та способу нанесення покриттів на алмазні зерна/ А.Л. Майстренко, А.П. Загора, О.П. Виноградова та інші / Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент–техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2017. – Вып. 20. – С. 460–481.
4. Синтетические алмазы в геологоразведочном бурении под ред. д.т.н. В.Н. Бакуля.– Киев:Наукова думка,1978.–232 с.
5. Зыбинский П.В. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении / П.В. Зыбинский, Р.К. Богданов, А.П. Загора, А.М. Исонкин. – Донецк : Норд-пресс, 2007. – 244 с.
6. Исонкин А.М. Гранулометрический состав шлама как показатель эффективности разрушения горной породы /А.М. Исонкин, Р.К. Богданов, А.П. Загора // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2003. – Вып.6. – С. 90–95.
7. Исонкин А.М. Характер и степень воздействия частиц шлама разрушенной горной породы на матрицу алмазной буровой коронки / А.М. Исонкин // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент–техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2010. – Вып. 13. – С. 182–187.
8. 42. Lu P., X.C. Xiao, Lukitsch,Y.K.Chou (2012). «Micro-Scratch Testing and Simulations for Adhesion Characterizations of Diamond-coated Tools». In: Annual SME North American Manufacturing Research Conference (NAMRC39),13/17June 2011,Oregon State University,Corvallis,US.
9. G. Ghosh (2004). «Elastic properties, hardness, and indentation fracture toughness of intermetallics relevant to electronic packaging». In Robert R. McCormick School of Engineering and Applied Science, Department of Materials Science and Engineering, Northwestern University, 2225 N. Campus Drive, Evanston, Illinois , US.
10. Виноградова О.П. Геометричні параметри еталонного фрагменту продуктів руйнування твердих і надтвердих крихких матеріалів алмазним інструментом / О.П. Виноградова // Теоретичні та експериментальні дослідження в технологіях сучасного матеріалознавства і машинобудування: Зб. наук. пр. – Луцьк: ЛНТУ, – 2013. – Вип.4.– С. 45–52.

11. Виноградова О.П. Руйнування гірських порід інструментом з функціональними елементами із композиційних алмазовмісних матеріалів: дис. робота на здобуття вченого ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.09 – геотехнічна механіка / О.П. Виноградова.– Київ, 2015.–195 с.

УДК 622:502.174.1(477)

*Костішин М.Д., студент другого курсу, КЕІ ДВНЗ «КНЕУ ім. В. Гетьмана»
Темченко Г.В., к.е.н., ст. викл. ДВНЗ «Криворізький національний університет»
Темченко О.А., професор, д.т.н., декан факультету економіки та управління КЕІ ДВНЗ «КНЕУ ім. В. Гетьмана»*

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ РЕСУРСІВ У ГІРНИЧІЙ СПРАВІ ЯК СКЛАДОВА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

В роботі розглядається доцільність використання вторинних ресурсів на промислових підприємствах України в контексті підвищення енергоефективності вітчизняної економіки

Scientific work considers the expediency of using secondary resources at industrial enterprises of Ukraine in the context of increasing the energy efficiency of the domestic economy

Вступ. В умовах збереження тенденцій політичної та економічної криз в Україні, що характеризуються розривом стійких сировинних зв'язків і більш жорсткими ресурсними обмеженнями гостро постає проблема ресурсозабезпеченості, скорочення втрат сировинних та паливо-енергетичних матеріальних ресурсів. Одним з шляхів вирішення зазначених проблем є раціональне використання вторинних ресурсів, зокрема відходів промисловості. Тому розгляд питання раціонального і ефективного використання вторинних ресурсів в гірничій справі є в теперішній час актуальним і потребує додаткового дослідження.

Аналіз останніх статей та публікацій. Питання використання вторинних ресурсів у сучасних галузях промисловості знашли відображення в наукових працях Крайнова І.П., Антипова В.І., Запольського А.К., Желібо Є.П., Колотило Д.М., Салюка А.І., Петрика Л.С. та інших.

Метою роботи є висвітлення необхідності широкого використання вторинних ресурсів у гірничій справі для підвищення енергоефективності економіки України.

Матеріали і результати досліджень. Стратегія сталого розвитку «Україна – 2020», схвалена Указом Президента України від 12 січня 2015 року №5/2015, серед першочергових пріоритетів визначає реалізацію Програми енергонезалежності. Головне завдання програми – забезпечення енергетичної безпеки і перехід до енергоефективного та енергоощадного використання та споживання енергоресурсів із впровадженням інноваційних технологій [1]. Проте, результати діяльності у напрямі підвищення енергоефективності є недостатніми (енергоємність валового внутрішнього продукту України залишається у 3–4 рази вищою, ніж у європейських країнах). Саме енергоефективність характеризує споживання енергоресурсів на одиницю виробленої продукції (як часткові показники енергоємності використовують: електроємність, теплоємність, нафтоємність, газоємність тощо – назва показників свідчить про їх зміст). При оцінюванні енергоємності на рівні країн зазвичай використовують стандартний показник – тони нафтового еквівалента (т.н.е.) на одиницю ВВП, зведеного до порівняної оцінки купівельної спроможності використовуваної грошової одиниці [2]. За динамікою енергоємності Україна залишається країною із надзвичайно високим рівнем енергоємності щодо

світового рівня. Так, у 2011 році показник енергоємності ВВП української економіки становить 0,38 т.н.е./\$1000, тоді як у Німеччині – 0,10 т.н.е./\$1000, у США – 0,15 т.н.е./\$1000, у Японії – 0,11 т.н.е./\$1000 [3]. Протягом ХХ століття відходи були кінцевою ланкою процесу промислового виробництва. За останні двадцять років ця ситуація зазнала значних змін. Проблема відходів знайшла дійсно кардинальне розв'язання, яке має назву “нульові відходи” (Zero Waste). Впровадження цього принципу дасть можливість розпочати розв'язання головних проблем людства – вичерпність мінеральних природних ресурсів та негативний вплив зростання народонаселення на навколишнє природне середовище [4]. Територія України на 160 тисяч гектарів вкрита промисловими відходами, які становлять 36 мільярдів тон твердих відходів. Ці звалища є серйозною екологічною проблемою, але окрім соціально-екологічних проблем вони є і важливим економічним резервом, оскільки відходи можуть бути використані як основна чи допоміжна сировина для випуску нової продукції, тобто як вторинні матеріальні ресурси. Решта відходів після видобутку або переробки корисних копалин створюють техногенні родовища, їм притаманні великі масштаби, вміст великої кількості необхідних сучасній промисловості мінеральних компонентів і потенційна придатність до виробництва товарної продукції. Тому, необхідно розглядати попутно видобуті породи не як відходи, а як сировину для використання в господарській діяльності людини. Гірничодобувна промисловість від самого початку порушувала утворену на момент початку робіт екологічну рівновагу системи «природа - суспільство» в бік погіршення стану надр, ґрунтів, атмосфери, поверхневих і підземних вод. Отже, цілком природним є бажання природокористувача знизити цей вплив, зменшити кількість відходів, більш повно використовувати багатства, добуті з надр Землі. Наприклад при переробці 1 т кам'яного вугілля в середньому утворюється 3 т відходів в процесі видобутку і 0,2-0,3 т в процесі споживання; при видобутку залізної руди 5-6 т і 0,5-0,7 т відповідно; при видобутку кольорових металів - відповідно 100-150 т і 50-60 т. При отриманні благородних металів утворюється 5-10 тис. т відходів під час видобутку і 10-100 тис. т в період переробки. На даний момент відомо багато технологій, що дозволяють реалізувати майже всі відходи гірничих підприємств в якості сировинного матеріалу для виробництва великої кількості найрізноманітніших матеріалів, а в ряді випадків - добути з відходів ряд цінних компонентів і після цього решту використовувати в якості сировини для отримання різних промислових продуктів. Комплексне використання всіх відходів вугільного виробництва може привести до зниження сумарних витрат на видобуток і переробку тони вугілля мінімум на 25% [5]. Ефект від реалізації супутніх продуктів видобутку корисних копалин складається з двох частин. Перша відноситься до підприємства і виникає завдяки поліпшенню виробничих умов, друга проявляється поза підприємством в результаті того, що знижується потреба в застосуванні іншої більш дорогої, мінеральної сировини, що раніше використовувалась. Видобуток корисних копалин супроводжується наявністю:

- рідких відходів у вигляді відкачуваних шахтних вод і технологічних скидів води збагачувальних фабрик, які часто скидають в річки і балки, насичуючи солями ґрунти і ґрунтові води. З гірничих виробок щорічно на поверхню Землі відкачується близько 2,5 млрд. м³ шахтних вод з якими виноситься до 180 тис. т механічних домішок і близько 4 млн. т мінеральних солей. Шахтні води - один з видів відходів, які можуть бути використані в якості сировини для вилучення з них цінних компонентів, при цьому очищена вода вживається для технологічних цілей на підприємстві. Зміст цінних продуктів в золі може істотно змінюється в залежності від складу оброблюваної води. Зміст мінеральних речовин в природних водах і в промислових скидах також важливе для складу одержуваних продуктів.

- газоподібних відходів у вигляді відпрацьованої повітряної маси після провітрювання вибоїв і виробок шахт. Основним тут є шахтний метан. Вже близько 30 років він успішно використовується в багатьох країнах світу - Німеччині, Великобританії,

Франції, Бельгії, Польщі, Японії та інших - головним чином як паливо в шахтних котельнях. Наприклад в Німеччині щорічно спалюється близько 150 млн. м³ метану, що становить близько 45% використаного в країні газу. Всього в даний час тільки на вугільних шахтах світу при видобутку близько 1,5 млрд. т вугілля виділяється 20-21 млрд. м³ метану в рік [6].

- твердих складованих відходів від проведення і ремонту гірничих виробок у вигляді відвалів або териконів, а також, так званих, «техногенних родовищ» [7]. Збір твердих відходів, транспортування, складування у відвали, будівництво відвалів і хвостосховищ обумовлюють великі експлуатаційні і капітальні витрати. Під відвали відводиться десятки тисяч гектарів землі, в багатьох районах придатної для сільськогосподарської діяльності. Поглиблене вивчення технологічних процесів збагачення, сировинної бази збагачувальних фабрик, гранулометричного, фракційного складу вугілля, що входять в сировинну базу, показників якості та технологічних властивостей шламових продуктів, що знаходяться в «техногенних родовищах» - мулонакопичувачах, дозволило зробити висновок про те, що використання вугілля, що міститься у відходах вуглезбагачення, цілком можливо. З огляду на такий попит на енергетичному ринку економічно вигідним виявилось виробництво енергетичного палива заданої якості для пилоподібного спалювання шляхом шихтування в необхідному співвідношенні вугілля, що збагачується на ЦЗФ, з позабалансовими шламом з мулонакопичувача. Собівартість такого палива менше за рахунок того, що більшу його частину становлять відходи вуглезбагачення, що видобуваються за допомогою екскавації. Відомо, що відкритий видобуток завжди дешевший, ніж підземний, особливо з урахуванням використання вторинних ресурсів які не потребують підготовчих робіт з розвідки і т.п. Крім того, паливо, отримане з суміші вугільних концентратів і шламових продуктів, горить краще, ніж рядове вугілля, не вимагаючи витрати мазуту і природного газу для розпалювання. Розробка способів збагачення відходів збагачення, що дозволяють різко підвищити вміст вугілля збіднених складованих відходів вуглезбагачення, взагалі дозволять повністю закрити проблему складованих відходів вуглезбагачення, покращуючи екологічну обстановку в вугледобувних регіонах. Якщо використання енергії рідких і газоподібних відходів вугільного виробництва має досить добре опрацьовану передісторію наукового обґрунтування і практичного застосування, то розробка способів і засобів добування енергії з складованих відходів вуглевидобутку і вуглезбагачення ще не має ні наукової ні практичної бази.

В процесі видобутку та переробки залізних руд, руд кольорових металів, хімічної сировини, нерудних матеріалів отримують побічні продукти двох типів: у вигляді розкривних та інших пустих порід, видобутих при веденні гірничих робіт, і відходів гірничо-збагачувальних комбінатів. Найбільше кількість попутно видобутих порід і відходів збагачення пов'язано з видобутком і переробкою залізних руд – особливо після дроблення, збагачення та огрудкування руд (рис. 1). Тільки в Криворізькому басейні щорічний вихід попутно видобутих порід становить близько 50 млн м³. На вітчизняних залізорудних підприємствах обсяг видобутих порожніх порід досягає 400 млн м³, в тому числі скельних порід - понад 70%. Крім того, відходи після збагачення руди становлять понад 200 млн т. Сьогодні в Україні відомі лише декілька проектів, на яких збагачуються бідні руди і відходи збагачення багатих руд. Зокрема, на ПрАТ «Центральному ГЗК» (Кривий Ріг, Дніпропетровська область) працює установка для вторинної переробки лежалих пісків шламосховища, які містять залізо. Місячна продуктивність обладнання близько 50 тис. т. концентрату. За заявою прес-служби гірничорудного дивізіону "Метінвест Холдингу" з моменту запуску установки в 2001 році було вироблено понад 5,3 млн. т. концентрату. В "Метінвесті" відзначають, що крім отримання додаткового обсягу товарної продукції, звільняється ємність для складування відходів збагачення (до 0,4 млн . м³) і не доводиться розширювати площі хвостосховищ.

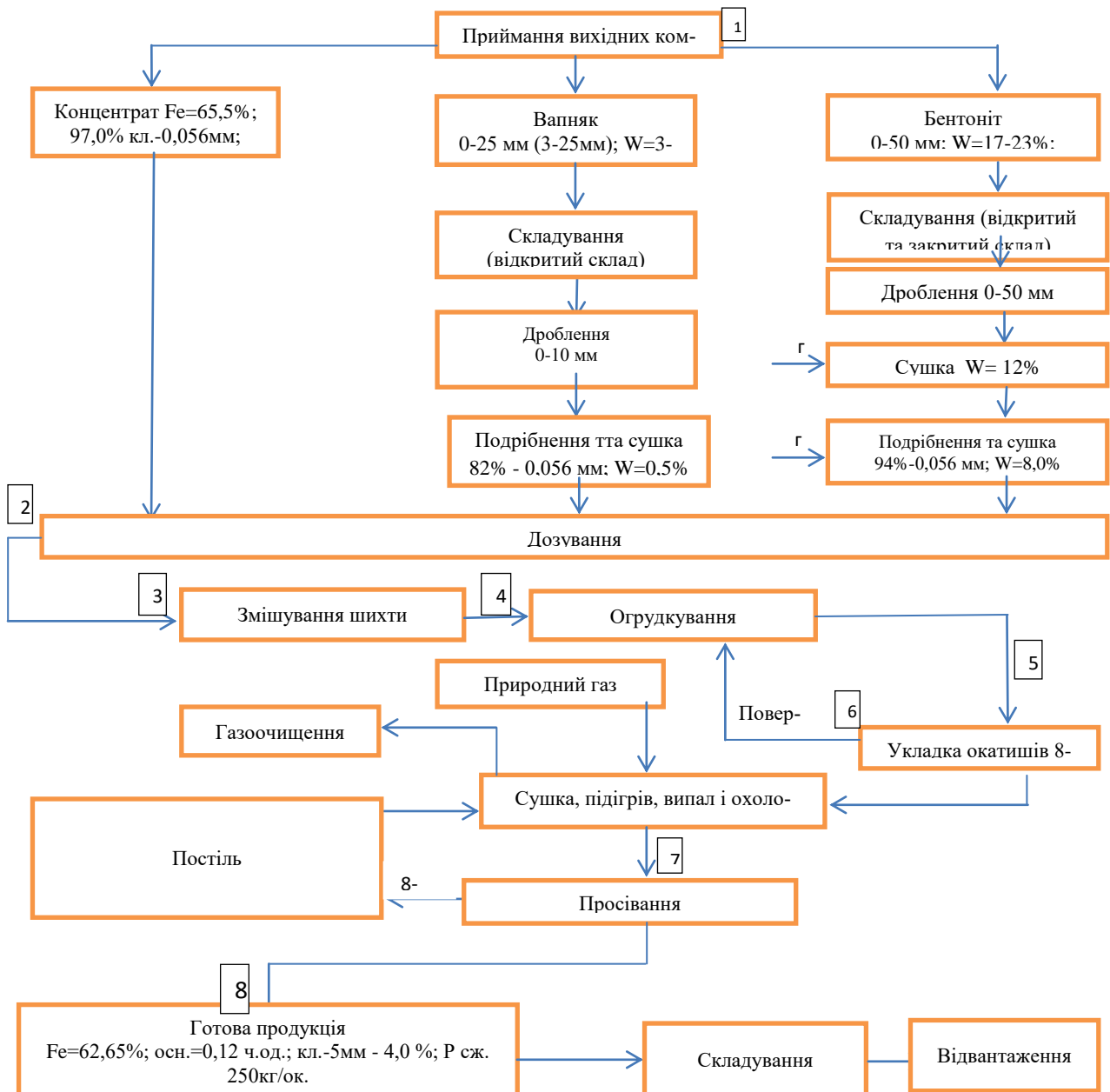


Рис.1 Технологічна схема виробництва залізрудних окатишів

Іншим прикладом є компанія Metal Union, яка в 2005 році запустила проект "Рекультивация техногенных родовищ" і з 2009 року почала промислове виробництво концентрату за власною запатентованою технологією гравітаційного збагачення хвостів залізрудного виробництва на потужностях дослідно-промислового комплексу "Жовті води" (Дніпропетровська область). Однак найбільш раціональна область застосування побічних продуктів гірничодобувних підприємств - це промисловість нерудних будівельних матеріалів. Досягнення економічного ефекту обумовлене економією капітальних вкладень на виробництво нерудних матеріалів, скороченням обсягів відвалів і витрат на транспортування відходів, ліквідацією втрат у народному господарстві, пов'язаних з відчуженням земельних угідь під відвали та подальшої їх рекультивацією. Для виробництва нерудних будівельних матеріалів придатні: попутні породи, що видобуваються, сухі та мокрі відходи збагачення при видобутку та переробці залізних руд, флюсів і вогнетривких матеріалів, кольорових металів; висівки (відсів) при виробництві будівельного щебеню із вивержених, метаморфічних і осадових порід; попутні породи, що видобуваються і відходи збагачення при виробництві азбесту та інші. Не менший

інтерес викликає питання заміни традиційного річкового піску відходами збагачення. Всі відомі дослідження в даному питанні полягали у вивченні властивостей бетонів і розчинів, в яких була проведена повна заміна річкового піску на «хвости» збагачення залізних руд. Як показали результати досліджень, якщо проводити не повну заміну річкового піску рядовими «хвостами» збагачення залізних руд, а лише деяку його частину в присутності поліспиртів, можна домогтися навіть значного збільшення міцності будівельних розчинів. При цьому виключається технологічна операція так званого «збагачення» «хвостів» збагачення залізних руд, тобто використовуються всі фракції «хвостів».

Висновок. Орієнтація на першочергове використання промислових відходів впливає з наступних положень: невикористання відходів веде до економічно необґрунтованих непродуктивних витрат на їх видалення, спорудження та утримання відвалів; під відвалами пропадають значні площі земельних угідь; відходами гірничого виробництва наноситься суттєва шкода довкіллю; розробка нових родовищ природної сировини вимагає відторгнення використовуваних земель, а їх наступні відновлення та рекультивация пов'язані з великими витратами (саме тому деяких країнах останнім часом розширюється підземне видобування сировини замість розробки кар'єрів відкритим способом); промислові відходи дешевше природного сировини; часто вони відразу придатні для застосування в якості заповнювачів або після мінімальної переробки; зокрема, виробництво штучних пористих заповнювачів, що базується на використанні промислових відходів, економічно найбільш вигідно.

Бібліографічний список

1. Денисюк С. П. Енергетична ефективність України. Кращі проектні ідеї [Електронний ресурс] / С. П. Денисюк, О. В. Коцар, Ю. В. Чернецька // КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://io.iee.kpi.ua/sites/default/files/HANDBOOK_of_BEST_PRACTICES_2.pdf.
2. Мельник Л. Г. Ефективність використання природно-ресурсного потенціалу України та передумови формування «зеленої» економіки / Л. Г. Мельник, О. В. Кубатко. // Вісник соціально-економічних досліджень Одеського національного економічного університету. – 2013. – №3. – С. 169–174.
3. Енергоефективність у регіональному вимірі. Проблеми та перспективи [Електронний ресурс] / А. І. Шевцов, В. О. Бараннік, М. Г. Земляний, Т. В. Рязова // Регіональний філіал Національного інституту стратегічних досліджень в м. Дніпрі. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.niss.gov.ua/content/articles/files/energoefektivb40dc.pdf>.
4. Крайнов І. П. Інноваційні механізми зменшення ризику у сфері поводження з відходами виробництва і споживання / І. П. Крайнов, С. С. Новохацька. // Екологічний вісник. – 2007. – №2. – С. 20–22.
5. Гостищев Д. П. Ресурсозберігаючі технології в процесі утилізації ТПВ та рекультивация порушених земель: монографія / Д. П. Гостищев, Л. Г. Казакова. – Москва: Російська Федерація, Охорона навколишнього природного середовища, 2009. – 466 с.
6. Гірнична справа і навколишнє середовище: підручник / [С. В. Сластунов, В. Н. Королева, К. С. Коликов та ін.]. – Москва: Логос, 2001. – 272 с.
7. Антипов В. І. Доцільність використання вторинних енергетичних ресурсів на вугільних підприємствах [Електронний ресурс] / В. І. Антипов // Ефективна економіка.- №8. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2360>

Зуєвська Н.В., д.т.н., професор, Олефір А.О. студ. гр. ОС-71мп, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ОЦІНКИ ДІЇ АКУСТИЧНИХ, ВІБРАЦІЙНИХ ТА УДАРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА КОНСТРУКЦІЇ ГЕОТЕХНІЧНИХ І ПІДЗЕМНИХ СПОРУД ПРИЛАДОМ СЕЙСМОАКУСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ІЗ БАГАТОСЕКЦІЙНИМ ПРИЙМАЧЕМ АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ

Приведений аналіз можливостей покращення фокусуєчих характеристик пристрою сейсмоакустичного спостереження, що має свій прояв у реєстрації неспотвореного взаємним накладанням сфокусованих сейсмоакустичних променів корисного сигналу, що дає змогу проводити поглиблений аналіз джерел сейсмоакустичних коливань. Запропонована оригінальна система сейсмоакустичного приймача з поліпшеними фокусуєчими можливостями, в результаті натурного експерименту доведено перспективність її застосування.

Analysis of possibilities of improvement of focusing characteristics of a device for seismic and acoustic observation is carried out, where advanced focusing performance stands for registration of the undistorted by mutual superposition of focused seismic and acoustic rays useful signal, that allows to conduct in-depth analysis of sources of seismic acoustic oscillations. An original seismic and acoustic receiver system with improved focusing capabilities is proposed, as a result of a field experiment, the promise of its application is proven.

Вступ. Розвиток урбанізації та процеси утворення мегаполісів сприяють розвитку будівництва. Особлива увага приділяється підземному напрямку, це будівництво фундаментних конструкцій, ліній підземного метрополітену, підземних паркінгів, торговельних і розважальних комплексів [1]. Даний розвиток зумовлює необхідність розробки сучасних методів контролю дії зовнішніх сейсмічних і акустичних навантажень в процесі експлуатації.

Аналіз літературних джерел. Аналіз стану питання показує наявність різних методів інструментального контролю дії акустичних і сейсмічних коливань на конструкції. Серед різноманітних способів контролю є механічні, оптичні методи, складні електронні комплекси. Також з літературних джерел відомо про виникнення специфічних сейсмоакустичних коливань, передуючих процесу руйнування конструкції, що дає можливість залучити сейсмоакустичні методи і апаратуру, здатну реєструвати коливання протягом тривалого часу, для оцінки зміни міцнісних характеристик і проведення завчасного підсилення чи реконструкції [2]

Відомі пристрої акустичного контролю [3-4], що містять акустичну антену, приймач акустичного сигналу від акустичної антени, в якості якого може використовуватись чутливий мікрофон, комп'ютерні системи аналізу акустичної і сейсмічної інформації. Розроблені пристрої застосовуються для контролю стану обертових підшипників, моніторингу конвеєрів доставки породи в гірничій промисловості, акустичного спостереження віддалених джерел звукових коливань, та працюють наступним чином. Акустичні хвилі, які потрапляють на розтруб, під яким розуміють дальній від основи край акустичної антени, фокусуються акустичною антеною у області приймача акустичного сигналу. Так як фокусування відбувається шляхом зміни напрямку розповсюдження променів акустичних хвиль, які до того ж представляють собою звичай сферичні хвилі, можливе взаємне накладання променів між собою, і для певного діапазону частот, залежно від параметрів антени, відбувається взаємне посилення чи

послаблення амплітуди коливань, зокрема приймач акустичного сигналу може опинитися у зоні пучності або вузла утвореної стоячої хвилі. Це призводить до спотворення реєстрованого акустичного сигналу і може критичним чином вплинути на результати його обробки і аналізу, що являється недоліком вказаних пристроїв.

Підтвердженням даної проблеми є вказівки, приведені у описі приладу [5], щодо оптимального фокусування коливань різних частот на різних відстанях від приймача акустичного сигналу. У цьому приладі реалізований підхід, який дозволяє встановлення приймача акустичного сигналу на різній віддалі від розтрубу акустичної антени шляхом його переміщення вздовж її поздовжньої осі, має той недолік, що у кожний окремий момент часу можливе лише певне окреме положення приймача акустичного сигналу, а тому реєстрований сигнал виявляється спотвореним.

Враховуючи наявні на ринку інструменти контролю геотехнічних і підземних споруд, питання автоматизованого контролю при проведенні робіт по їх будівництву, обслуговуванню та зокрема оптимальне фокусування сейсмоакустичних коливань у зоні приймача сейсмоакустичних коливань є актуальним.

Мета роботи. Аналіз існуючих методів контролю конструкцій геотехнічних і підземних споруд потребує створення приладу сейсмоакустичного контролю стану з покращеними фокусувальними характеристиками сейсмоакустичного спостереження, яке має свій прояв у забезпеченні можливості реєстрації повного спектру частотних складових сейсмоакустичного сигналу, що надходить до антени, компенсуючи спотворення корисного сигналу внаслідок взаємного підсилення і погашення амплітуди коливань сейсмоакустичних хвиль різної частоти, викликаного перерозподілом енергії і амплітуди коливань між сусідніми точками у просторі.

Матеріали і результати досліджень. Покладена мета вирішується тим, що запропонований пристрій сейсмоакустичного спостереження із багатосекційним приймачем сейсмоакустичного сигналу, що містить сейсмоакустичну антену і приймач сейсмоакустичного сигналу від сейсмоакустичної антени, виконаний із багатосекційним чутливим елементом зі здатними до реєстрації сейсмоакустичних коливань секціями, розташованими вздовж поздовжньої осі сейсмоакустичної антени. В результаті забезпечується одночасна реєстрація сигналу в областях найкращого фокусування сейсмоакустичних хвиль різних частот, що дозволяє зберегти корисну інформацію, яка міститься у ньому.

Така конструкція пристрою сейсмоакустичного спостереження із багатосекційним приймачем сейсмоакустичного сигналу дозволяє покращити якість реєстрованого сейсмоакустичного сигналу завдяки одночасній реєстрації сейсмоакустичних хвиль в областях оптимального фокусування хвиль різних частот, а отже забезпечити збереження корисної інформації, яку несе реєстрований сейсмоакустичний сигнал, та їх механічне підсилення ще до етапу аналогово-цифрового перетворення.

Загальний вигляд зразка розробленого і виготовленого приладу сейсмоакустичного контролю стану гірничих виробок із багатосекційним приймачем сейсмоакустичного сигналу показаний на рис. 1.

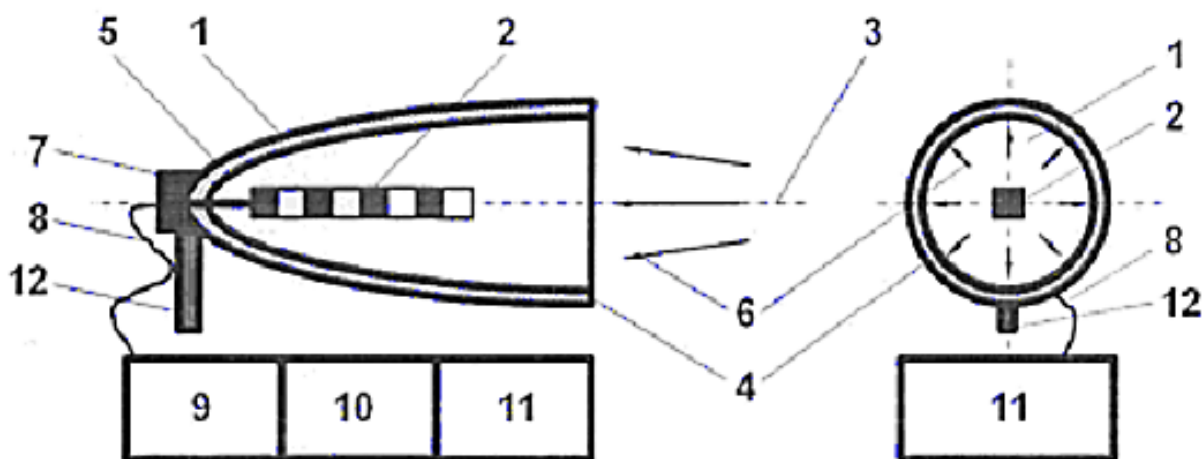


Рис. 1. Загальний вигляд зразка розробленого і виготовленого приладу сейсмоакустичного контролю з багатосекційним приймачем сейсмоакустичного сигналу

Пристрій для сейсмоакустичного спостереження із багатосекційним приймачем сейсмоакустичного сигналу містить сейсмоакустичну антену 1, приймач 2 сейсмоакустичного сигналу від сейсмоакустичної антени 1 із багатосекційним чутливим елементом зі здатними до реєстрації сейсмоакустичних коливань секціями, розташованими вздовж поздовжньої осі 3 сейсмоакустичної антени 1, тобто у напрямку від розтрубу 4 до основи 5 сейсмоакустичної антени 1. На кресленні також позначено можливі напрямки падіння на розтруб сейсмоакустичної антени променів сейсмоакустичних хвиль 6. Пристрій для сейсмоакустичного спостереження із багатосекційним приймачем сейсмоакустичного сигналу може містити суміщений чи відокремлений від приймача 2 сейсмоакустичного сигналу підсилювач сигналу 7, який надалі може бути пов'язаним дротовим зв'язком 8, бездротовим чином чи бути конструктивно суміщеним із блоком аналогово-цифрового перетворювача 9, блоком обробки, аналізу і збереження даних 10, блоком взаємодії із оператором і управління 11, а також систему кріплення 12.

Пристрій для сейсмоакустичного спостереження із багатосекційним приймачем сейсмоакустичного сигналу працює наступним чином. Як показано на кресленні, промені 6 падають на поверхню розтрубу 4 сейсмоакустичної антени 1 і фокусуються нею у області приймача сейсмоакустичного сигналу 2 із розташованими вздовж поздовжньої осі 3 сейсмоакустичної антени 1 секціями чутливого елементу, які, таким чином, забезпечують сприйняття сейсмоакустичного сигналу у багатьох точках, в кожній із яких оптимальним є фокусування хвиль свого діапазону частот. Таким чином, сейсмоакустичні коливання сприймаються приймачем 2, який генерує відповідний сигнал, що надалі підсилюється підсилювачем сигналу 7, передається дротовим зв'язком 8 чи бездротовим чином до блока аналогово-цифрового перетворювача 9, блока обробки, аналізу і збереження даних 10, блока взаємодії із оператором і управління 11. Блоком обробки, аналізу і збереження даних 10, крім іншого, може проводитись розрахунок параметрів сигналу, його перетворення, порівняння. Взаємодія із оператором блоком взаємодії із оператором і управління 11 може реалізовуватись візуальним чи іншим способом, причому оператор може знаходитись на місці чи віддалено. Блоком взаємодії із оператором і управління 11 здійснюється, зокрема, керування.

Запропоновані метод покращення фокуруючих характеристик сейсмоакустичного спостереження, яке має свій прояв у забезпеченні можливості реєстрації повного спектру частотних складових сейсмоакустичного сигналу, що надходить до антени, компенсуючи спотворення корисного сигналу внаслідок взаємного підсилення і погашення амплітуди коливань сейсмоакустичних хвиль різної частоти, викликаного перерозподілом енергії і амплітуди коливань між сусідніми точками у просторі був реалізований в експериментальному варіанті системи сейсмоакустичного моніторингу

приладу типу «Трембіта-ГЕО» розробленого на кафедрі Геоінженерії НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського». Система складалась з оригінальної фокуруючої системи виконаної згідно з вище приведеним описом системи оригінальних надчутливих приймачів, систем підсилення багатоканальних цифро аналогових перетворювачів та комп'ютерної системи обробки і збереження даних виконаної на базі ноутбука HP ProBook 4740s. У якості контрольного приймача і сейсмоакустичної антени використовувався блок сейсмоакустичної антени, яка не мала описаних вище особливостей. У якості контрольного сигналу використовувався випромінювач коливань який керувався окремим комп'ютером, створюючи як окремі коливання фіксованих частот, так і їх комбінації. У якості керуючої програми використовувався комп'ютерний генератор коливань типу ElectroLab v.4.8.

Експериментально було доведено, що при порівнянні реальних коливань сейсмоакустичного діапазону згенерованих комп'ютерною системою і отриманих запропонованим і контрольними сейсмоакустичних приймачів, що з ймовірністю 97,5% спотворення прийнятого сигналу вдвічі менше у запропонованого сейсмоакустичного приймача, ніж у контрольного. Проведений експеримент довів перспективність використання запропонованих конструкцій приймачів сейсмоакустичної коливань

Висновки. Таким чином доведено перспективність подальших робіт по модифікації приладів сейсмоакустичного контролю для проведення аналізу сейсмоакустичної ситуації і оцінки руйнування споруд з допомогою запропоновано вдосконалення системи сейсмоакустичного спостереження «Трембіта-ГЕО» у вигляді сейсмоакустичного конусу з багатосекційним приймачем акустичного сигналу, що надає можливість більш повного аналізу неспотвореного сейсмоакустичного сигналу, що підвищує достовірність отриманих результатів.

Бібліографічний список

1. Гайко Г., Білецький В., Мікось Т., Хмура Я. Гірництво й підземні споруди в Україні та Польщі (нариси з історії). — Донецьк: УКЦентр, Донецьке відділення НТШ, «Редакція гірничої енциклопедії», 2009. — 296 с.
2. Олефір А.О. Системи збору інформації про стан композитних елементів покриттів злітних смуг і автомобільних доріг. Технологические системы. – 2013. - №2(63). – С. 44 - 48.
3. Патент WO2011160651 A1. Acoustic sensor unit comprising a paraboloidal collector, and a machine condition monitoring unit adapted to be coupled to such acoustic sensor unit. Collyer, R. - Опубл. 29.12.2011.
4. Патент WO2004017038A1. Detector of defects for rotating machinery. Hiramatsu Katsumi, Oishi Michitoshi. - Опубл. 26.02.2004.
5. Патент US3895188 A. Sound collecting device. Ingraham Everett L. - Опубл. 15.07.1975.

УДК 691.3

В.П. Партика, студент, Є.А. Загоруйко, к.т.н., доц., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВУГЛЕЦЕВИЙ БЕТОН ЯК СУЧАСНА ЗАМІНА ЗАЛІЗОБЕТОНУ

Стаття розглядає новий композиційний матеріал, вуглецевий бетон, його склад та різновиди. А також показує його переваги та недоліки порівняно з залізобетоном. Ще стаття показує доцільність його використання у різних сферах будівництва.

The article considers carbonaceous concrete as a new composite material, its composition and varieties. The article highlights the advantages and disadvantages of material

compared to reinforced concrete. It shows the expediency of using carbonaceous concrete in different various of construction.

Вступ: Залізобетон є одним із основних матеріалів, без його використання не можливо уявити сучасне будівництво. Це й не дивно, адже залізобетон є одним з найкращих матеріалів за відношенням ціни до характеристик. На даному етапі розвитку будівельних технологій майже жодне будівництво не обходиться без цього матеріалу. Світовий обсяг його застосування становить більше 2 мільярдів куб. м. на рік. Від моменту винайдення залізобетону пройшло вже досить багато часу. Цей матеріал був запатентований ще у 19 столітті. З того часу бетон вдосконалювали, змінювали його властивості з метою збільшити економічність та покращити характеристики. Незмінним залишалося лише використання сталевих арматур в якості армуючого матеріалу. У залізобетоні реалізувалося доцільне поєднання таких матеріалів як бетон та сталь. Однак, на зміну старим матеріалам та технологіям приходять нові, серед таких матеріалів можна виокремити вуглецевий бетон.

Аналіз літературних джерел: розробкою вуглебетону займалися в більшості німецькі вчені Peter Offermann, Manfred Curbach and Chokri Cherif представники дрезденського технічного університету. Саме у їх проєкті «С3 – Carbon Concrete Composite» детально описується такий матеріал як вуглебетон.

Мета роботи: Метою даної роботи є визначення доцільності використання нового будівельного матеріалу, вуглецевого бетону, в різних сферах будівельної діяльності.

Матеріали і результати досліджень: Вуглецевий бетон являє собою композиційний матеріал, що армується вуглецевим волокном. В даний час існує три різновиди цього матеріалу [2]:

1) вуглебетон, що армується за допомогою спеціальної вуглецевої «сітки», яка розміщується між тонкими шарами бетону;

2) також є різновид, який створюється завдяки хаотичному додаванню в бетон вуглецевих волокон;

3) бетон створений за допомогою систематичних ін'єкцій волокон вуглецю.

Найбільшою популярністю серед будівельників, знайомих з цим унікальним бетоном, користується саме перший різновид цього матеріалу. Його було винайдено вченим Інституту монолітного держбудівництва при Дрезденському технічному університеті.

Армувальним елементом служать не окремі вуглецеві нитки, а особливий текстильний матеріал, що називається вуглетканиною. Цей матеріал хоч і не є результатом дійсно ткацької діяльності, але його виробництво відбувається на спеціальних в'язально-прошивних машинах, в результаті роботи яких сплітається вуглецева сітка. При чому, одна нитка цього матеріалу тонша ніж людська волосина.

А тому виготовлення цього армуючого полотна є дуже складним процесом. На теоретичне обґрунтування технології виробництва вуглебетону та побудову спеціального технологічного обладнання, вченим знадобилось більше 10 років досліджень.

Вуглецевий бетон володіє значними перевагами у порівнянні з залізобетоном. Наприклад, при створенні залізобетонних конструкцій, для захисту арматури від корозії, необхідно значне використання бетону. Однак, при виробництві цементу не тільки використовується величезна кількість сировини, а і відбуваються високі викиди CO₂[1]. З використанням вуглебетону ця проблема зникає, адже вуглець не піддається корозії. Крім того, вуглецевий бетон може бути виготовлений із вуглецю, що залишається як відходи від виробництва інших матеріалів. У сучасних проєктах дослідники використовують відходи, що залишаються у процесі переробки деревини.

Ще однією з головних переваг вуглебетону є його довговічність.

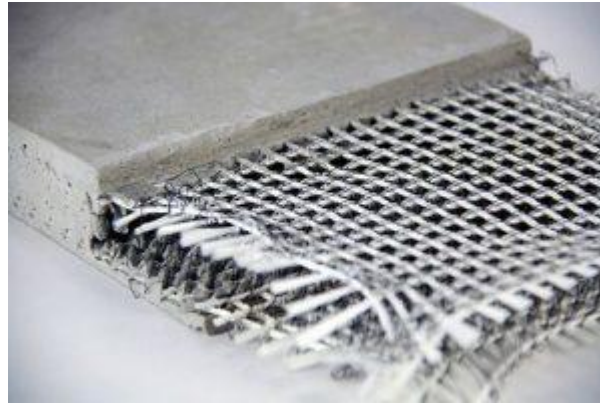


Рис. 1 Загальний вигляд вуглецевого бетону

Нажаль, і такий матеріал має деякі недоліки. Головним його недоліком є, безумовно, порівняно висока ціна, що обмежує використання цього матеріалу і знижує його попит серед потенційних клієнтів. Виготовлення одного кілограму залізобетону коштує близько 1 євро, а на виробництво такої ж кількості вуглецевого бетону витрачається близько 20 євро. Однак, ці цифри не до кінця відображають реальну картину і дійсно можуть відлякнати необізнаного покупця. Останні дослідження показують, що вуглецевий бетон дозволяє економити приблизно 75 відсотків матеріалу, а отже, загальна вартість будівництва значно скорочується. Таким чином, у зв'язку з високою міцністю та корозійною стійкістю матеріалу експлуатаційний термін використання споруджених об'єктів буде більшим [3].

Унікальні властивості вуглебетону можна активно застосовувати при реконструкції різних типів споруд, адже цей будівельний матеріал має відмінні експлуатаційні характеристики. Хоча вартість відновлення споруди буде більшою, терміни користування спорудою будуть більшими, що особливо важливо для реконструкції історичних будівель та пам'яток архітектури. Досить актуальним є використання даного матеріалу і для споруд які потребують частого ремонту в зв'язку з активним використанням, наприклад тунелі, мости і т.д. Можливим є і спорудження невеликих будівель і споруд з використанням вуглебетона. Так, на 2019 р. планується завершення будівництва першого вуглецевого будинку у Німеччині, що слугуватиме подальшим практичним дослідженням даного матеріалу.

Висновок: Вуглецевий бетон є хорошою альтернативою залізобетону, адже він має кращу довговічність, є більш легким і при цьому дуже міцним. Його головний недолік, а саме його відносно висока вартість, на даному етапі розвитку технологій заважає масштабному використанню цього матеріалу при спорудженні конструкцій і споруд.

Ще цей матеріал є дуже перспективним, адже він довговічний і більш екологічний. Адже, збільшення терміну експлуатації споруд потребуватиме меншого виробництва бетону для подальшої реконструкції чи відновлення будівель, що зменшить загальну кількість використання.

Бібліографічний список:

1. Баженов Ю.М. Технологія бетону. – М.: АСВ, 2002. – 500 с.
2. Будівельний матеріал майбутнього – вуглебетон. [Електронний ресурс]: Build Portal - Режим доступу: budport.com.ua/articles/articles/122-stroitelnyy-material-budushego-uglebeton

3. Carbon concrete: the building material of the future? [Електронний ресурс]: ALLPLAN –Режим доступу: <https://blog.allplan.com/en/carbon-concrete>

УДК 622.235

М.В. Пасько, магістрант; Н.В. Зуєвська, д.т.н., професор, О.М. Чала, к.т.н., ст. викладач; О.С. Тарасюк, провідний інженер, кафедра геоінженерії Національного технічного університету України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ КОНТУРНОГО ПІДРИВАННЯ СКЕЛЬНИХ ПОРІД

Проведені розрахунки динамічних характеристик залізистих кварцитів та вибухової речовини, виходячи з даних ультразвукових досліджень, представлена методика перерахунку їх статичних і динамічних пружних властивостей.

The calculations of the dynamic characteristics of ferruginous quartzite's and explosives based on ultrasound data were performed. The method of recounting their static and dynamic elastic properties is presented.

Вступ. При розробці родовищ корисних копалин відкритим способом особливого значення набуває проблема стійкості породних укосів уступів і бортів кар'єрів [1 – 6].

Основні завдання геомеханіки [7] стосовно стійкості уступів і бортів кар'єрів полягають у визначенні таких їх параметрів, при яких забезпечується безпека гірських порід і досягається висока економічність виробництва [1, 4, 6].

Ведення добувних робіт на гірничорудних підприємствах завжди супроводжувалося проблемою зі збереження сейсмостійкості діючих і погашених уступів, які складаються з м'яких та скельних порід. Недостатня вивченість негативних впливів тривалих сейсмічних імпульсів, що виникають від багатоблокових масових вибухів (ББМВ), не дає можливості цілком оцінити напружено-деформований стан укосів, застосувати безпечні параметри вибухів, які б гарантували стійкість бортів кар'єру.

Із аналізу методів розрахунку параметрів стійкого стану укосу кар'єру [4] встановлено, що всі вони розроблені з врахуванням статичного стану масиву гірських порід, а вплив дії вибуху під час підривання блоків, які по мірі відпрацювання кар'єру наближаються до підніжжя його борту, у жодному з них не враховується.

Сучасний стан гірничої промисловості, в силу гірничо-геологічних умов, вимагає проведення робіт, спрямованих на поліпшення існуючої технології видобутку корисних копалин. Буропідривні роботи, які є невід'ємною частиною технологічного ланцюжка виробництва, також потребують постійного вдосконалення. Застосування сучасних засобів математичного моделювання вибухового руйнування гірських порід дозволяє оцінити характер вибуху і оптимізувати параметри вибухових робіт. Для моделювання процесу вибухового руйнування масиву гірських порід свердловинними зарядами використовувалася система інженерного аналізу ANSYS з модулем AUTODYN. Спеціалізований модуль ANSYS AUTODYN – це аналітичний інструмент для вирішення завдань в явній постановці, службовець для моделювання складної нелінійної динаміки твердих тіл, рідин, газів і їх взаємодії

Мета роботи. Розрахувати динамічні характеристики породи і вибухової речовини для умов ВАТ Полтавський ГЗК, для подальшого комп'ютерного моделювання в динамічних пакетах.

Матеріали і результати досліджень. В даний час відомо досить багато моделей різних матеріалів, в тому числі і ґрунтів, які включені в пакети програм: ANSYS, ABAQUS, CRISP, FLAC, LS-DYNA, PLAXIS та ін. В цих моделях використовується

ряд параметрів, які визначаються з результатів випробувань матеріалів. У більшості випадків, недосвідченому користувачу досить складно правильно ввести в програму значення параметрів моделей ґрунтів. Це пояснюється як відсутністю в самих програмах опису методики визначення параметрів, так і тим, що не всі обумовлені в дослідях показники властивостей матеріалів є параметрами моделей матеріалів.

Визначення основних динамічних характеристик породи.

До динамічних властивостей гірських порід належать пружні динамічні (динамічний модуль пружності, динамічний коефіцієнт Пуассона, динамічний модуль зсуву та ін.) та акустичні характеристики.

Пружність характеризує властивість порід відновлювати свою початкову форму і об'єм після припинення дії зовнішніх навантажень; характеризується модулем пружності, модулем зсуву і коефіцієнтом поперечних деформацій. При імпульсному прикладанні до середовища зовнішньої збудливої сили через середовище проходить два типи пружних хвиль, які розповсюджуються з певною кінцевою швидкістю залежно від пружних сталей і від щільності середовища. Розглянемо на прикладі розрахунок пружних властивостей залізистого кварциту для умов кар'єру ДнПУ ВАТ „Полтавський ГЗК”. Фізико-механічні властивості породи показано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристика фізико-механічних властивостей породи

Найменування породи		Залізистий кварцит
Щільність, $г/см^3$		3,30
Пористість, %		3,71
Вологість, %		0,05-0,069
Водопоглинання, %		0,10
Межа механічної міцності у повітряно-сухому стані, $кг/см^2$	Паралельно шаруватості	1680,70
	Під кутом до шаруватості	1771,10
Міцність по Протодьяконову порід, підданих вивітрюванню, балів		6-8
Міцність по Протодьяконову порід, непідданих вивітрюванню, балів		15-20

Визначаємо статичні і динамічні пружні властивості породи.

Динамічний модуль зсуву:

$$G_{дин} = V_s^2 \cdot \rho = 2590^2 \cdot 3300 = 2,21 \cdot 10^{10},$$

де V_s – швидкість розповсюдження поперечної хвилі 2590 м/с; ρ – щільність породи 3300 $кг/м^3$

Динамічний модуль пружності:

$$E_{дин} = 2 \cdot G_{дин} \cdot (1 + \rho) = 2 \cdot 2,21 \cdot 10^{10} \cdot (1 + 3,3) = 19,006 \cdot 10^{10}.$$

Статичний модуль зсуву

$$G_{стат} = \rho \cdot \left(V_p^2 - \frac{4}{3} \cdot V_s^2 \right) = 3300 \cdot \left(4310^2 - \frac{4}{3} \cdot 2590^2 \right) = 3,17 \cdot 10^{10},$$

де V_p – швидкість розповсюдження повздовжньої хвилі м/с

Статичний модуль пружності:

$$E_{\text{стат}} = \frac{3 \cdot G_{\text{стат}} \cdot (3 \cdot G_{\text{стат}} + E_{\text{дин}})}{9 \cdot G_{\text{стат}} - E_{\text{дин}}} = \frac{3 \cdot 3,17 \cdot (3 \cdot 3,17 + 2,21)}{9 \cdot 3,17 - 19,006} \cdot 10^{10} = 11,7 \cdot 10^{10}.$$

Динамічний коефіцієнт Пуассона:

$$\mu = \frac{0,5 - R^2}{1 - R^2},$$

$$R = \frac{V_s}{V_p} = \frac{2590}{4310} = 0,6,$$

$$\mu = \frac{0,5 - 0,6^2}{1 - 0,6^2} = 0,2187.$$

Стала Ляме:

$$\begin{aligned} \lambda &= \rho \cdot (V_p^2 - 2 \cdot V_s^2) = \\ &= 3300 \cdot (4310^2 - 2 \cdot 2590^2) = 1,7 \cdot 10^{10}. \end{aligned}$$

В якості вибухової речовини (ВР) обраний Анемікс 70 щільністю 1220 кг/м^3 . Для визначення стану продуктів детонації прийнято рівняння Джонса-Уїлкінсона-Лі (JWL) зі стандартними коефіцієнтами для даної ВР. За результатами проведених обчислювальних експериментів отримані залежності зміни щільності ВР на фронті хвилі і тиску на фронті детонаційної хвилі, а також визначена масова швидкість частинок за фронтом хвилі і швидкість продуктів детонації

Основні гідродинамічні параметри детонаційних хвиль і продуктів детонації.

Для Анемікс 70 визначаємо щільність ВР на фронті детонаційної хвилі:

$$\rho = \frac{4}{3} \cdot \rho_0 = \frac{4}{3} \cdot 1220 = 1626,66 \text{ кг/м}^3,$$

де ρ_0 – початкова щільність ВР кг/м^3

Визначаємо масову швидкість за фронтом детонаційної хвилі:

$$V_m = \frac{D \cdot (\rho - \rho_0)}{\rho} = \frac{5000 \cdot (1626,66 - 1220)}{1626,66} = 1250 \text{ м/с},$$

де D – швидкість детонації, м/с .

Визначаємо тиск у точці Чепмена -Жуге

$$P_{cj} = \frac{\rho_0 + D^2}{n + 1} = \frac{1220 \cdot 5000^2}{3,2 + 1} = 7,26 \text{ Гпа},$$

де n – показник політропи продуктів вибуху, що залежить від початкової щільності ВР (для Анемікс 70 $n=3,2$)

Визначаємо тиск на фронті детонаційної хвилі:

$$P = 2 \cdot P_{cj} \cdot \left(1 - \frac{c^2}{D^2}\right) + P_0 = 2 \cdot 7,26 \cdot \left(1 - \frac{3750^2}{5000^2}\right) + 0,0001 = 6,3526 \text{ гПа},$$

де c - швидкість звуку у ВР (для Анемікс $70 \text{ с} = 3750 \text{ м/с}$); P_0 - атмосферний тиск $101,3 \text{ кПа}$.

Визначенні данні можна використовувати для подальшого комп'ютерного моделювання в динамічних пакетах.

Висновки. В процесі виконання роботи на основі проведених досліджень ґрунтів проведені розрахунки статичних і динамічних характеристик залізного кварциту і основних гідродинамічних параметрів детонаційної хвилі і продуктів детонації вибухової речовини. На прикладі ідентифікації параметрів моделі залізного кварциту і вибухової речовини Анемікс 70 створені вихідні данні для моделювання в динамічних пакетах.

Бібліографічний список

1. Лучко І. А., Ремез Н.С, Лучко А.І. Математичне моделювання дії вибуху в ґрунтах і гірських породах. Київ: НТУУ «КПІ», 2011. 264 с.
2. Ремез Н. С., Крайчук С. О. Прогнозування сейсмостійкості споруд під час вибухів циліндричних зарядів: монографія. Київ: Центр учбової літератури, 2016. 202 с.
3. Кравець В. Г., Вовк О.О., Котенко В.В., Терентьев О.М. Прикладна геодинаміка вибуху в гірництві та геотехнічному будівництві: монографія. Житомир: ЖДТУ, 2012. 164 с .
4. Чала О. М. Оцінка і прогнозування сейсмостійкості бортів кар'єру в умовах багато блокових масових вибухів: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.09 / НТУУ «КПІ». Київ, 2011. 143с .
5. Зуєвська Н. В., Ванчак М. І., Туровський М. В. Оцінка деформацій підземної конструкції під впливом вибухового навантаження. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». 2015. № 27. С. 30-36.
6. Чала О.М. Про вплив сейсмовибухових хвиль на стійкість бортів кар'єру. Вісник Житомирського державного технічного університету. Технічні Науки. 2013. № 3(66). С. 149-154.
7. Андреев С. Г., Бабкин Ю.А. , Баум Ф. А. и др. Физика взрыва: в 2 т. / ред. Л. П. Орленко. 3-е изд., перераб. и дополн. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002. Т.1. 832 с.

УДК 622.22

Пиґа Л.М., магістрант, Гайко Г.І., д.т.н., проф. КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОГЛЯД СПОСОБІВ ВИДОБУТКУ МОРСЬКИХ ГАЗОГІДРАТІВ

В роботі розкрито перспективи освоєння морських покладів газогідратів, у тому числі українських родовищ Чорного моря. Надано аналіз основних способів розробки пластів газогідратів, показані системні недоліки існуючих підходів до видобутку метану з донних покладів. Розкрито особливості відомих способів видобутку метану морських газогідратних покладів. Описана послідовність здійснення цих способів та порівнянні їх між собою.

Prospects of development of marine deposits of gas hydrates, including Ukrainian deposits of the Black Sea, are revealed. The analysis of the main methods of development of gas hydrate layers is given, system weaknesses of existing approaches to methane extraction from bottom sediments are shown. The features of known methods of methane extraction of marine

gas hydrate deposits are described. A sequence of implementation of these methods is described and compared with each other.

Ґрунтовні огляди існуючих способів розробки донних газогідратів розглядалися багатьма дослідниками, зокрема українськими [1-3]. Ми розглянемо лише найбільш характерні з них з метою окреслити ті системні особливості існуючих способів розробки, які створюють значні ризики інвестицій у видобуток метану газогідратів і, за інерцією розвитку технічної думки, можуть гальмувати поступ видобувних технологій. Зазначимо також, що переважна більшість цих способів існує лише у вигляді ідей, винаходів чи проектних розробок, а експериментальне впровадження знайшли лише поодинокі спроби видобутку, зокрема ті, що поєднують свердловинний видобуток конвенціонального природного газу з одночасною дисоціацією газогідратного покладу, що перекриває газову зону.

У залежності від місця розташування газогідратного покладу (на донній поверхні, у товщі гірських порід морського дна чи у товщі порід з зоною вільного газу в підшві газогідратного пласта, рис. 1) запропоновані різні способи розробки.



Рисунок 1. Типи залягання пластів газових гідратів

Як вже зазначалося, найбільш сприятливими умовами є наявність метанового родовища під газогідратним покладом (рис. 1, перший тип), причому звичайне свердловинне розкриття родовища й видобуток природного газу змінює гідростатичний тиск і фазову рівновагу газогідрату, що призводить до вивільнення з нього метану, який відкачується тими ж свердловинами. Цей спосіб знайшов експериментально-промислове застосування (зокрема, японськими компаніями) завдяки мінімізації ризиків видобутку з огляду на наявність конвенціонального родовища природного газу (вивільнений метан газогідратів тут розглядається як супутній і додатковий). Нажаль розвідані лише одиничні родовища з подібними геологічними умовами, що вже сьогодні мають перспективу промислового освоєння.

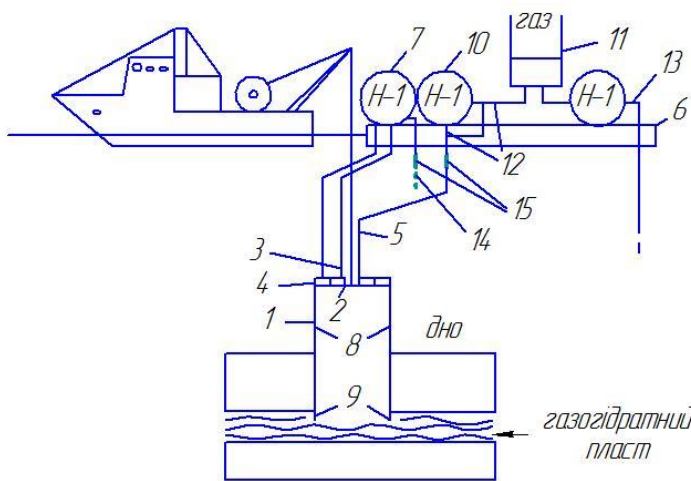
У переважній більшості випадків газогідратні поклади не мають у підшві пласта вільного газу (рис. 1, другий і третій типи). Для морської розробки пласта газогідрату, розташованого в товщі гірських порід, основним принципом видобутку є підведення теплоносія або хімічного реагенту до продуктивної зони газогідратного покладу, що викликає його дисоціацію за рахунок хімічних реакцій (приміром, заміщення метану вуглекислим газом) або порушення фазової рівноваги в бік розкладання газогідрату на газ і воду при підвищенні температури. Способи здійснюють бурінням з морських платформ чи суден у газогідратний пласт вертикальних свердловин з наступним нагнітанням теплоносія чи реагенту. Метан, вивільнений в локальній зоні потрапляння теплоносія, разом з водою по трубах відкачують на морську платформу (судно), де газ відділяють й накопичують [3].

Недоліком способів є значні витрати, пов'язані з морським бурінням свердловин, зокрема необхідністю постійної присутності морської платформи або судна, складного бурильного обладнання, оснащення свердловин нагнітальною та відвідною трубами, збільшеною енергоємністю розробки. При цьому обсяги отриманого газу з однієї свердловини не можуть бути значними, оскільки процес дисоціації йде лише в локальній зоні пласта, до якої подається теплоносій (реагент), а швидкість вивільнення

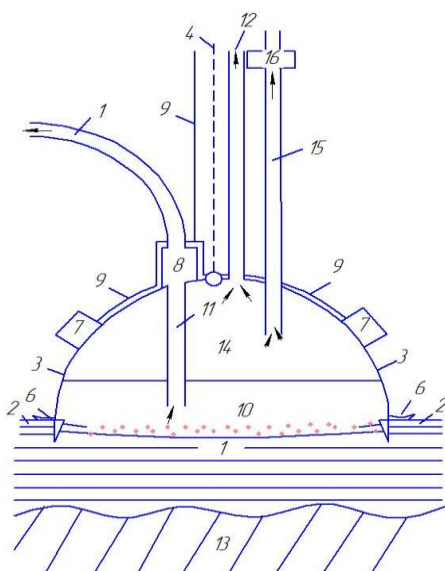
метану сповільнюється вже на відстані 2-3 м від місця виходу теплоносія. Частина вивільненого метану завжди буде прориватися у водний простір і втрачатися.

Для розробки газогідратних покладів, що залягають на донній поверхні (іноді під незначним шаром наносів) запропоновані способи, в яких куполоподібний відкритий знизу уловлювач продуктів розкладання газогідратів (дзвін) опускають на тросі з борту плавзасобу на морське дно з газогідратними відкладеннями (рис. 2).

Передбачається, що гострий край уловлювача самозаглиблюється в донний ґрунт під дією власної ваги, забезпечуючи герметизацію. Далі можуть використовувати два принципові підходи. Згідно з першим [4], електронасос, встановлений на корпусі уловлювача, відкачує з під уловлювача морську воду, змінюючи гідростатичний тиск і фазову рівновагу газогідрату, що призводить до вивільнення газу, який відкачується з куполу уловлювача. Згідно з другим підходом [5], до закритого торця уловлювача підведені труби для подачі теплоносія та відкачування утвореної водо-газової суміші. Розмив донних відкладень здійснюють системою труб, які прокладені по внутрішній стороні дзвона до його кромки.



1- дзвін; 2 – верхня торцева поверхня; 3 – труби для розподілу та подачі води; 4 – баки для води; 5 – труби для відбору суміші газу і води, що утворюється; 6 – платформа; 7 – насос; 8 – тонкі труби; 9 – гідрантифорсунки; 10 – насос; 11 – бак-роздільник для газу; 12 – система труб; 13 – трубопровід для закачування води на глибину; 14 – труби для закачування води з шару води з низьким вмістом газу; 15 – односторонні клапани.



1 – газогідратний поклад; 2 – донні відклади; 3 – випуклий уловлювач продуктів розкладання газогідратів (УПГР); 4 – причіпний пристрій для опускання УПГР; 5 – край уловлювача по нижньому параметру; 6 – еластичний фартух; 7 – електровібратор; 8 – електронасос; 9 – електрокабель; 10 – морська вода з донними відкладами і мінеральною частиною газогідратів; 11 – гнучка труба; 12 – гнучка труба, що виходить з верхньої частини корпусу УПГР; 13 – підшва газогідратного пласта; 14 – середня частота УПГР; 15 – окрема гнучка труба; 16 – насос, розташований на верхньому кінці окремої труби.

Рисунок 2. Способи розробки донних газогідратів з використанням газозбірних конструкцій: а) - принцип теплової дисоціації, б) принцип дисоціації зниженням гідростатичного тиску.

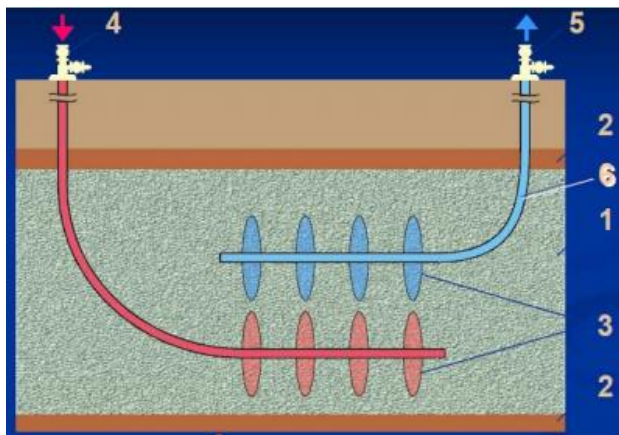
Недоліком цих способів є обмежена невеликими розмірами куполоподібного уловлювача зона дисоціативного впливу на газогідратний поклад, що суттєво знижує обсяги можливого видобутку газу. Крім того, постійна необхідність роботи плавзасобу,

висока матеріаломісткість конструкції уловлювача та складність обладнання негативно впливають на собівартість видобутого газу.

Таким чином, можна зазначити особливості (характерні недоліки), що притаманні найбільш поширеним підходам до розробки як поверхневих, так і глибинних газогідратних покладів:

- Потреба в постійному використанні морських платформ чи суден;
- Забезпечення дисоціації газогідрату лише в локалізованій зоні пласта й вивільнення тим самим невеликих об'ємів газу, що транспортуються разом з водою;
- Циклічність ведення морських видобувних і підготовчих робіт, причому обмежені в часі цикли видобутку чергуються з тривалими підготовчими циклами (пересування по дну уловлювачів-дзвонів, буріння вертикальних свердловин, монтаж обладнання тощо);
- Потрапляння частини вивільненого газу у водний простір і втрати метану.

Більш продуктивним, таким, що долає більшість зазначених недоліків, може стати



аналог технології розкриття покладів сланцевого газу, коли в продуктивному пласті бурять горизонтальні чи похилі протяжні свердловини, через які здійснюють гідророзрив пласта і вилучення газу з великих площ і масивів (рис. 3) [3].

Рисунок 3. Спосіб розробки газогідратного родовища шляхом використання гідророзриву: 1 – непроникні породи; 2 – тріщини; 3 – шар газового гідрату; 4 –

нагнітальна свердловина; 5 – обладнання для відбору газу; 6 – експлуатаційна свердловина.

Слід зазначити, що фізико-хімічні й механічні властивості газогідратного та сланцевого пластів значно різняться й процеси їх поведінки після гідророзриву не можуть бути подібні (ефект руйнування метаногідратного покладу неможливо підтримувати тривалий час). Навряд чи вдасться утримувати в газогідратному пласті протяжну свердловину для відбору газу (скоріш за все, буде діяти лише обмежена її ділянка на вході в пласт). Є також значний ризик виходу великої кількості газу за короткий проміжок часу після гідророзриву, при цьому значна частина вивільненого метану через тріщини в породах покрівлі по всій зруйнованій площі пласта вийде у воду й буде втрачена, не виключений і різкий викид газу з наслідками вибуху.

Бібліографічний список

1. Resources to Reserves 2013 — Oil, Gas and Coal Technologies for the Energy Markets of the Future / IEA, 2013.
2. Шнюков Е.Ф. Минеральные богатства Черного моря/ Е.Ф. Шнюков, А.П. Зиборов. – К.: ОМГОР НАН України, 2004. – 280 с.
3. Бондаренко В.І. Газогідрати. Гідратоутворення та основи розробки газових гідратів/ В.І. Бондаренко, Е.О. Максимова, О.Ю. Витязь, М.Л. Зоценко та ін. – Дніпропетровськ: Літограф, 2015. – 219 с.
4. RU2402674. Способ добычи газов и пресной воды из подводных газогидратов снижением гидростатического давления. МПК: E21B43/01, 43/36. Опубл. 27.10.2010.

5. RU 2412337. Способ добычи метана из придонных залежей твердых газогидратов. МПК: E21B43/01. Опубл. 10.11.2013.

УДК 656.135.5

Пикало В. М., студ., Сергієнко М. І., викладач, КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА КАР'ЄРАХ УКРАЇНИ

У статті розглянута актуальна проблема перспективи та ефективності застосування електромобільного технологічного транспорту на кар'єрах України в умовах енергетичної кризи в країні. Проведений аналіз ефективності роботи сучасних засобів технологічного транспорту з метою обґрунтування та вибору найбільш ефективних для використання на кар'єрах України за їх основними показниками.

The article presents approach to the problem of the efficiency of the operation of cars in the conditions of the energy crisis in Ukraine and the deficit diesel fuel, the price of which is constantly increasing. The analysis of the efficiency of modern means of motor transport with the aim of substantiating and choosing the most effective for use in the quarries of Ukraine by their main indicators of work is an extremely urgent task.

Вступ. Одним із головних технологічних процесів які впливають на основні показники роботи кар'єрів України - продуктивність, собівартість, техніку безпеки та вплив на довкілля є ефективність роботи кар'єрного транспорту [1].

Основним видом сучасного технологічного транспорту на кар'єрах України є автомобільний транспорт в основному зарубіжного виробництва. Ці спеціальні типи потужних автомобілів-самоскидів виготовляють всесвітньовідомі автомобільні фірми: Белаз, Caterpillar, Komatsu, Liebherr, Terex, Volvo. Вантажопідйомність сучасних, автоматизованих самоскидів складає від одиниць до сотень тон.

Аналіз стану питання. Сучасні автомобілі застосовують самі різноманітні двигуни за джерелом енергії. Основні параметри енергоефективності автомобіля від типу двигуна наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Енергоефективність автомобіля

Тип двигуна автомобіля	Вихідне джерело енергії	Пройдена відстань на одиницю палива	Енергетична ефективність автомобіля, Км/МДж	Повна енергетична ефективність, Км/МДж
Дизельний двигун	Дизельне паливо	17.2 км/л	0.47	0.42
Бензиновий двигун	Бензин	14.2 км/л	0.46	0.38
Гібридний двигун	Дизельне паливо-електрика	35.1 км/(Вт*г)	0.76	0.56
Електромобіль	Акумулятор	151 км/Вт*г	1.84	0.97

Мета роботи. Аналіз та обґрунтування перспективи і ефективності застосування електромобільних автосамоскидів в якості основного технологічного транспорту на кар'єрах України в умовах енергетичної кризи.

Результати досліджень. Проведені дослідження та отримані результати свідчать про ефективність застосування електромобілів в якості основного технологічного транспорту на відкритих гірничих роботах. Технічно, економічно і екологічно перспективним та ефективним є розвиток структури електромобільного транспорту.

Схема електромобіля показана на рисунку 1. Вона досить проста у порівнянні з іншими конструкціями автомобілів. Електричні двигуни мають дуже мало рухомих частин, не потребують складних трансмісій, коробок передач і елементів приводу, властивих двигунам внутрішнього згорання.

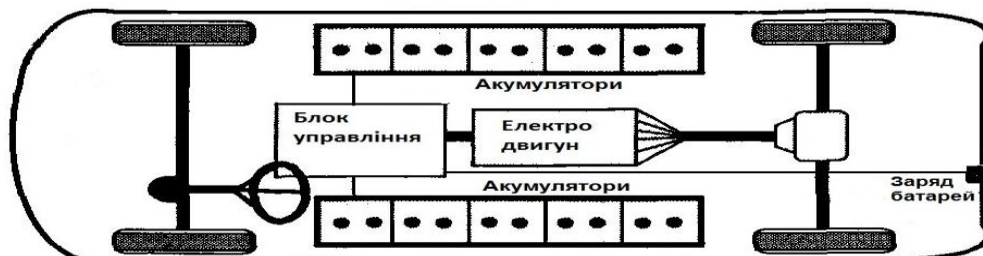
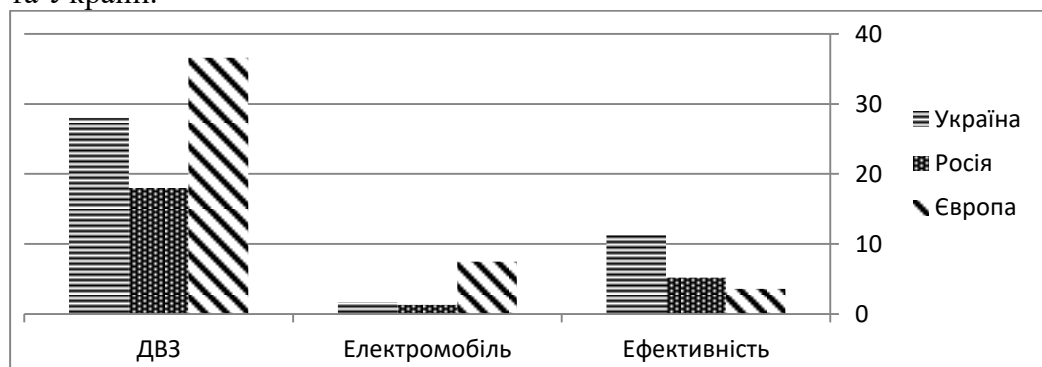


Рисунок 1 – Схема електромобіля

Електромобілі, у порівнянні із традиційними автомобілями мають більш простіше технічне обслуговування, оскільки їм не потрібні ні складні системи запалювання робочих нафтових палив, багатоступінчасті коробки передач, ні перетворювачі крутного моменту. Більше того, на цих авто для зміни швидкості руху, контролю швидкості замість педаль гальма використовується генератор. Оснащення аналогічного призначення на електромобілі є більш надійним і довговічним.

В той же час, самим складним вузлом від якого залежать вся його надійність, ефективність і довговічність електромобіля є і залишається його джерело живлення - спеціальні акумулятори, які час від часу доводиться міняти, оскільки на певному етапі вони починають погіршувати свої параметри.

Про практичну ефективність застосування електромобілів свідчать темпи росту використання електромобілів в різних галузях промисловостей провідних країн світу. В деяких країнах Європи електромобілі знайшли широке застосування (легкові електромобілі, автобуси, поштові автомобілі, комунальному господарстві) [1]. На рис. 2 наведена діаграма яка демонструє економічну ефективність використання автомобільного транспорту з різними типами двигунів. Для порівняння взяті результати експлуатації автомобілів з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) і електромобілів в Європі, Росії, та Україні.



Графік 1 – Ефективність застосування автомобілів і електромобілів в країнах світу
Характеристики наведені за 3 основними показниками – ціни на паливо, електроенергію та ефективність використання на 2017 рік.(табл. 2).

Таблиця 2 – Ефективність використання автомобілів країн світу

	Україна	Росія	Європа
Ціна на бензин 1л, грн.	28	18	36,6
Ціна на електроенергію, 10 кВт/год, грн	1,68	1,32	7,5
Ефективність використання електромобілів	11,3	5,21	3,6

Враховуючи постійно зростаючу тенденцію підвищення цін на дизельне паливо, та вплив шкідливих викидів автомобільного транспорту з дизельними та карбюраторними двигунами на довкілля, до аналізу було введено автосамоскид Komatsu HD 605-7 в якому швейцарські та японські спеціалісти за дозволом концерну Komatsu замінили дизельний двигун на електричний, з використанням електричного джерела енергії – новітніх бортових акумуляторів.

Конструктори запропонували оригінальну енергозберігаючу систему живлення електромобіля. Під час його руху на спусках система рекуперативного гальмування буде підзаряджати батарею до 40 кВт·г., що значно підвищить його ефективність використання. При русі вниз по схилу з вантажем коефіцієнт корисної дії генератора самоскида більше, ніж при підйомі в не навантаженому стані. Отримана в результаті роботи електроенергія йде на підзарядку батарей і витрачається вже в процесі зворотного підйому самоскида по трасі транспортування.

На діючому кар'єрі в Швейцарії розпочато випробовування електромобіля (Komatsu EM 605-7). Результати досліджень порівняно з іншими автомобілями найближчими за продуктивністю наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Аналіз основних показників роботи кар'єрних автосамоскидів

Показники	Одиниці виміру	Автомобіль			
		САТ-775G	БелАЗ-7555	Komatsu HD 605-7	Komatsu EM 605-7
Вантажопідйомність	Тн.	65	65	63	63
Маса автомобіля	Тн.	47.2	40.5	45	42
Двигун	Тип	Дизель	Дизель	Дизель	електродвигун
Паливо	Вид	Диз.паливо	Диз.паливо	Диз.паливо	Ел.енергія
Потужність двигуна	кВт	607	537	715	700
Ємність акумулятора	кВт/год	-	-	-	740
Вартість вкумулятора	грн	33000000	18000000	37000000	29000000
Продуктивність	Тн/зм	1650	1520	1640	1640
Вартість переміщення	\$	1105.0	950.0	1174.0	724.0
Довжина траси	Км	2.6	2.6	2.6	2.6
Об'єм кузова	м ³	42.23	50	40	40
Ємність паливного бака	л	795	740	780	-
Максимальна швидкість	Км/год	67.6	55	70	70

Експериментальний прототип Komatsu EM 690-E задіяний на кар'єрі цементного заводу "Чассерал" в Швейцарії. Заплановано, що він буде робити по 20-22 ходки на день, транспортуючи 1200 – 1500 тон гірничої маси. Ініціатори цього цікавого і перспективного експерименту впевнені, що електромобільний Komatsu EM 690-E зможе значно покращити показники швейцарської гірничовидобувної компанії, яка першою у

світі пішла на цей сміливий експеримент. В разі успіху проекту автопарк компанії поповниться ще десятком подібних машин. Команда, що виконала цей проект, складалася з двох компаній: Lithium Storage GmbH з Ільнау-Еффретікон, і Kuhn Group, яка продає самоскиди Komatsu по всій Європі.

Спеціалісти цього проекту розглядають, що для умов кар'єрів, де є перепади висот на трасі руху автомобіля - електричний привод має великі переваги: під час руху вниз, гігантський електричний двигун буде діяти як генератор, підзаряджаючи акумуляторну батарею. Якщо все справдиться так як заплановано – електричний самоскид буде додатково виробляти до 40 кВт.год електроенергії, яку він потім буде подавати в електричну мережу зарядних підстанцій.

Подальшим перспективним напрямком є також автономні кар'єрні самоскиди - безпілотники. На останній виставці великих виробників транспортної спецтехніки Мінехро, що проходила у вересні 2016 року в Лас-Вегасі, одночасно кілька великих компаній презентували інноваційні безпілотні кар'єрні самоскиди, в яких навіть не передбачено робоче місце для водія. Автономні кар'єрні самоскиди оснащені сучасним GPS-обладнанням і лазерними радарми типу "Lidar". Впровадження самоскидів безпілотників на виробництві дозволить підвищити техніко-економічні показники видобувних підприємств на 15-30%.

Висновки

На даний час електромобілі - є гарним технічним, екологічним і економічним рішенням проблем з транспортом та навколишнім середовищем, але все одно не ідеальним. Розробникам є над чим працювати та розвивати технологію електромобільного транспорту, яка буде технічно і економічно вигідною, та екологічно чистою і доступною для застосування.

Крім екологічного ефекту, держава отримує суттєве скорочення споживання дефіцитного імпортного пального і покращення експортно-імпортного балансу. Навіть 10% електромобілів можуть зменшити імпорт пального на 1,6 млрд доларів на рік, що позитивно позначиться на стабільності національної валюти.

Застосування електромобілів набагато краще для України, ніж спалювання нафтових палив. За даними Bloomberg New Energy Finance, у 2017 році викиди електромобілів були на 39% чистішими, ніж викиди двигунів внутрішнього згоряння [3].

До того ж розвиток ринку електромобілів стимулює розвиток низки інноваційних галузей, у яких Україна все ще може бути конкурентною, на відміну від виробництва та застосування традиційних авто з ДВЗ.

Бібліографічний список:

1. Ширін Л.Н. Транспортні комплекси кар'єрів: навч. посіб. / Л.Н. Ширін, О.С. Пригунов, О.В. Денищенко; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д. : НГУ, 2015. – 241 с.
2. Автожурнал / Київ. – Електрон. журн. – 2016. – Режим доступу: <http://zhurnul.milt.rissi.ruhttp://forsage7.com.ua/blog/plusi-i-minusi-elektromobiley/>
3. Ефективність електромобільного транспорту. / <https://zik.ua>. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zik.ua/news/2018/03/03/elektromobil>

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЛЯ РОЗКОЛУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТОВЩИНИ ЗАГОТОВКИ НА КАМЕНЕКІЛЬНОМУ ВЕРСТАТІ

Вступ. Розколювання каменю на каменекільних верстатах на сучасному етапі набуло великого розповсюдження. Гідравлічні преса призначені для виробництва колотої продукції, бортових та бордюрних каменів з блоків природного каменю на каменеобробних підприємствах, а також у складі механізованих ліній. Застосування типових гідравлічних пресів і проста конструкція верстату уможливує ефективне розколювання каменю. Для виробництва бруківки найчастіше використовують менші блоки неправильної форми (далекої від форми правильного паралелепіпеда), які не відповідають вимогам стандартного кам'яного блока. Цілком придатні для розколювання також й інші відходи каменеобробного підприємства. Сфера застосування та ефективність каменекільних машин залежить від двох основних параметрів: робоча сила розколювання, а також робоча відстань між ножем і столом.

Матеріали і результати дослідження. Досить важливо для розколювання каменю забезпечити заданий напрямок розколу. Для цього в ранніх конструкціях каменекільних верстатів використовують спеціальні механізми для попереднього прорізання канавок на поверхні заготовки в площині розколу. В сучасному каменекільному обладнанні задане направлення розколу зберігається системою автономних «плаваючих» (адаптивних) ножів що дозволяють створити найбільш повний контакт інструмента з поверхнею заготовки. Верстати для розколювання блоків використовують як перший елемент на лінії серійної продукції колотих виробів і призначені для отримання подовжніх брусів, або плит. Робоча сила розколювання сягає від 400 до 640 тон, а максимальна - 800 тонн. Просвіт рами уможливує розколювання блоків розміром 1000x600, 1200x800, а у виняткових випадках 2000x1000 мм. Ці верстати мають важку порталну (двостійкову) конструкцію, призначену для поділу важких блоків. Верстати для розколювання заготовок використовують для другої (після розколювання блоків) обробки, або як верстати для розколювання блоків.

Сила розколювання становить 100-170 тон, це уможливує поділ маленьких блоків або заготовок розміром близько 50x50 см. Найчастіше такі верстати виготовляються в консольній (одностійковій) версії з гідравлічним приводом. Верстати для виробництва бруківки. Сила розколювання цих верстатів становить до 50 тон, а просвіт рами верстату від 160x200 до 240x280 мм. Це стандартні верстати для каменярського підприємства, яке виробляє бруківку. Такі каменекільні машини бувають у вигляді порталного або консольного типу з гідравлічним приводом.

Продуктивність виробництва гранітної бруківки на таких верстатах сягає до 6 тон бруківки за зміну. До переваг каменекільних верстатів слід віднести простоту конструкції та високу продуктивність, що досягає 120 м² поверхні розколу за зміну. Характер роботи більшості верстатів дозволяє легко включати їх в технологічні та поточні лінії по обробці каменю.

На основі каменекільних верстатів на даний час створені автоматизовані поточні лінії по випуску архітектурно-будівельних виробів, бортових і бруцятих каменів.

Виготовлена з колотих або ризаних кусків, наприклад, гранітна бруківка, є екологічно чистим природним матеріалом, широко використовується у якості твердого покриття доріг та тротуарів в населених пунктах, взамін асфальтових або бетонних покриттів, які містять в собі різні домішки, що негативно впливають на організм людини. Кам'яний виріб з фактурою натурального зламу має особливі естетичні переваги, які щоразу більше використовують архітектори для реалізації проектів фасадів, садово-паркового дизайну, фігурних парканів тощо. Велике застосування має сьогодні фактура «скеля».

Маючи в розпорядженні велику кількість кам'яної сировини, що не підходить до виробництва облицювальних плит, можна знайти свою ринкову нішу, на основі продукції колотих виробів, яка ґрунтується на відносно простій технології і невеликих інвестиційних затратах.

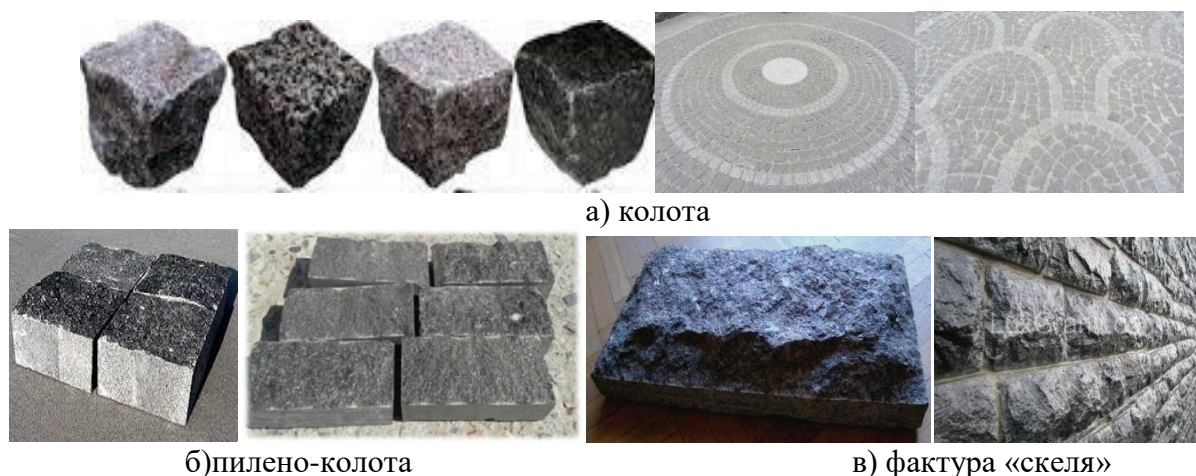


Рис. 1. Види бруківки

Дослідимо ефективність використання каменекольного верстата МЕС С 300 для виготовлення бруківки.

Продуктивність одного пресу 0,5–1 т/год. залежно від розміру заготовки і остаточного виробу. При продуктивності 0,5 т/год. річна продуктивність складе:

$$P_{річ} = T_{зм} N_{дн} t_{год} P, \text{ т};$$

де $T_{зм}$ – кількість робочих змін на добу; $N_{дн}$ – кількість робочих днів на рік (240÷260 днів);

$t_{год}$ – кількість робочих днів в зміні; P – продуктивність каменекольного верстату за годину, т.

Вихід готової продукції (бруківки) з бутового каменю складає 45–60 %. Тому ми можемо підрахувати об'єм бутового каменю, який переробляє один каменекольний верстат за рік за формулою:

$$V_{річ} = \frac{P_{річ} K_{вих}}{\rho_{пород}}, \text{ м}^3;$$

де $\rho_{пород}$ – густина породи (2,5–3,0) т/м³; $K_{вих}$ – коефіцієнт, який враховує вихід готової продукції ($K_{вих} = (1,8 \div 2,4)$).

Кількість відходів становить 45–60 % від об'ємів бутового каменю, який переробляє один каменекольний верстат за рік.

Знаючи обсяг відходів каменевидобувного підприємства за рік можна визначити необхідну кількість верстатів:

$$N = \frac{V_{втрат}}{V_{річ} n}$$

Визначення зусилля розколу в залежності від товщини заготовки на каменекольному верстаті

№ п/п зразка	Розміри бруківки, мм	Сила, т.с.
	Довжина x Ширина x Товщина	
1	50x50x50	4-8
2	70x70x70	6-10
3	80x80x80	8-12
4	100x100x100	10-15
5	200x100x100	12-20
6	150x150x150	15-25
7	250x150x150	20-30
8	300x300x300	30-45
9	600x400x300	40-60

Висновки. Згідно дослідження даних зразків бруківки, було виявлено силу розколу в залежності від товщини заготовки на каменекольних верстатах С300, КУЗИК 50, PSJ-200, РС-46, Р-60-2. Сила розколу залежить від фізико-механічних властивостей і структури каменя поперечного та поздовжнього зламу, а також від товщини зразка та міцності каменю (лабрадориту – $2,7 \cdot 10^3$ кг/м³; габро-нориту – $2,9 \cdot 10^3$ кг/м³) результати наведено у таблиці 1.

При продуктивності 0,5 т/год. річна продуктивність складе 1000 т. Вихід готової продукції (бруківки) з бутового каменю складає 45–60 %. об'єм бутового каменю, який переробляє один каменекольний верстат. Кількість відходів становить 45–60 % від об'ємів бутового каменю, який переробляє один каменекольний верстат за рік.

Бруківка з натурального граніту має більш міцну структуру в порівнянні з іншими матеріалами (не менше 100 МПа, морозостійкістю 100), що важливо в наших кліматичних умовах, переносить перепади температур і при правильному укладанні служить набагато довше інших покриттів. Термін служби бруківки не менше 250 років.

Вартість мощення бруківки не набагато дорожче асфальту. Однак, завдяки міцності і довговічності вона не вимагає частого ремонту і оновлення. Уже через рік експлуатації різниця в ціні покриттяся. А в майбутньому експлуатаційні витрати будуть на 2-3 порядки нижче, ніж при асфальтовому покритті.

Бібліографічний список

1. Бакка Н.Т., Ильченко И.В. Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений: Справочник. – М.: Недра, 1992. – 303 с.
2. Зубченко О.А. Дослідження впливу технологічних параметрів гідромолоту DAEWOO DOOSAN на його продуктивність / О.А. Зубченко, В.В. Коробійчук, В.І. Шамрай // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – 2/7 (68). – С. 41–46.
3. Бакка Н.Т. Инструмент и материалы для добычи и обработки природного камня: [учеб. пособие для студентов высш. учеб. зав.] / Бакка Н.Т., Мельничук П.П. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 436 с
4. Панасюк А.В., Камських О.В., Коробійчук В.В. Обладнання та інструмент для видобування та обробки природного каменю. Методичні вказівки для самостійного вивчення дисципліни. – Житомир: ЖДТУ, 2016. – 208 с.
5. Пенчук В.А., Клен А.Н. Механизация строительства, 2005. – №4. – С. 13 – 15.
6. О.Д. Алимов, С. Абдраимов, М.Т. Мамасаидов, А.Я. Хохлов, О.Ю Рабочий орган станка для раскалывания камня.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ КУЛІ ІЗ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ

Вступ. Природний камінь широко застосовується як у будівництві, так і при виробництві виробів ритуального призначення. Пам'ятники з граніту виглядають естетично і скорботно. Прекрасним доповненням до них є вази, кулі і лампади, які користуються на сьогоднішній день величезним попитом.

Куля – це одне з найбільш популярних виробів з природного каменю. Вони широко застосовуються при декоруванні надгробків, пам'ятників, меморіалів, огорож. Кулі великих форм часто використовуються як елементи фонтанів, де ідеально кругла гранітна куля обертається під тиском води. Також для прикрашання клумб, для декору приміщень або громадських місць, при оформленні садових ділянок і парків. Можуть бути використані в якості декоративних елементів на паркані. Конструктивно, вони можуть виготовлятися як у вигляді класичної сфери, так і у вигляді сфери з ніжкою – опорою. Більш поширеним і популярним є другий тип таких виробів.

З кожним роком обсяг виробництва складнопрофільної продукції зростає, тому постає питання у більш глибокому вивченні процесу виготовлення такої продукції та оптимізації певних параметрів.

Матеріали і результати дослідження. Складне профілювання виконується спеціальними верстатами. Частіше за все ними являються токарно-гвинторізні верстати типу 1М63, 1Е61М, ДИП 200 та інші, які перероблені з металообробних на каменеобробні, де робочим органом виступає не різець, а алмазна фреза, рідше відрізний диск. Такі верстати відповідають кустарним умовам виробництва.

В даній публікації розглянуто приклад виготовлення кулі із габро висотою 150 мм та діаметром $\varnothing 120$ мм.

Виготовлення кулі розпочинається з розмітки торцевих частин заготовки. Необхідно знайти центр за перетином діагоналей заготовки або середин сторін. Після чого в намічених центрах свердлять отвір глибиною 6...10 мм перфоратором з діаметром свердла 6 – 8 мм. Після перевірки справності верстата та всіх його робочих елементів заготовку закріплюють для подальшої обробки.

Технологію виготовлення кулі із природного каменю можна умовно поділити на 3 етапи:

1) Етап *нарізання* – цей етап включає в себе підготовчі операції (виставлення шаблону-копіру у відповідності до максимального діаметру майбутнього виробу: для кулі – $\varnothing 120$ мм з допуском на полірування 1...2 мм., та однієї торцевої сторони заготовки) і нарізання кулі по всій довжині заготовки з кроком різку 5 мм (крок вибирається в залежності від обраного способу нарізання); (Рис.1)

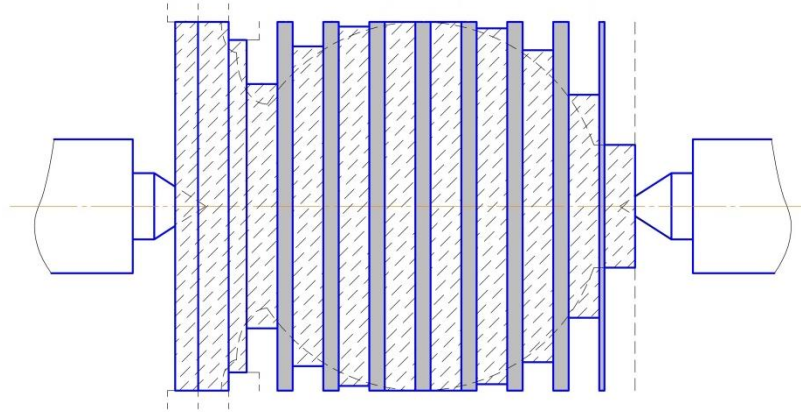


Рис.1. Вигляд кулі під час нарізання

2) *Етап сколювання та попереднє зачищення* – цей етап включає в себе сколювання та попереднє зачищення, оператор виконує сколювання пазів молотком. Для ефективного збиття потрібно врахувати напрям проведення сколу та прикладену силу. Ці чинники впливають на висоту нерівностей сколотих пазів. Тому їх проводять у напрямку, зменшення діаметру виробу. Наприклад, на випуклій ділянці (посередині) діаметр є найбільшим, а біля ніжки – найменший, відповідно сколи потрібно проводити справа на ліво. У такому випадку ми отримаємо меншу висоту нерівностей без виривання та порушення форми і цілісності заготовки. В іншому випадку, коли сколи проведемо зліва на право – висота нерівностей буде більшою, а також буде присутня вірогідність, що під час сколювання відбудеться виривання кусків породи разом із пазом. Також на висоту нерівностей сколотих пазів впливає ширина самих пазів. На Рис. 2 показано рекомендовані напрямки проведення сколів. На Рис. 3 показано вигляд кулі після збивання ребер. На Рис.4 показано вигляд кулі після попереднього зачищення.

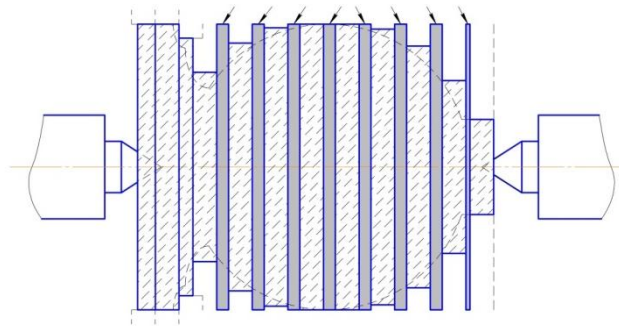


Рис. 2. Рекомендовані напрямки проведення сколів

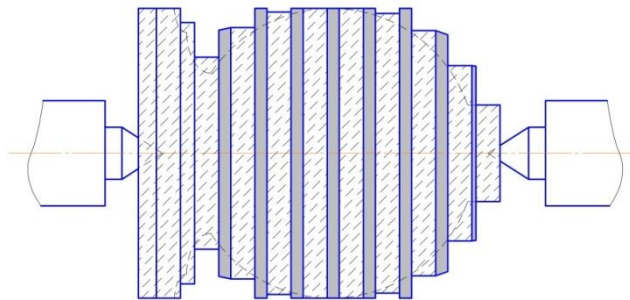


Рис. 3. Вигляд кулі після збивання ребер.

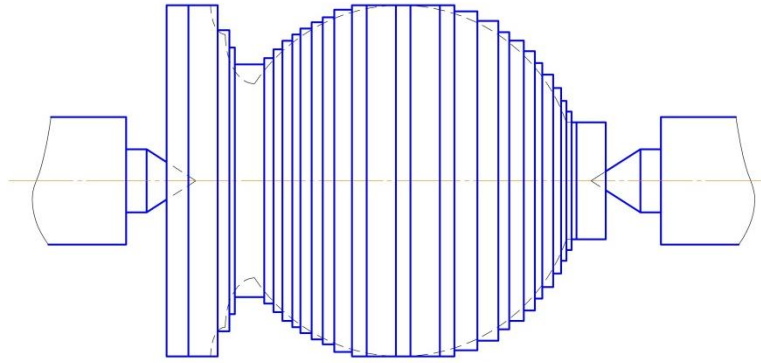


Рис.4. Вигляд кулі після попереднього зачищення.

3) Етап *основного зачищення* – це зачищення кулі з кроком 1...2 мм та надання кінцевої форми виробу перед поліруванням. Так ми отримуємо нерівність поверхні кулі, при якій буде витрачатися менше інструменту під час полірування. Зробивши крок більше 2 мм при зачищенні, витрата інструмента зростає майже у 2 рази та відповідно час затрачений на шліфування та полірування. На Рис. 5 представлено зразок кулі після основного зачищення з кроком 1...2 мм.

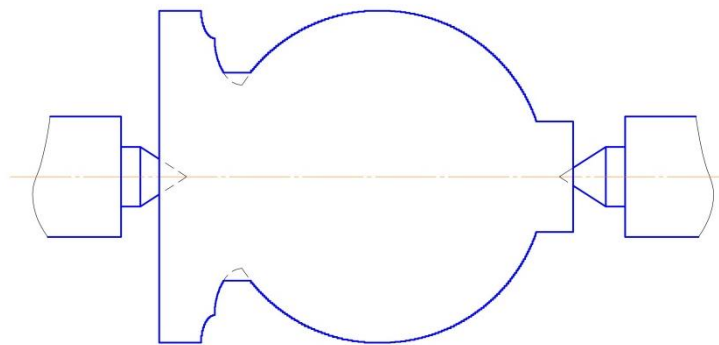


Рис. 5. Вигляд кулі після основного зачищення

Висновок. Отже, головними чинниками, які впливають на процес виготовлення кулі із природного каменю (в даному випадку габро) є структура та текстура гірської породи, обраний спосіб нарізання вази, ширина ребра, висота нерівності після сколювання та ін.

Для фрезерування кулі оператор повинен:

1. Змочити заготовку водою для виявлення дефектів у вигляді тріщин, включень та ін.;
2. Після вибору придатної (відповідної) заготовки закріпити її на верстаті;
3. Обрати правильний спосіб нарізання вази, що включає ширину ребер та допуск в 3...10 мм при нарізанні, відштовхуючись від фізико-механічних властивостей обраної породи;
4. Під час другого етапу виготовлення кулі – *сколювання та попереднє зачищення* – правильно обрати напрям сколу ребер для отримання мінімальної висоти нерівностей без пошкодження цілісності заготовки. Розрахувати силу удару молотком по ребрах;
5. Дотримуватися ширини кроку у 1...2 мм під час *основного зачищення*.

ОСОБЛИВОСТІ ГЕОМЕХАНІЧНОГО СТАНУ МАСИВУ НА ДІЛЯНЦІ БУДІВНИЦТВА ПАРАЛЕЛЬНИХ ОДНОКОЛІЙНИХ КВЕРШЛАГІВ

Поставлена в роботі мета досягнута шляхом оцінки результатів лабораторних досліджень, комп'ютерного моделювання та інших апробованих методів вирішення геомеханічних задач. Наукова новизна дослідження полягає у встановленні залежностей розмірів зони нерівнокомпонентних напружень за площиною вибою від відстані між паралельними виробками, спрямованих на вдосконалення технології геобудівництва. Отримані залежності напружено - деформованого стану приконтурної області масивів паралельно споруджуваних виробок, дозволяють визначити спосіб проведення споруди і раціональний тип кріплення, для забезпечення належного закріпного простору і довгострокового використання підземних об'єктів. Розглянуто особливості спорудження гірничих виробок на шахтах Криворізького басейну. Визначено оптимальну програму, на основі методів кінцевих елементів, яка дозволяє розрахувати переміщення, деформації, напруження, внутрішні зусилля, що виникають в масиві під дією статичного навантаження. В ході досліджень доведено, що в процесі виїмки породи при проведенні виробок відбувається перерозподіл статичних напруг і в призу-бійню області масиву виникає безпосередньо примикає до площини забою зона неравнокомпонентного напруженого стану (зона пластичних деформацій розтягування), яка переходить в зону стиснення (природне напружений стан масиву). Проаналізовано характерні особливості геомеханічного стану масиву порід за площиною вибою горизонтальних гірничих виробок. Наведено результати комп'ютерного моделювання розподілу напружень природного поля для умов шахт Криворізького басейну. Встановлено складові елементи зони нерівнокомпонентного напруженого стану в приконтурної області масиву. Визначено фактичні розміри зони пластичних деформацій розтягування і стиснення за площиною вибою паралельних виробок. Отримано закономірності перерозподілу полів напружень попереду вибоїв в залежності від відстані між паралельними виробками. Уточнено фактичні розміри цілика між однотипними підземними об'єктами, які виключають взаємний вплив на контур споруд.

Stated objective of work is achieved by estimation of laboratory investigation results, computerized simulation and other approved techniques for solving geomechanics problems. Scientific novelty of this study consists in determination of relationships between the size of non-uniform stress zone behind the mine face plane and spacing of parallel mine workings, which are aimed to improvement of geoconstruction technology. Relationships obtained for strain-stress state of rock mass border region of drifts being constructed in parallel allow determination of construction method and reasonable supporting type in order to provide proper space between support and wall and long-term use of underground facilities. Particularities of construction of mine workings at the Kriviy Rig Basin mines are considered. The optimum program is determined based on finite elements methods allowing calculation of displacement, strain, stress and internal forces developed in the body under the static loads. From this research, it is proved that the rock mucking during the working driving results in static stresses redistribution, and non-uniform stressed state zone (extensional plastic strain zone) located immediately adjacent to the face is formed in the face area of mass, and this zone grades into the compression zone (natural stressed state of mass). Distinguishing characteristic of geomechanical state of rock mass behind the drift face plane are analyzed. Results of computerized simulation of natural field stresses distribution for the conditions of the

Kriviy Rig Basin mines are presented. Constituent elements of non-uniform stress state zone in the rock mass border region are determined. Actual size of the tensile and compression plastic strain zone behind the parallel mine working face plane is determined. Regularities of stress field redistribution ahead of mine face depending on parallel mine workings spacing are obtained. Actual size of barrier between the same-type underground facilities preventing mutual influence on the structure border is specified.

Вступ. Серед основних напрямків розширення мінерально-сировинної бази Криворізького залізорудного басейну велике значення має розробка багатих руд на глибоких горизонтах.

Збільшення глибини ведення гірничих робіт супроводжується погіршенням геологічних і гірничотехнічних умов. Це обумовлює необхідність вирішення завдань по отриманню достовірних відомостей про геомеханічного стану породного масиву, що дозволяють завчасно скласти уявлення про характер і інтенсивності можливих деформацій гірських виробок, а також розробити і впровадити найбільш ефективні для великих глибин технологічні рішення при будівництві капітальних і підготовчих виробок.

Аналіз літературних джерел. Багато геомеханічні завдання, з якими доводиться в даний час стикатися дослідникам і інженерам, не піддаються аналітичному рішенням або вимагають значних витрат часу на експериментальну реалізацію. Прогрес в розробці чисельних методів та комп'ютерного моделювання дозволив істотно розширити коло завдань, доступних аналізу [1]. В останні роки значний розвиток технологій програмування зумовило широке застосування комп'ютерної техніки для аналізу і моделювання напружено-деформованого станів масиву гірських порід.

У програмних комплексах для отримання оцінки руйнування порід використовуються теорії міцності: найбільших нормальних напружень, максимальних відносних подовжень, найбільших дотичних напружень, повної потенційної енергії, О. Мора, енергетичної теорії формозміни, П. П. Баландіна, І. Н. Миролюбова, граничних опорів зрушенню і відриву, Я. Б. Фрідмана та ін. При аналізі кожної теорії за еквівалентне напруження застосовувався межа міцності породи розтягування і стиснення [2].

Метою роботи є дослідження особливостей формування напружено-деформованого стану масиву за площиною вибою при спорудженні паралельних гірських виробок.

Матеріали і результати досліджень. В ході досліджень розглядався і аналізувався ряд програм на основі методів скінчених елементів, що включають в себе статичний структурний аналіз (Static Structural), що дозволяє розрахувати переміщення, деформації, напруження, внутрішні зусилля, що виникають в тілі під дією статичного навантаження. Все це необхідно для визначення параметрів «зони розвантаження» і побудови моделі за всіма критеріями і нормами. Було вирішено використовувати програмний комплекс 3D моделювання Ansys.

Однак дослідження, проведені за допомогою комп'ютерного моделювання, можуть мати похибку і в зв'язку з цим було проведено порівняння отриманих результатів з лабораторними експериментами. За основу були взяті дослідження проф. Клочкова В. Ф., який займався питаннями вивчення напружено - деформованого стану приконтурної частини масиву для умов Кривбасу, виконані методом фотопружності з "заморожуванням" полів напружень моделей, в поле відцентрових сил [3]. Для перевірки адекватності моделі був повторно проведений ряд експериментів, тільки побудованих за допомогою комп'ютерного моделювання.

При порівнянні значень, отриманих обома методами, спостерігається незначна розбіжність результатів похибка, яких становить від 7 до 11%. Закономірність збільшення похибки чітко простежується при збільшенні модельованої глибини для

1000-1500м і становить близько 12-15%. Підводячи підсумок вище зазначеного можна стверджувати, що модель є адекватною і допустима похибка тому підтвердження.

Беручи до уваги практично повну відсутність в Криворізькому басейні тектонічних напружень, для ділянок приконтурних масивів горизонтальних виробок а саме двох одноколійних квершлагів з перерізом у світлі $S_{ce} = 12,65 \text{ м}^2$, горизонту 1340 м, ш. «Октябрьская», ПАТ «КЗРК», було проведено комп'ютерне моделювання характеру перерозподілу напружень природного поля, обумовлених силами гравітації.

В умовах перетину слабких порід, а саме талькових сланців і виходячи з плану горизонту, моделювалася ситуація з двома паралельними одноколійними квершлагами з площею поперечного перерізу $S_{ce} = 12,65 \text{ м}^2$ споруджуваними по продам міцністю $f = 3-4$ і 10-12.

Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що в залежності від відстані між паралельними виробками поля напружень перерозподіляються, здійснюючи основний вплив на протяжність зон деформацій стиснення і розвантаження в привибійній частині масиву.

Мінімальні впливи на зону розвантаження починаються при розмірі цілика $6R_y$ (де, R_y – приведений радіус вироблення) або 12 м - в породах з міцністю $f = 10-12$ за шкалою проф. М.М. Протод'яконова. Також визначено, що на відстані від $1R_y$ до $5R_y$ відбувається взаємовплив паралельних вибоїв на розмір зони розвантаження і стиснення. Екстремум деформацій стиснення розміщений між виробками. Це пов'язано з тим, що напруження, які утворюються в приконтурному масиві вибоїв сумовуються, впливаючи при цьому на протяжність зон стиснення і розвантаження. Однак розмір зони деформації розтягування практично не змінюється при зміні розмірів цілику, це пов'язано з тим, що в основному на цю область впливають лише геометричні параметри вироблення і глибина закладення. При розмірі цілику від $6R_y$ до $9R_y$ екстремум деформацій стиснення перерозподіляється, розділяється і поступово переміщується в сторону кожного із вибоїв.

Також на основі отриманих та проаналізованих результатів визначено, що взаємний вплив виробок на контур один одного починається позначатися, коли відстань між ними менше $7R_y$ або 14 м при міцності породи за шкалою проф. М. М. Протод'яконова $f = 10-12$. У зв'язку з цим мінімально допустимий розмір цілика дорівнює 14 м або $7R_y$, а рекомендований для будівництва $9R_y$ або 18 м, в цьому випадку практично повністю припиняється взаємовплив виробок один на одного.

Аналізуючи отримані результати визначено, що при коефіцієнті міцності породи $f = 3-4$ загальний вплив виробок спостерігається, все ще при відстані між ними $7R_y$ і ця тенденція триває до розмірів цілика в $9R_y$. Також, визначено, що взаємний вплив вибоїв поширюється на розмір зони розвантаження, і на довжину зони деформацій стиснення від $7R_y$ до $9R_y$. Екстремум деформацій стиснення зміщений чітко по середині між виробками як це спостерігалось при міцності породи $f = 10-12$. Тільки при розмірі цілика в $11R_y$ припиняється вплив виробок на розглянуті зони за площиною вибою.

Також на основі отриманих та проаналізованих даних можна стверджувати, що при міцності породи $f = 3-4$ мінімально допустима відстань між паралельними виробками має бути рівним $9R_y$ або 18 м, а не як прийнято в проектному плані 12 м, тобто 6 приведених радіусів вироблення. Рекомендований розмір цілика $11R_y$, практично повністю припиняє взаємний вплив виробок на контур один одного.

Розрахунковий розмір цілика прийнятий в плані будівництва визначено за методикою проф. Савіна Г. Н. [3], в якій мовиться, що область впливу одиночної виробки кругової форми перетину в умовах гідростатичного поля напружень простягається в масив на відстань близько $1,5D$ (де, D - приведений діаметр вироблення). Тому взаємний вплив виробок теоретично почне позначатися, коли відстані між їх контурами буде менше $3D$ або $6R_y$.

Вище зазначена методика пропонується до застосування на практиці. Однак в масивах з негідростатичним розподілом напружень або при яскраво вираженою анізотропії пружних властивостей порід парні зближені вироблення доцільно розташовувати таким чином, щоб лінія їх центрів збігалася з напрямком найбільшого головного напруження або з напрямком в масиві, за яким модуль пружності має максимальне значення (наприклад, для шаруватого масиву - перпендикулярно до шаруватості) [3].

У зв'язку з вище перерахованим велика ймовірність похибки використаної методики на практиці. Так як вона дуже узагальнена і її застосування ірраціональне для великих глибин. Дослідження, що проводяться загально прийнятою методикою, охоплювали геомеханічні питання що стосуються закладення виробок до 1 км [3, 4].

При порівнянні результатів, отриманих за допомогою комп'ютерного моделювання та визначених за методикою проф. Савіна Г. Н. встановлена похибка для мінімально допустимого розміру цілика, яка становить для порід з міцністю $f = 10-12 - 14\%$ і для $f = 3-4 - 33\%$.

Висновки і напрямки подальших досліджень. Отримані результати аналізу привибійної частини масиву горизонтальної гірничої виробки дозволяють зробити висновки про те, що при проходці двох одноколійних квершлагів зона розвантаження на різних ділянках досягає позначки в середньому близько 3,5 м. Однак у зв'язку з складною геологією і малою міцністю порід даний показник не представляє цінності при проходці виробок з використанням шпурів з довжиною понад 2 м. Незважаючи на це, дана інформація дозволяє визначити необхідний розмір цілика між споруджуваними паралельними виробками і вибрати раціональний тип кріплення для забезпечення належного закріпленого простору і довгострокового використання підземних споруди.

Бібліографічний список

1. Глушков В. Т. Инженерно-геологические особенности железорудных месторождений / В. Т. Глушков, В. Г. Борисенко. – Москва: Недра, 1978. – 253 с.
2. Гребенкин С. С. Управление состоянием массива горных пород: учеб. пособие для студ./ С. С. Гребенкин, В. Л. Самойлов, «ВИК» – Донецк: «ВИК», 2010.– 191 с.
3. Савин Г. Н. Распределение напряжений около отверстий / Г. Н. Савин. Киев: Наукова думка, 1968.– 88 с.
4. Андреев Б. М. Ensuring competitive capacity on the international security market of objects by implementing technological innovations / Б. М. Андреев, Д. В. Бровко, В. В. Хворост. // Mechanisms of interaction between competitiveness and innovation in modern international economic relations. Collective monograph edited by M. Bezpartochnyi. ISMA University Riga (Latvia). – 2017. – С. 202–210.

УДК 678.065.004.82

Пикало В.М. студент, Вапнічна В.В., к.т.н., доц., Сергієнко М.І., викладач ІЕЕ, КІП ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ПІДЗЕМНОГО ГІРСЬКОГО МАСИВУ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ ШАХТНИХ ВОД

Розглянута актуальна проблема утилізації шахтних вод. Для вирішення цього питання запропонована технологічна схема очищення шахтних вод методом дистиляції, за допомогою геотермальної енергії з метою їх подальшого використання.

Deals the actual problem of disposal of mine water. To resolve this issue suggested scheme of treatment of mine water by distillation, using geothermal energy for their further use.

Вступ. Вода відіграє винятково важливу роль у процесах обміну речовин. Запаси прісної води потенційно великі. Проте їх обсяги знижуються в будь-якому районі світу через нераціональне водокористування та забруднення, але потреби у воді величезні і щорічно зростають. Нераціональне водоспоживання гідроресурсів і виникнення багатьох з цим пов'язаних екологічних проблем викликає дефіцит прісних вод в тих чи інших регіонах України і їх якісне виснаження. В Україні існує проблема нестачі прісної води. Тому розробляються і впроваджуються різні способи раціонального використання водних ресурсів, пропонується введення в водообіг раніше не використовуваних вододжерел, наприклад, шахтних вод..

Актуальність проблеми. Видобуток вугілля супроводжується значними водопритоками в шахти, сумарна величина яких досягає 500 – 800 млн. м³ на рік). В Україні при відпрацюванні пластів на 1 т вугілля, припадає близько 1-3 м³ води. Підприємства вугільної промисловості відкачують на поверхню великий обсяг технічних шахтних вод, що виснажує земні надра, водні горизонти та завдає значне техногенне навантаження на довкілля. У басейн Чорного моря від вуглевидобувних підприємств України надходить 110 - 130 млн. м³ шахтних і кар'єрних вод. Введення всього обсягу відкачених шахтних вод у системи водопостачання підприємств і населених пунктів підвищить водообіг і забезпечить посушливі райони країни необхідною кількістю води [1].

Викладення основного матеріалу досліджень. Гірниче виробництво впливає на зміну водного режиму, забруднення і засмічення водних підземних ресурсів. При проникненні поверхневих і підземних вод у вироблений простір і гірничі виробки через пори в породах, через рух в водовідливних канавах і трубопроводах, насоси водовідливного господарства шахт - вони метаморфізуються, перетворюються на шахтні води. Вода активно взаємодіє з речовинами гірських порід, атмосферою копальні, іншими частинами, що становлять гірську систему. Відбувається розчинення у воді різних мінералів і винос нею часток різного походження. Вода збагачується сторонніми домішками та змінює свій хімічний склад (мінералізацію), забруднюється твердими зваженими частками органічного та неорганічного походження, а також бактеріологічно, у деяких випадках набуває кислої реакції (рН <6).

Шахтні води викликають корозію матеріалу труб і арматури, а ступінь їх впливу визначається значенням рН, вмістом іонів Н⁺, ОН⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, Cl⁻, Mg⁺², Ca⁺², Na⁺, Zn⁺², Fe², Al³, Cu², NH₄⁺ і розчиненого кисню. Особливо небезпечні для споруд кислі і високомінералізовані води [2].

Загальний водопритік в шахти і кар'єри складається: з припливу підземних вод (водоносних горизонтів, дренажних гірничих виробок); шахтних або кар'єрних вод, що надходять із затоплених виробок і сусідніх шахт або кар'єрів; технічних вод, що подаються в шахту або кар'єри для закладення, зрошування, буріння свердловин; поверхневих вод і атмосферних опадів. Режим надходження води у підземні гірничі виробки та споруди виробки залежить від сукупності взаємодіючих природних (кліматичних, геоморфологічних, гідрологічних, геологічних та гідрогеологічних) і технологічних (форма та розміри ділянки гірничих робіт, глибина інтенсивність). При визначенні водопритоку в шахти використовують різні методи:

1)гідрологічної аналогії; 2) гідравлічний; 3) метод водного балансу; 4) метод моделювання в залежності від конкретних гідрологічних умов і наявності вихідних матеріалів [2,4].

Метод гідрологічної аналогії заснований на аналогії гідрогеологічних і гірничотехнічних умов шахт, які експлуатуються. Водопритік в шахти, заснований на гідродинамічній залежності розраховується за формулою

$$Q_p = Q_e \frac{(2H_p - S_p)S_p}{(2H_e - S_e)S_e}, \quad (1)$$

де Q_p – притік води в проєктовану шахту, $m^3/год$; Q_e – притік води в шахту-аналог, $m^3/год$; H_p, H_e – потужність водоносного горизонту проєктованої шахти та шахти-аналога, м; S_p, S_e – зниження рівня води в проєктованій шахті та шахті-аналозі, м.

Використання відкачених технічних шахтних вод можливе тільки після їх очищення відомими методами, наприклад - методом дистиляції (випарювання). При цьому одержання теплової енергії для цього традиційним способом (спалювання твердого палива) завдає непоправної шкоди навколишньому середовищі і створює несприятливу екологічну обстановку. В запропонованій технології очищення шахтних вод, з метою зменшення їх антропогенного навантаження на навколишнє середовище запропоновано використовувати теплову (геотермальну) енергію гірського масиву яка утворюється при веденні підземних гірничих робіт як на вугільних так і залізородних шахтах України. (рис. 1). Схема збирання теплової енергії наведена на рис. 1.

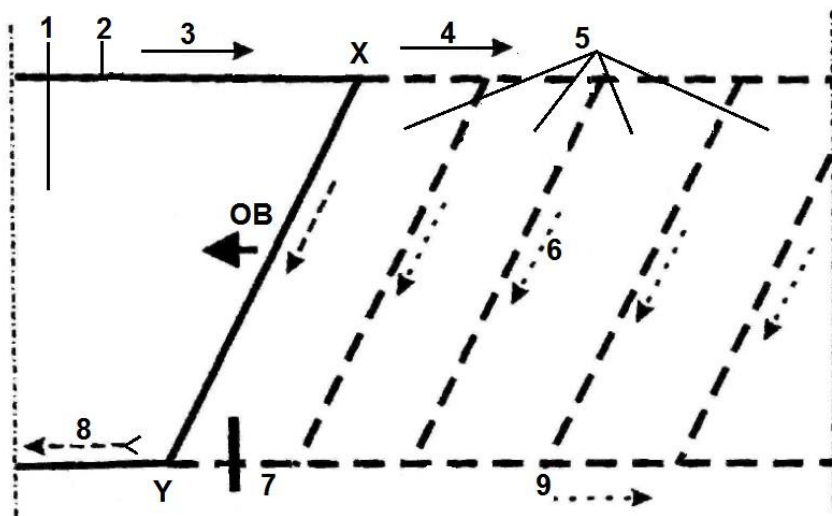


Рисунок 1 – Схема збирання теплової енергії при веденні підземних гірничих робіт.

В очисний вибій (ОВ), який розробляє пласт корисної копалини (1) по гірничій виробці (2) для функціонування ОВ свіжий струмінь повітря (3) подається в точці (X) для роботи очисного вибою (ОВ). Частину свіжого повітря (4) виділяють із струменя (3) і подають у відпрацьований простір (5). Необхідну кількість теплової енергії забирають з відпрацьованого простору (5), який утворюється постійно в процесі розробки вугільного пласта. Повітря (6) що проходить по пустотах відпрацьованого простору, нагрівається до температури гірського масиву (1), яка на глибоких горизонтах досягає $45 \dots 50^{\circ}C$ і разом з цим здобуває додаткову енергію (так званий геотермальний спосіб отримання енергії). Зі збільшенням температури повітря, збільшується геотермальна енергія. Регулювання витрат повітря через канали відпрацьованого простору і очисну виробку проводиться шляхом періодичного зведення вентиляційної перемички (7) між каналами та очисною виробкою, де проводилася виїмка корисної копалини. Сумарне нагріте повітря (9), що досягло температури природного масиву подається для технологічного процесу утилізації та очищення шахтної води. Температуру повітря (t_2 в $^{\circ}C$) в кінці горизонтальної або похилої виробки довжиною L , пройденою під кутом α , розраховується за формулою:

$$t_2 = N_2 + \left[\sqrt{N_2 + D_2 \left[t_1 + A_1 \left(t_{п.ср} - \frac{t_1}{2} \right) + \frac{L \sin \alpha}{427 c_p} + \frac{\sum Q_m + q_0 F_{ок}}{G_{ср}} \right] - \frac{m}{1} + \frac{d_1 \phi_1}{1 \phi_2}} \right], \quad (2)$$

де t_1 - температура повітря на початку виробки, $^{\circ}C$; $t_{п.ср}$ - середня по довжині виробки температура породи, $^{\circ}C$; q_0 - питома теплота окислення породи, ккал/(г* m^2 * $^{\circ}C$); $F_{ок}$ - площа поверхні окисляючих порід, m^2 ; $\sum Q_m$ - тепловиділення від місцевих джерел, ккал/г;

m, l -коефіцієнти зв'язку вологовмісту та температури, φ_1 та φ_2 – відносна вологість повітря на вході та в кінці виробки, приведена до нормального атмосферного тиску ($B = 760$ мм рт. ст.); G_{cp} - середня витрата повітря при проходженні по виробці, кг/г; c_p - теплоємність повітря при постійному тиску.

Регулювання витрат повітря через канали відпрацьованого простору і очисну виробку проводиться шляхом періодичного зведення вентиляційної перемички (7) між каналами та очисною виробкою (ОВ), де проводилася виїмка корисної копалини.

Технологічна схема для збору та утилізації підземних шахтних вод за допомогою теплової енергії гірського масиву в гірничих виробках шахт наведена на рис. 2.

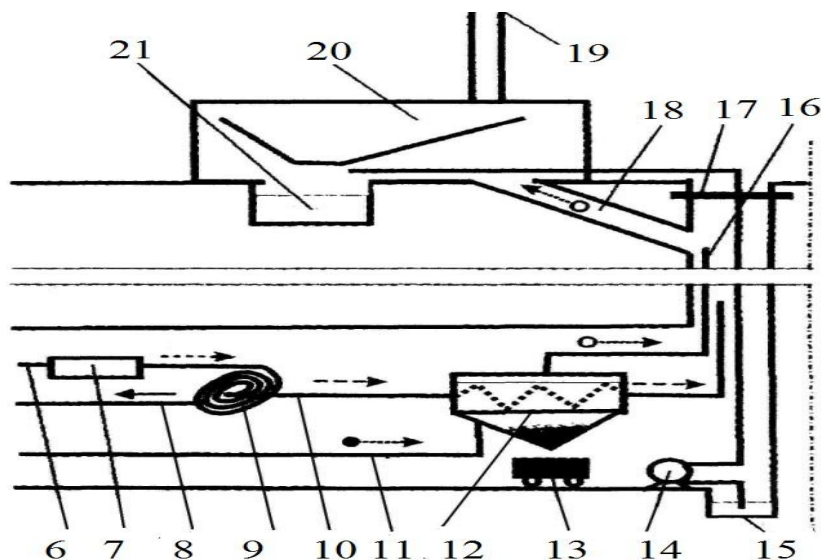


Рисунок 2 – Технологічна схема для збору та утилізації підземних шахтних вод

Повітря, що досягло температури природного масиву за допомогою компресора (7) направляють по повітряному трубопроводу (6) у вихрову трубу (9), де відбувається його поділ на два повітряні потоки – гарячий (10) і холодний. Паралельно забруднена шахтна вода (11) надходить у випарник (12) і переходить в пароподібний стан завдяки гарячому потоку повітря, що надходить по трубопроводу з вихрової труби. Цей гарячий потік повітря зумовлює переведення неочищеної води в пароподібний стан. Очищена вода в стані перегрітої пари подається по паропроводу (16) і ходку (18) в конденсатор (20), що виконаний у вигляді окремої споруди.

У конденсаторі відбувається перехід води з пароподібного стану в рідкий за рахунок контакту пари з холодними поверхнями. Частково пара конденсується на стінках ствола і у вигляді води стікає в зумпф (15), звідки її перекачують за допомогою водовідливної установки (14) в водозбірник очищеної води (21) і переправляють до споживача. Зважені і розчинені речовини, що містяться в неочищеній воді, накопичуються в випарнику, з якого періодично зливають ці речовини в спеціальну ємність (13)

Видалений осад можна використовувати як основу для отримання цінних речовин, що містяться в шахтній воді. Запропонована схема дозволить уникнути складування породи на земній поверхні шляхом закладки виробленого простору та звільнить значні площі землі для інших потреб (наприклад для вирощування сільськогосподарських культур).

Використання даної технології дає змогу зменшити кількість забруднюючих речовин на вході та виході з установки (табл.1).

Таблиця 1. Кількість забруднених речовин на вході та виході з установки очистки

Забруднюючі воду речовини	На вході в установку очистки	На виході з установки очистки
Зважені частки, мг/м ³	5	1
Залізо загальне, мг/м ³	0,24	0,05
Кальцій, мг/м ³	32,5	3,3
Магній, мг/м ³	29	2,3
Хлориди, мг/м ³	283	19,8
Сульфати, мг/м ³	524,3	53,4
Na+K, мг/м ³	740	81

Також, часткова закладка виробленого простору дозволить уникнути значного осідання земної поверхні. При відкачуванні та очищенні шахтних вод встановлюється максимально близький до природного кругообіг води (фільтраційний обмін підземних і поверхневих вод). Запропонований метод очищення шахтної води з використанням геотермальної енергії дасть змогу знизити собівартість очищеного продукту (дистиляту) і раціонально використовувати непоправні види енергоносіїв (таких як вугілля та природний газ, торф), які необхідні для перетворення води в пароподібний стан відомими способами, і які в умовах сучасної енергетичної проблеми є цінною сировиною [3, 4].

Висновки

Таким чином, використання в населених пунктах очищених шахтних вод за допомогою розробленої схеми дозволить вирішити відразу три проблеми: зниження антропогенного впливу технічних шахтних вод на довкілля вод, наближення джерел питної води до районів, віддалених від джерел водопостачання на значні відстані; поліпшення якості води [5].

Бібліографічний список

1. Гребьонкіна С.С. Геомеханічні та технологічні проблеми закриття шахт Донбасу: Учебний посібник/ С.С.Гребьонкіна, В.М. Єрмакова. – Донецьк: ДонНТУ, 2002.– 266 с.
2. Трус І.М. Переробка осадів, що утворюються при реагентному очищенні шахтних вод від сульфатів / І.М. Трус, Г.Ю. Флейшер, М.Д. Гомеля, В.В. Токарчук/ Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – Випуск 4/2014.– 173 с.
3. Апостолюк С.О. Промислова екологія: навч. посіб./ С.О. Апостолюк, В.С. Джигирей, І.А.Соколовський. — К.: Знання, 2012. — 430 с.
4. Матлак Е.С. Снижение загрязненности шахтных вод в подземных условиях / Е.С. Матлак, В.Б. Малеев. – К.: Техніка, 2011. – 136 с.
5. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посіб./ В.С. Джигирей. – К.: Знання, 2006. – 319 с.

УДК 622.284.4

Гапеев С.М. д.т.н., зав. каф. БГГМ, Вигодін М.О. к.т.н., доц. каф. БГГМ, Мясников І.В. асп. каф. БГГМ, НТУ "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІЖРАМНОЇ ОГОРОЖІ ПІДВИЩЕНОЇ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ

On an example of mining works the assessment of the economic efficiency of the mount, when using different types of interframe fences namely: the spatial fences with a friable concrete at different distances between the frames, and reinforced fences with a tamponage of space for attachment and picotage.

На прикладі умовної гірничої виробки показана оцінка економічної ефективності кріплення при використанні різних типів міжрамної огорожі, а саме: просторової огорожі з наблизьбетонуванням при різних відстанях між рамами та залізобетонної з тампонажем закріпного простору і пікотажем.

Вступ. Орієнтація країни на розвиток енергетичної незалежності визначається її ресурсним потенціалом. В Україні, зокрема, основним енергоносієм, попри значний зріст використання альтернативних джерел енергії все ще остається вугілля – єдина сировина, обсяги якої потенційно достатні для повного забезпечення потреб національної економіки. Тому стратегічна мета в розвитку вугільної промисловості країни складається в істотному збільшенні видобутку вугілля для підвищення рівня енергетичної безпеки. Збільшення вуглевидобутку неминуче супроводжується зростанням обсягів проведення гірничих виробок. Проблема забезпечення їх стійкості набуває особливо великого значення зі збільшенням глибини розробки, величина якої в Україні наближається до 800 м, 60,8% шахт працюють на глибині понад 600 м і 15% – понад 1000 м [1]. При цьому рентабельна робота видобувних підприємств є необхідним компонентом для забезпечення ефективності їх експлуатації в умовах перехідного періоду до альтернативної енергетики. Одним з напрямів оптимізації вартості видобутку вугілля є зниження витрат на ремонти виробок, що неможливе без оптимізації існуючих технологій кріплення та без застосування кріплення підвищеної несучої здатності, зокрема для капітальних виробок.

Аналіз літературних джерел. Більшість вчених розглядає проблему підвищення несучої здатності рамного кріплення лише з точки зору металевих конструкцій, яка залежить від типу спецпрофілю, режиму роботи кріплення (податливий або жорсткий) і щільності її установки у виробці, характеру розподілу навантаження, якості ведення робіт з кріплення. Поліпшення показника несучої здатності здійснюється за рахунок застосування важчих профілів різного поперечного перетину, поліпшення конструкцій замкових з'єднань та ін. Але мало уваги звернено на те, що міжрамна огорожа теж має вплив на величину несучої здатності кріплення і, як наслідок – на збереження гірничих виробок. Адже використання огорожі підвищеної несучої здатності матиме вплив на збільшення несучої здатності всього кріплення, частиною якого вона є, що дозволить зменшити кількість виробок, які підлягають ремонту і тим самим зменшити долю витрат на ремонти, сума яких впливає на збільшення собівартості вугілля.

Мета роботи. Метою дослідження є розрахунки економічної ефективності використання міжрамної огорожі підвищеної несучої здатності (просторової) та обґрунтування на цій основі конструктивних параметрів елементів огорожі, що використовується у конструкціях комбінованого рамного кріплення із тампонажем.

Матеріали і результати досліджень. Розрахунок економічної доцільності проводився на підставі ДСТУ Б Д.1.1-1 [2] за допомогою програмного комплексу «Строительные технологии - СметаТМ ред. 7.9.22-1», який подібним чином вже застосовувався у розрахунках вартості проведення гірничих виробок [3, 4] та збірки будівельних норм Е 35 на гірничопрохідницькі роботи. У розрахунках було наведено дійсні ціни на цемент, залізобетонну та просторову огорожі.

Під час досліджень було здійснено порівняння вартості проведення умовної гірничої виробки при використанні різних типів кріплення:

1. При використанні залізобетонної огорожі із тампонажем закріпного простору та пікотажем виробки при відстані між рамами 1 м;

2. При використанні просторової огорожі та застосуванням набризкбетону при відстані між рамами 1 м;

3. При використанні просторової огорожі та застосуванням набризкбетону при відстані між рамами 0,8 м;

4. При використанні просторової огорожі та застосуванням набризкбетону при відстані між рамами 0,5 м;

Розрахунки велися з урахуванням наступних технологічних параметрів: шар пікотажу – 20 мм, шар набризкбетону – 250 мм.

Аналіз результатів досліджень (рис. 1) показав наступне:

а) найменша ціна проведення гірничої виробки досягається при використанні просторового огороження та застосуванням набризкбетону при відстані між рамами 1 м;

б) застосування просторової огорожі з набризкбетоном при любых розглянутих параметрах є більш вигідною у порівнянні з залізобетонною огорожею, пікотажем та тампонажем;

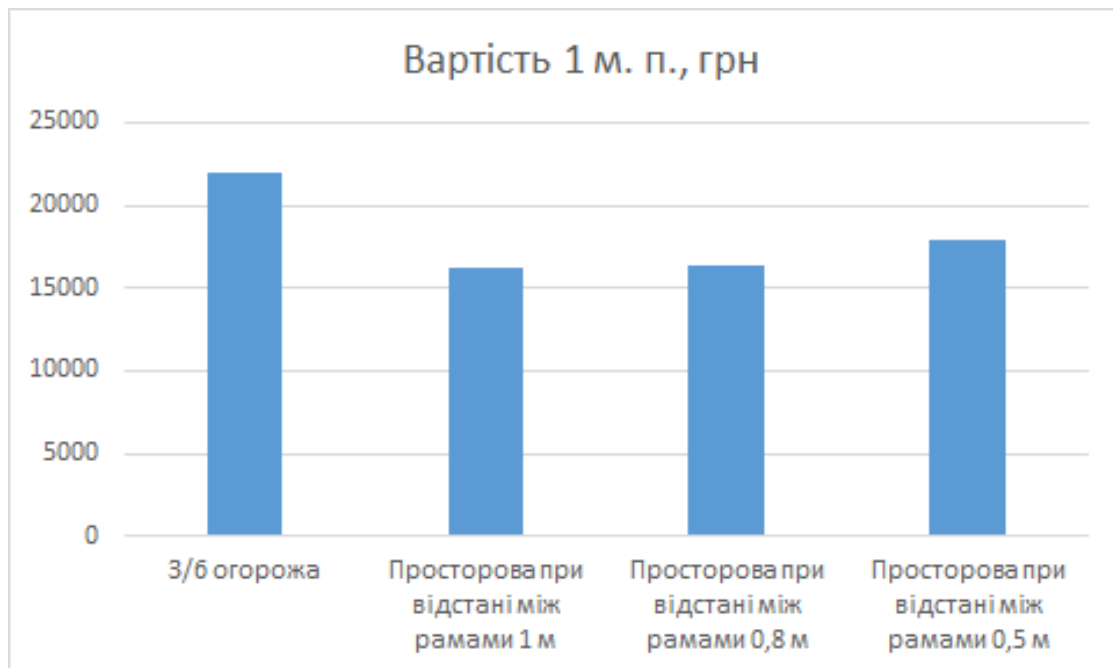


Рис. 1 Порівняльна характеристика вартості 1 п. м. виробки при різних типах та параметрах кріплення

в) геометричні розміри міжрамної огорожі від 1х0,4х0,04м до 0,8х0,4х0,04м не впливають на вартість гірничої виробки. Адже при зменшенні геометричного розміру огорожі з'являється необхідність у збільшенні її кількості. Тому різниця у розмірі між огорожами у загальному випадку не впливатиме на затрати на їх придбання, а тому і на вартість гірничої виробки;

г) при використанні просторової огорожі, набризкбетоном та застосуванням залізобетонної з пікотажем і торкретажем при відстані між рамами 1м планується економія 5 тис 826 грн. на кожному п. м. виробки.

Висновок.

Розрахунки вартості кріплення з використанням просторової огорожі з набризкбетонуванням є доцільним з точки зору зниження витрат на проведення виробки. Оцінка ефективності роботи як самої конструкції просторової огорожі, так і подібної конструкції кріплення капітальної виробки в цілому є джерелом інформації з рівня експлуатаційних витрат у виробці з комбінованим кріпленням з використанням просторової міжрамної огорожі. Саме на цих питаннях сфокусовані подальші дослідження.

Бібліографічний список

1. Гапеев С.Н. Анализ причин возникновения несимметричной нагрузки на рамную металлическую крепь и направления повышения ее несущей способности / С.Н. Гапеев, Г.Г. Сторчак // Перспективы освоения подземного пространства: Мат-лы конф. – Днепропетровск, 2011. – С. 94 - 99.
2. ДСТУ Б. Д.1.1-1:2013. 2013. Правила визначення вартості будівництва. Київ, Мінрегіон України, 88.
3. 10. O. Grigoriev, R. Tereschuk, L. Tokar. Assessment of efficiency AMS-A (anchor – meshwork – shotcreteihg) support structure in terms of coal mines // Theoretical and practical solutions of mineral resources mining. – Netherlands: CRC Press / Balkema, 2015. – P. 85–89.
4. Смирнов А.В. Экономическая оценка применения систем комбинированной крепи капитальных выработок угольных шахт / А.В. Смирнов, А.Е. Григорьев // Научные ведомости БелГУ. Серия «Естественные науки» – Белгород: НИУ «БелГУ», 2015. – №21(218), вып. 33. – С. 132–136

УДК 622.012.3

Охріменко І. В., аспірант 1-го курсу, Кальчук С. В., к. т. н. доц., Житомирський державний технологічний університет

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ ДЛЯ ПОРІД ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ ЖИТОМИРЩИНИ

Визначено коефіцієнт тертя для найпоширеніших порід облицювального каменю Житомирщини. Встановлено залежності між коефіцієнтом тертя та породами різної крупності зерен. Досліджено вплив глинистого заповнювача, що максимально наближує до природного стану тріщини.

Вступ. Стійкість бортів на кар'єрах є одним із важливих факторів, що впливають на економічні показники підприємства та безпеку виконання робіт на ньому. Насамперед, це кут нахилу борта кар'єру, від якого залежить повнота виймання корисної копалини в межах гірничого відводу. Досить висока міцність скельних гірських порід дозволяє приймати великі значення кута відкосу борта кар'єру, разом з тим це не гарантує його тривалу стрійкість з ряду причин, головною з яких є наявність тріщин. Вони характеризуються нахилом та напрямком простягання. При розрахунку стійкості бортів, складених скельними породами, важливим показником є коефіцієнт тертя. Встановлення точного його значення для забезпечення достовірності розрахунків потребує проведення додаткових натурних випробувань, які враховують не тільки шорскість поверхні каменю, але і його макрорельєф.

Метою досліджень є визначення дійсної величини коефіцієнта тертя для колотої поверхні граніту та вплив наявності глиняного заповнювача на його величину.

Для досягнення мети було поставлено наступні задачі:

- Дослідити тертя між колотими сухими поверхнями зразків;
- Дослідити тертя між колотими поверхнями зразків з глиняним заповнювачем;
- Дослідити зразки порід різної крупності зерен.

Матеріали та результати досліджень. Для проведення досліджень використувалося таке лабораторне обладнання: стенд – прилад (рис. 2 а), для задання необхід-

ного кута нахилу зразків (точність 0.5 градуса), динамометр (точність 1 гр), будівельний рівень, штангенциркуль (точність 0,05 мм) та глибиномір (точність 0,01 мм).

Для дослідів було обрано зразки з колоною поверхнею, яка максимально нагадує природну тріщину. Зразки були відібрані з семи родовищ: граніти Покостівського родовища, Лезніківського, Капустинського, Емельянівського і Межиріченського, та лабрадорит Осниковського і габро Букінського родовищ.

Досліди виконували двома способами: 1) рухаючи зразки порід по горизонтальній поверхні та 2) рух зразків під час досягання ними граничного кута. Суть дослідів заключається в наступному.

Дослід 1. Рух зразків по горизонтальній поверхні. Дослід проводився наступним чином. До кожного із зразків приєднувався динамометр. Зразки було розміщено колоною поверхнею до такої ж поверхні основи. Динамометр поступово натягувався до межі, поки не починався рух зразка. Кожен зразок було попередньо зважено. Схема досліду зображена на (рис. 1 б). Силою Q зображена сила натягу динамометра та протидіюча їй сила рівна за модулем $F_{тр}$ (сила тертя). Силою P зображено вагу зразка та його реакцію опори N . Загальний вигляд проведення досліду зображено на (рис. 1 а). Коефіцієнт тертя розраховано за формулою:

$$\mu = \frac{Q}{N} = \tan(\alpha) \quad 1$$

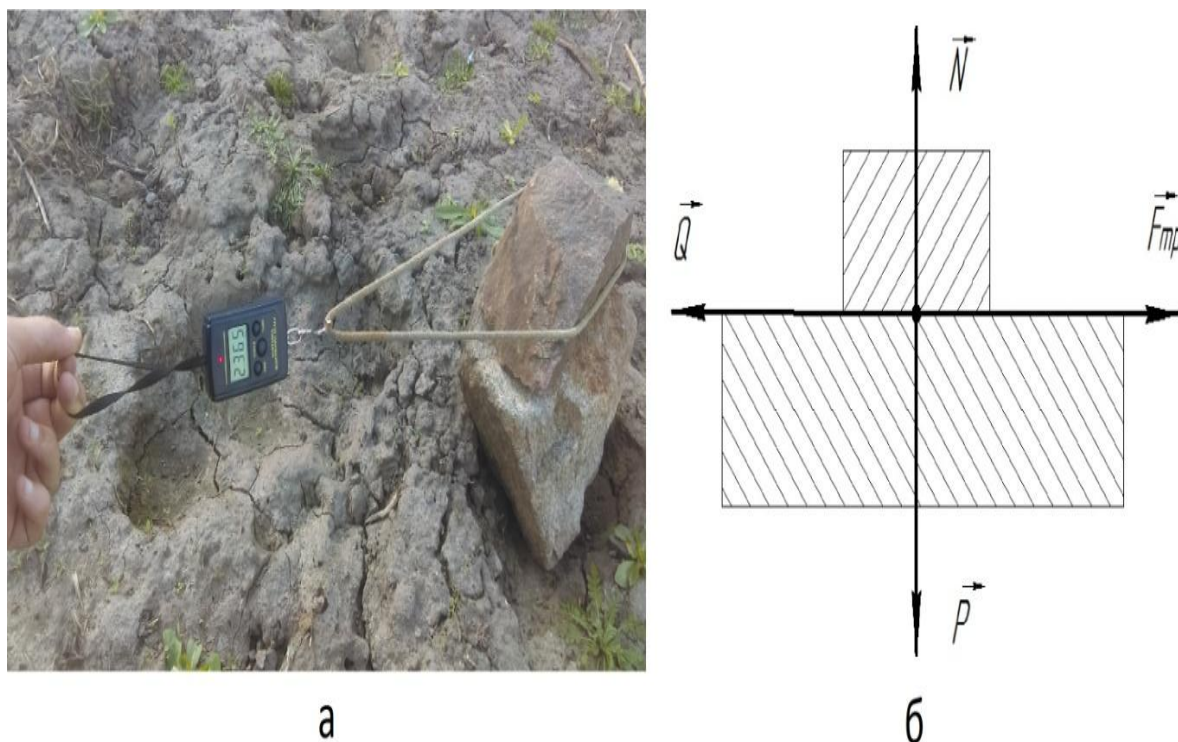
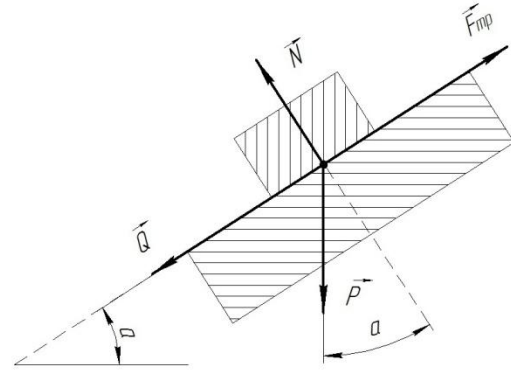


Рис. 1. Рух зразків по горизонтальній поверхні. а) загальний вигляд проведення дослідіду; б) схема проведення дослідіду

Дослід 2. Знаходження граничного кута при похилому русі зразків. Принцип дослідіду заключається в тому, щоб знайти граничний кут, при якому зразок в певний момент часу змінював потенційну енергію спокою на кінетичну енергію. Дослідження виконувались за допомогою стенда – пристрою, яким можна максимально точно визначити цей кут. Схема дослідіду показана на (рис. 2 б), та загальний вигляд на (рис. 2 а)



а



б

Рис. 2. Рух зразків по похилій поверхні. а) загальний вигляд проведення дослідів; б) схема проведення дослідів

За результатами цих дослідів було побудовано гістограму, яка показує коефіцієнт тертя для обраних скельних порід (рис. 3). Згідно цієї гістограми видно, що всі породи, окрім габро, мають більший коефіцієнт тертя при наявності глинистого заповнювача.

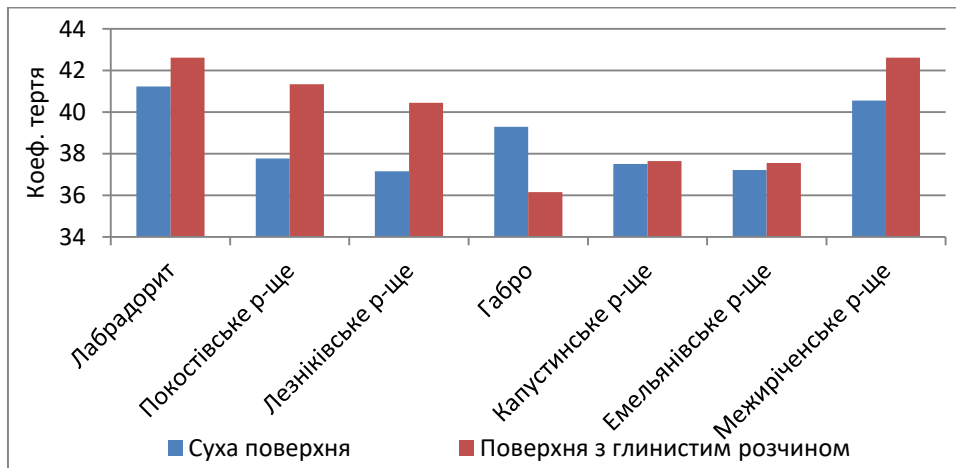


Рис. 3. Коефіцієнт тертя для скельних порід обраних для досліджень

Також було визначено значення коефіцієнта тертя для порід з різною крупністю зерен, а саме: для дрібнозернистих - це гранодіорит Покостівського та габро Букінського родовищ; середньо зернистих – граніт Лезніківського, Межиріченського і Емельянівського родовищ; крупнозернистого – Капустинського родовища гранітів. Результати зображено на гістограмі на (рис. 4).

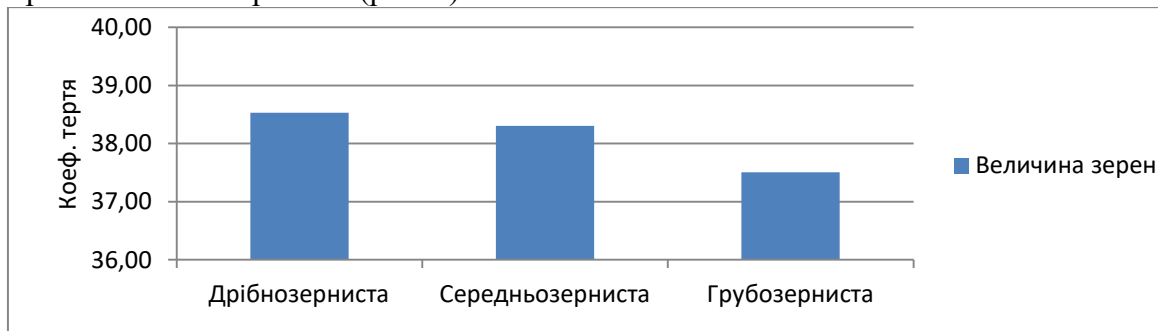


Рис. 4. Коефіцієнт тертя для скельних порід різної крупності зерен

Висновки. Наявність глиняного заповнювача позитивно впливає на коефіцієнт тертя, який є більшим, ніж при сухій поверхні, про що свідчать результати досліджень.

Також в результаті досліджень було встановлено, що дрібнозернисті породи мають найбільший коефіцієнт тертя, відповідно грубозернисті породи мають найменший коефіцієнт тертя.

Встановлено, що коефіцієнт тертя для досліджених порід є наступним: Покостівський гранодіорит - 37,8, Лезніківський граніт – 37,2°, Капустинський граніт – 37,5°, Емельянівський граніт – 37,2°, Межиріченський граніт – 40,6°, Осниковський лабрадорит 41,2° і габро Букінського родовища – 39,2°. Використовуючи ці показники, можна визначати стійкість бортів кар'єрів зі скельних порід з достатньо достовірністю. В першу чергу це стосується випадку, при якому постільна тріщина направлена в середину кар'єру, що є головним небезпечним фактором стійкості.

Бібліографічний список

1. Газиєв Э.Г. Устойчивость скальных массивов и методы их закрепления. - М., Стройиздат, 1977, 160 с.
2. Газиєв Э.Г., Речицкий В.И. Вероятностная оценка надежности скальных массивов. - М.: Стройиздат, 1985. — 105 с.

УДК 624.04

Адаменко І. А., магістрант, Шайдецька Л. В., к.т.н., старший викладач кафедри геoinженерії ІЕЕ КІІ ім. Ігоря Сікорського

УЗАГАЛЬНЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ У ПІДЗЕМНОМУ МІСЬКОМУ БУДІВНИЦТВІ

Проаналізовано теоретичні відомості про різновиди навантажень та впливів на підземні споруди. Розглянуто проблему розосередженості даних щодо динаміки підземних споруд і можливий спосіб її вирішення. Запропонована узагальнена схема класифікації навантажень на підземні споруди.

The theoretical data about types of loads and influences on underground structures are analyzed. The problem of dispersion of data on the dynamics of underground structures and the possible way of its solution is considered. A generalized scheme of classification of loads on underground structures is proposed.

Вступ. Врахування динамічних навантажень має важливе практичне значення у зв'язку з тим, що дозволяє запобігати небезпечним наслідкам коливань за рахунок зменшення їх рівня або збільшення опору до них. Також окрім протидії коливанням, їх позитивні якості можна використовувати у розвитку техніки та технологій.

Динамічні навантаження характеризуються швидкою зміною у часі їх величин, місця прикладання або напрямку [1]. Ці параметри можуть змінюватись окремо, або ж усі одночасно, через що в елементах конструкцій виникатимуть значні інерційні сили, які обов'язково мають бути враховані у розрахунках.

Актуальність даної теми визначена тим, що на сучасному етапі будівництва все більшу частку займає підземне будівництво внаслідок швидких темпів забудови поверхні. Під час міського підземного будівництва все частіше виникає необхідність враховувати велику кількість різноманітних впливів на споруду від оточуючих будівель або інфраструктури. Тому для розрахунків нових підземних споруд необхідно розробити

спільну загальну класифікацію динамічних навантажень, які можуть так чи інакше вплинути на споруду під час її будівництва та експлуатації у майбутньому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останній час цю тему досліджували такі спеціалісти, як: Гладун І., Криль Т., Осипов О., Шакірзянов Р., Васильков Г., Буйко З, Шумаков І., Гринчук О., Ляхов І. та багато інших. Їхні дослідження з різних аспектів розкривають роль та місце впливу тих чи інших динамічних навантажень на навколишні місцевість та споруди. Проте це демонструє деяку проблему розосередженості інформації щодо впливів, які є потенційно небезпечними для споруд і будівель.

Мета. Метою даної роботи є систематизація наявної інформації про динамічні навантаження у підземному міському будівництві та узагальнення класифікації динамічних навантажень.

Результати досліджень. Основним завданням динамічних розрахунків будівель та споруд є забезпечення їх несучої здатності при сумісній дії статичних та динамічних навантажень, а також обмеження рівня коливань для виключення шкідливого впливу на людей, технологічні процеси, конструкційні елементи і самої споруди в цілому [2].

Статичні навантаження є найбільш розповсюдженим різновидом впливу на підземні споруди і по своїй суті є постійними (власна вага підземної споруди, вага наземних будівель та конструкцій, що передає навантаження через ґрунт, тиск ґрунтового масиву, вплив ґрунтових вод при усталеному режимі фільтрації тощо) [4].

Також до статичних відносять навантаження тимчасового тривалого характеру (вага стаціонарного обладнання, тиск рідин та газів у резервуарах і трубопроводах, тиск підземних вод при неусталеному режимі фільтрації, навантага від матеріалів, що складують на поверхні тощо) [5]. Збір даних щодо постійних навантажень виконується виходячи із призначення майбутньої будівлі чи споруди, тому забезпечити відповідні конструктивні характеристики можливо без непередбачуваних ускладнень.

До короткочасних статичних навантажень відносять: впливи, викликані температурними коливаннями, промерзанням ґрунтів, тиском, що передається через ґрунт механізмами і транспортом, які працюють на поверхні [3].

На противагу постійним статичним навантаженням, динамічні впливи та їх розрахунок полягають у визначенні очікуваних амплітуд переміщень, внутрішніх зусиль, виникаючих сил моментів інерції та порівняння їх з допустимими для споруди значеннями [1]. Динамічні навантаження – це поштовхи, вібрації, удари, які є характерними для роботи транспорту, будівельних механізмів, машин, різноманітні сейсмічні впливи природного або антропогенного походження.

Якщо нам відомо як навантаження змінюється у часі, то воно називається детермінованим навантаженням [2]. За наявності такого навантаження зазвичай можливо визначити зміни переміщень системи коливань у часі відповідно до зміни навантаження. Такі параметри, як деформації, напруження, внутрішні зусилля тощо, можна вирахувати у наступних етапах розрахунків виходячи із даних зміни системи у часі.

Якщо ж зміна навантаження у часі не відома повністю, але може бути вирахована з деякою імовірністю, то її називають випадковим динамічним навантаженням або недетермінованим навантаженням, яке за своєю природою має лише один або декілька параметрів (напряма, час, частота, інтенсивність дії тощо), котрі визначити неможливо [2]. Через імовірнісний характер навантаження його розрахунок проводять безпосередньо із статичного розрахунку. Наприклад, інтенсивність навантаження під час землетрусу може бути не лише надзвичайно великою, але й досить нерегулярною.

До основних видів детермінованих навантажень відносять періодичні, імпульсні та рухливі навантаження [2].

Перші характеризуються навантаженнями, які впливають на конструкцію через певний визначений період. В свою чергу, якщо машина і механізм закріплені жорстко і мають неврівноважені частини, які обертаються, виникають гармонічні навантаження, які змінюються за законами синуса і косинуса. Періодичні негармонічні навантаження характерні для машин і механізмів із зворотно-поступальним рухом, який передається на споруду, і розраховуються представленням негармонічних напружень через розділення їх на суму навантажень гармонічних за допомогою ряду Фур'є.

Для другої групи детермінованих навантажень є характерними впливи, що виникають у результаті вибухів, падіння важких елементів чи дії окремих частин механізмів (молотів, копрів, перфораторів) тощо. За дією імпульсу може бути визначено короткочасний (визначається величиною, формою та тривалістю дії) або миттєвий (визначається тільки величиною імпульсу) вплив.

Третя група – це рухливі навантаження, положення яких є змінним у часі. Наприклад, навантаження від залізничного транспорту та метрополітену, автомобілів, пересувних машин-механізмів тощо.

Необхідно звертати увагу, що на майбутню підземну споруду навантаження будуть впливати різноманітними комбінаціями, які поділяють на основні та особливі.

До основних поєднань включають сполучення статичних навантажень і впливів. У той час, як до особливих окрім статичних, також додають можливі варіанти впливів динамічних [5].

Проаналізувавши різноманітні джерела ми пропонуємо загальну схему для класифікації навантажень на підземні споруди, зображену на рисунку 1.

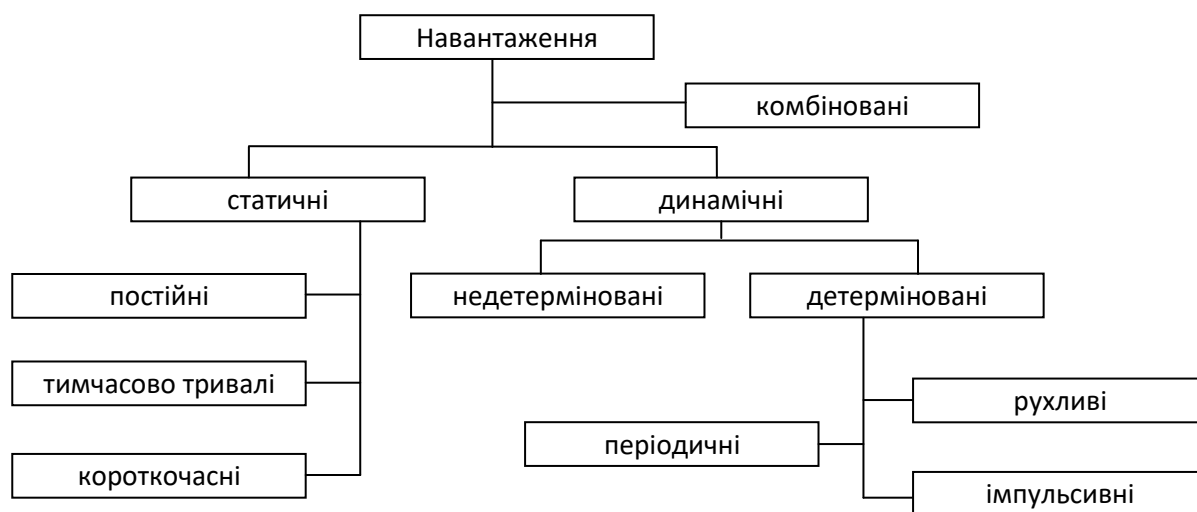


Рис. 1 – Загальна схема класифікації навантажень на підземні споруди

Висновки. Підсумовуючи вище зазначене, можна сказати, що насамперед проблеми виникають через наявність різнопланових класифікацій, за якими різного роду навантаження можна одночасно відносити як до статичних, так і до динамічних навантажень.

Досить важливо вірно використовувати наявну інформацію, оскільки це допомагає визначити тип необхідного впливу і правильно його розрахувати, відповідно до законів статичного або динамічного характеру.

Сформована схема класифікації навантажень є можливим варіантом вирішення проблеми розосередженості інформації у даній сфері.

Бібліографічний список

1. Динаміка споруд: [Електронний ресурс] // Вікіпедія – вільна енциклопедія. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Динаміка_споруд
2. Динамика и устойчивость сооружений: Учебное пособие. – 2-е перераб. изд. / Р.А. Шакирзянов, Ф.Р. Шакирзянов. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. университета, 2015. – 120 с.
3. ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування».
4. Ларионов, Н. М. Промышленная экология : учебник и практикум для академического бакалавриата / Н. М. Ларионов, А. С. Рябышенков. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2015. — 381 с.
5. Введение в механику подземных сооружений: учебное пособие / М. Г. Зерцалов, М. В. Никишкин; под ред. М. Г. Зерцалова // - М.: НИУ МГСУ, 2015. – 116 с.

УДК 622.17 : 679.8

С.С. Іськов, к.т.н., доц., Леонець І.В., інженер, Житомирський державний технологічний університет, Коробійчук В.В., к.т.н., доц., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”

ЗМІНА КІЛЬКОСТІ ВІДХОДІВ ПРИ ОБРОБЦІ КАМЕНЮ АЛМАЗНОДИСКОВИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Розглянуто зміну кількості відходів при розпилюванні блоків природного каменю дисками з алмазними напайками, встановлено залежність кількості щилму від діаметра пилки, втрат на обаболі від лінійних розмірів блока

При видобуванні та обробці природного каменю утворюється значна кількість відходів. Для каменеобробного виробництва об'єми відходів будуть залежати від об'єму сировинних блоків, правильності їх форми, технологічної схеми виготовлення готової продукції (особливо від способу розпилювання блоків) та використовуваного інструменту.

За формою і розмірами відходи, які утворюються при видобуванні та обробці природного каменю, умовно можна поділити на [1]:

- негабаритні блоки, бут, щебінь, тобто шматки каменю неправильної форми розмірами 5–70 мм (щебінь), більше 70 мм (бут) і більше 400 мм (блоки);
- окіл (бій), тобто малоформатні плити каменю товщиною 5–50 мм з колотими і пиляними краями неправильної форми, що мають термооброблену, поліровану або пиляну поверхню, вони є відходами розпилювання і окантування плит;
- обабол, тобто відходи пасирування і розпилювання блоків, що мають неправильну форму з однією обробленою плоскою поверхнею і лінійними розмірами, які співставні з розмірами блоків;
- штиб і шлам, тобто дрібнодисперсні відходи каменю, утворені в результаті здійснення процесів різання та шліфування, розмірами більше 0,5 мм (штиб) і менше 0,5 мм (шлам).

Розглянемо, як будуть змінюватись об'єми відходів як у абсолютному, так і у відносному вираженні при однодисковому алмазному розпилюванні залежно від розмірів сировинних блоків каменю та ріжучого інструменту.

Дисковими верстатами є верстати з робочим інструментом у вигляді дискових пилок, які встановлені на робочому (пилльному) валу і виконують у процесі пиляння обертальний рух. Алмазним ріжучим інструментом цих верстатів є дискові алмазні сегментні пилки (відрізні круги), при розпилюванні м'яких порід можуть використовуватись твердосплавні пили. Однодискові верстати звичайно оснащуються пилками великого діаметру – 2000–3500 мм. Однодискове алмазне розпилювання в даний час є одним з найбільш поширених видів розпилювання на середніх і дрібних каменеобробних підприємствах. Його перевагами є висока швидкість різання і продуктивність процесу розпилювання, конструктивна простота і невелика металоємність, чистота розпилу, що значно спрощує та зменшує вартість і час виконання наступних операцій шліфування-полірування. Недоліком цього виду розпилювання є незначний коефіцієнт використання діаметра пилки (до 0,35–0,38), що обмежує висоту розпилюваного блока і відповідно одержуваних з нього заготовок, підвищена енергоємність процесу розпилювання, підвищена товщина пропилю при використанні пилок великого діаметру [1].

Основними видами відходів при розпилюванні сировинних блоків каменю на сляби є бічні поверхні блоків (обапол) та шлам, який утворюється власне в процесі розпилювання.

Об'єм обаполу залежить від розмірів бічних поверхонь блоку (довжини і висоти блоку) та товщини обаполу. Остання може змінюватись в доволі широких межах і в першу чергу залежить від якості бічних поверхонь блоку, яка визначається способом відокремлення блоку від масиву або поділу моноліту на блоки. Так, найбільша нерівність бічної поверхні блоків буде отримана при використанні способів, що потребують буріння значної кількості шпурів (наприклад, при суцільному оббурюванні, за допомогою невибухових руйнуючих засобів або вибухових речовин). Найкраща якість бічної поверхні досягається при використанні алмазно-канатної технології.

Максимальний об'єм обаполу, m^3 , можна знайти за наступною формулою:

$$V_o = 2b_o \cdot L_o H_o, \quad (1)$$

де L_o , B_o , H_o – габаритні розміри блоку – відповідно, довжина, ширина і висота, мм; b_o – товщина обаполу, мм, не менше 3–5 см залежно від якості бічних поверхонь.

Реальний об'єм обаполу може бути дещо меншим ніж розрахований за формулою (1), оскільки наявність на бічній поверхні блоку слідів шпурів, нерівностей сколу та інших виїмок буде тільки зменшувати його.

Об'єм шламу, отриманий при розпилюванні, можна визначити за сукупним об'ємом пропилів

$$V_{ш} = L_o H_o m (b_p + b_z), \quad (2)$$

де m – кількість пропилів, необхідних для розпилювання блоку на плити товщиною $b_{пл}$, шт. (округляється до меншого цілого значення)

$$m = \frac{B_o}{b_n + b_{пл} + z_{ном}} - 1, \quad (3)$$

$z_{ном}$ – номінальний припуск товщини плити для фактурної обробки її лицьової поверхні, мм;

b_n – ширина пропилю, мм

$$b_n = b_p + b_z, \text{ мм}, \quad (4)$$

b_p – ширина ріжучого елемента, мм; b_z – сумарна величина зазорів в пропилі, мм

$$b_3 = d / 1000; \quad (5)$$

d – зовнішній діаметр пили, мм.

Реальний об'єм шламу буде більший за об'єм пропилів за рахунок розпушення породи (дезінтеграції окремих частинок при розпилюванні від суцільної породи блоку).

Визначимо, як будуть змінюватись об'єми відходів як у абсолютному, так і у відносному вираженні при зміні розмірів блоків. Виконаємо розрахунок відходів при виготовленні слябів товщиною 30 мм і припуску 3 мм. Результати розрахунку зведемо у табл. 1.

Таблиця 1

Зміна кількості відходів при збільшенні ширини блоку

Розміри блоку, м			Об'єм блоку, $V_{бл}, \text{м}^3$	Діаметр пилки, $D, \text{мм}$	Ширина ріжучого елемента, $b_p, \text{мм}$	Кількість пропилів, м	Об'єм шламу, $V_{ш}, \text{м}^3$	Вихід шламу, %	Середня товщина обаполу, $b_o, \text{мм}$	Об'єм обаполу, $V_o, \text{м}^3$	Вихід обаполу, %
L_0	B_0	H_0									
3	1,3	1	3,9	2000	11	29	1,131	29,00%	41,5	0,249	6,38%
3	1,5	1	4,5	2000	11	33	1,287	28,60%	55,5	0,333	7,40%
3	1,7	1	5,1	2000	11	37	1,443	28,29%	69,5	0,417	8,18%
3	1,9	1	5,7	2000	11	42	1,638	28,74%	62	0,372	6,53%
3	2,1	1	6,3	2000	11	46	1,794	28,48%	76	0,456	7,24%
3	2,3	1	6,9	2000	11	50	1,95	28,26%	90	0,54	7,83%

З даних, наведених у табл. 1, слідує, що збільшення довжини та висоти блоку призводить до збільшення лише абсолютної кількості відходів, відносна кількість відходів (відсоток виходу відходів) залишається незмінною. При збільшенні ширини блоку не все так однозначно. Збільшення об'єму відходів збільшується завжди, а ось відсоток виходу відходів залежить від того, скільки слябів можна буде отримати з блоку (впливає на вихід шламу) та яка товщина каменю залишиться після відокремлення останнього слябу (впливає на вихід обаполу).

Якщо ж дослідити зміну об'єму та виходу відходів при зміні ріжучого інструменту, то отримаємо зовсім інший результат. Для розпилювання блоків більшої висоти доводиться використовувати дискові пилки все більшого діаметру, що призводить до значного зростання не тільки абсолютної, але і відносної кількості відходів (рис. 1).

Так, при збільшенні висоти блоку з 0,7 м до 1,3 м (в 1,86 рази), об'єм блоку зростає в ті ж 1,86 рази (з $4,2 \text{ м}^3$ до $7,8 \text{ м}^3$), а об'єм шламу збільшується вже в 2,36 рази (з $1,116 \text{ м}^3$ до $2,638 \text{ м}^3$), що призводить до збільшення виходу шламу в 1,27 рази. Використання інструменту більшого діаметру призводить не тільки до значного зростання кількості відходів, але і до зменшення виходу слябів з 1 м^3 блоку.

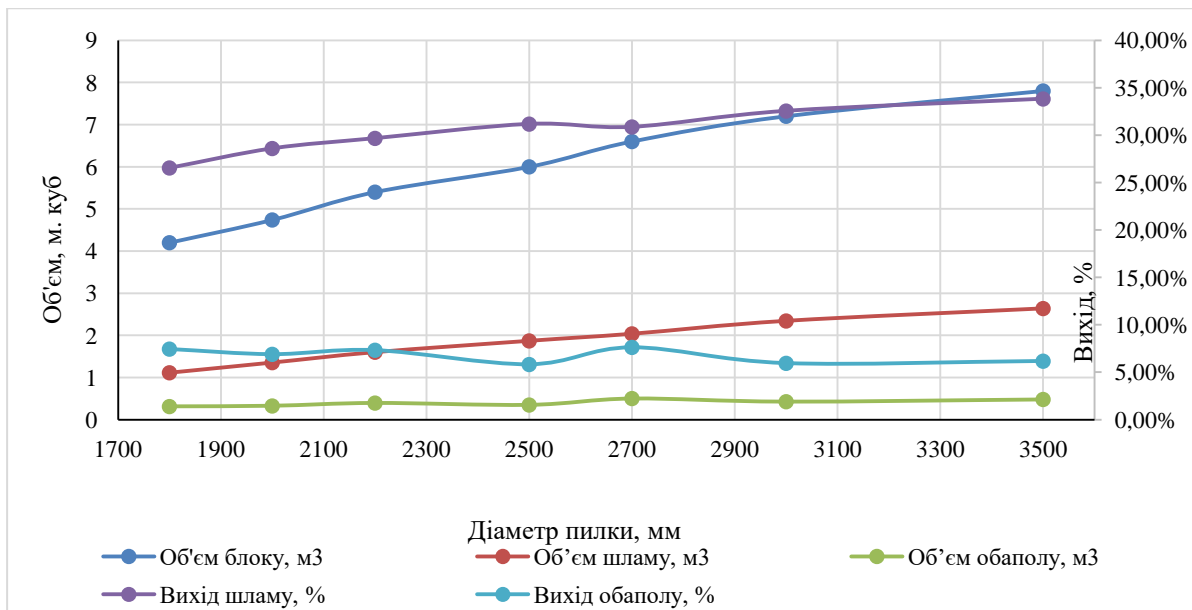


Рис. 1. Графік зміни відходів при збільшенні висоти блоку та діаметра дискової пилки

Висновки. Збільшення розмірів блоку не призводить до зміни виходу відходів при його розпилюванні, якщо не змінювався ріжучий інструмент (не встановлювалась дискова пилка іншого діаметру). Розпилювання ж блоків пилками більшого діаметру дозволяє не тільки працювати з блоками більшої висоти, але і призводить до значного зростання кількості відходів як у абсолютному, так і відносному вираженні, та до зменшення виходу неокантованих слябів.

Бібліографічний список

1. Іськов С.С. Проектування каменеобробних підприємств. Ч. 1 : навч. посібник / С.С. Іськов, В.В. Коробійчук, Р.В. Соболевський. – Житомир : ЖДТУ, 2016. – 228 с.
2. Бакка М. Г., Коробійчук В. В., Зубченко О. А. Обробка природного каменю. Навч. посібник. – Житомир: РВВ ЖДТУ, 2006. – 438 с.
3. Коробійчук В.В., Зубченко О.А. Технологія розпилювання природного каменю : навч. посіб. – Житомир : ЖДТУ, 2010. – 182 с.
4. Оцінка якості блочної сировини та облицювальної продукції з природного каменю. Ч. II. : навч. посібник / В.В. Коробійчук та ін. – Житомир : ЖДТУ, 2013. – 152 с.
5. Коробійчук В.В. Дослідження впливу якісних ознак блочного каменю на технологію розпилювання канатом з алмазними напайками / В.В. Коробійчук // Вісник ЖДТУ технічні науки. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – № 2 (41). – С. 148–154
6. Коробійчук В.В. Дослідження впливу якісних ознак блочного каменю на ефективність розпилювання дисковими пилами з алмазними напайками / В.В. Коробійчук, О.А. Зубченко // Вісник ЖДТУ технічні науки. – Житомир : ЖДТУ, 2008. – № 2 (45). – С. 150–152.
7. Коробійчук В.В. Оцінка якості блочної сировини та облицювальної продукції з природного каменю. Ч. I : навч. посібник / В.В. Коробійчук, А.О. Криворучко, Н.С. Ремез та ін. – Житомир : ЖДТУ, 2012. – 188 с.
8. Sobolevskiy R. Exploring the efficiency of applying fractal analysis for the process of decorative stone quality control / R. Sobolevskiy, V. Korobiichuk, S. Iskov, I. Pav-

liuk, A. Kryvoruchko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – 6/3 (84). – P. 32-40.

9. Korobiichuk V., Shamrai V., Iziyomova O., Tolkach O., Sobolevskiy R. Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. 4/5 (82). P. 52–57.

10. Korobiichuk I., Korobiichuk V., Nowicki M., Shamrai V., Skyba G., Szewczyk R. The study of corrosion resistance of Pokostivskiy granodiorites after processing by various chemical and mechanical methods // Construction and Building Materials. 2016. Volume 114. P. 241–247.

11. Коробійчук В. В., Коробійчук І. В., Ломаков Г. М. Дослідження впливу агресивного середовища на колірне забарвлення поверхні каменю // Вісник Криворізького національного університету. 2014. № 28.

12. Коробійчук В. В., Жуков С. О., Астахов В. І. Вплив технологічних чинників на якість лицювального каменю // Вісник Криворізького національного університету. 2014. № 28.

13. Sobolevskiy R. et al. A procedure for modeling the deposits of kaolin raw materials based on the comprehensive analysis of quality indicators // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2017. № 3 (3). С. 54–67.

14. Криворучко А. О. та інш. Визначення оптимального напрямку ведення гірничих робіт при видобуванні блоків з природного каменю // Вісник ЖДТУ. 2016. № 3 (78). С. 150–163.

15. Korobiichuk I. et al. Investigation of Leznikovskiy Granite by Ultrasonic Methods //Archives of Mining Sciences. 2018. Т. 63. № 1. С. 75-82.

16. Shamrai V. I., Korobiichuk V. V., Sobolevskiy R. V. Management of waste of stone processing in the framework of Euro integration of Ukraine // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2017. № 2 (80) V. 1. P. 234-239.

УДК 624.1

В.І. Самусь, магістрант, С.М. Стівник к.т.н, доц., в.о. зав., кафедрою геоінженерії ІЕЕ Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського "

КОНСТРУЮВАННЯ СЕГМЕНТГОГО ЕЛЕМЕНТА ІНВЕНТАРНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ СТВОЛІВ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ МІЛКОГО ЗАКЛАДАННЯ

Запропонована інвентарна конструкція вертикальної виробки, що має можливість оперативного монтажу-демонтажу, що передбачає можливість багаторазового використання.

Design of assembled cast hanging of lining, which has the possibility of operative assembly-dismantling, envisages the possibility of reusable use, is proposed.

Створення системи комунікаційних тунелів супроводжується спорудженням великої кількості вертикальних стволів великого діаметру. Відомі технології будівництва передбачають залізобетонну конструкцію, яка безповоротно залишається в масиві після закінчення будівництва стволу.

Для скорочення обсягів гірничих робіт і зменшення вартості будівництва запропонована інвентарна конструкція вертикальної виробки, що має можливість оперативного монтажу-демонтажу, що передбачає можливість багаторазового використання

(рис.1 і 2).

Визначення навантажувальних характеристик кільцевої конструкції, включаючи вертикальну колону, виконано моделюванням процесу навантаження в програмному комплексі " SOLIDWORKS "

Нижче наведені результати досліджень даної конструкції. Методикою передбачено визначення максимальних деформацій, що виникають в окремому елементі конструкції з чавуну. Основні характеристики кріплення:

Табл.1 Загальні характеристики деталі:

Характеристики	Значення
Розмір елемента ШхВ, мм.	1175х900
Вага, кг.	474,5
Об'єм, м ³	0,066
Матеріал	Чавун СЧ25 ГОСТ 1412-85

Деталь виготовлена у вигляді сегментної частини окружності діаметром 10 м з шістьма ребрами жорсткості уздовж вигнутій поверхні і одним ребром - перпендикулярно. У центрі деталь має отвір діаметром 120мм для виконання бурових робіт з метою локального розвантаження елемента від тиску ґрунтового масиву, в також установи домкрата при підйомі колони із секцій при демонтажі.

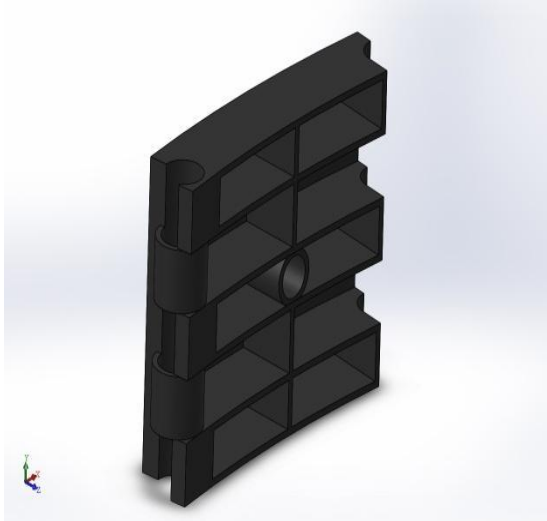


Рис. 1 Загальний вигляд 1

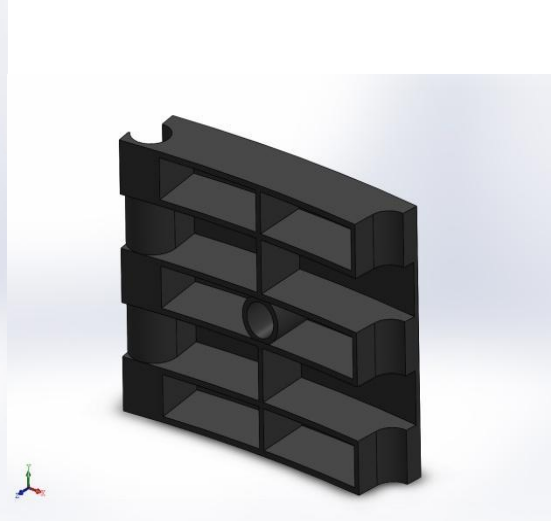


Рис. 2 Загальний вигляд 2

Уздовж одного ребра елемент має вузол кріплення замкнутої форми діаметром 140мм, які слугують направляючими елементами при зануренні кріплення уздовж попередньо забурених обсадних труб. З протилежного боку деталь має три сегментних дугоподібних упора, при замиканні яких відбувається замикання елементів у вигляді кільця і створення жорсткої конструкції. Також по краях деталі виконані опорні поверхні, які перерозподіляють тиск від ґрунтового масиву на інші елементи. Схема закріплення елементів виконана наступним чином: по вертикальних ребрах напрямні труби проходять через кільцеві і дугоподібні вузли шарнірного закріплення (Рис.3), нижня частина деталі спирається на жорстку площину без урахування сил тертя.

Наведена схема дозволяє максимально точно змодельовати роботу окремого елемента кріплення без урахування деформування сусідніх деталей. Розбиття на кінцеві елементи виконані в трикутній формі. Кількість вузлів - 71981, загальна кількість елементів - 38400 (рис.5)

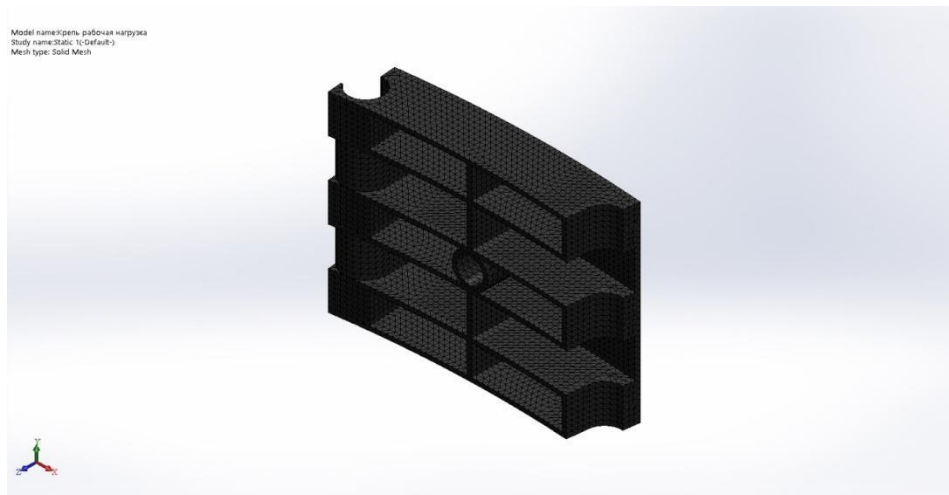


Рис. 3. Розбивка елемента на сітку кінцевих елементів

Сили, що задаються в процесі навантаження обумовлена діаметром стовбура 10 м на глибині залягання 20 м, щільність ґрунтів приймається $2 \text{ т} / \text{м}^3$.

Виходячи з взаємодії сил гравітації в розглянутих вище умовах максимальний тиск на зовнішню поверхню елемента досягає $40 \text{ т} / \text{м}^2$ (рис. 6).

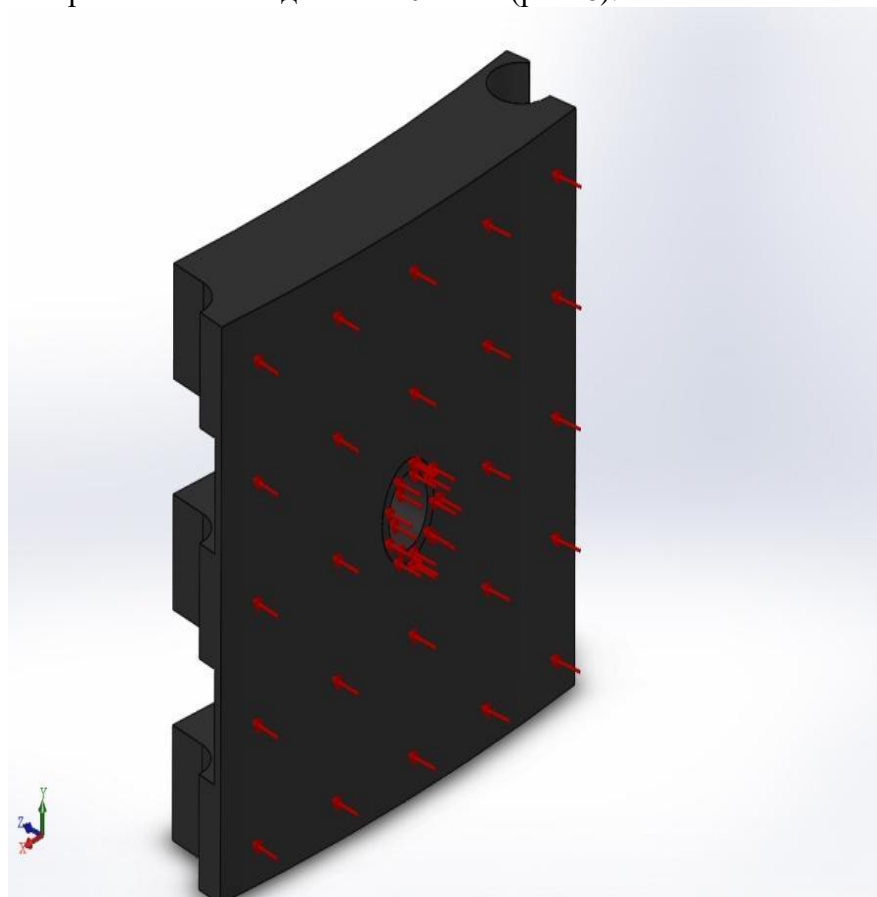


Рис.4 Тиск на стінку кріплення від масиву

Результати розрахунків дозволяють виявити зони максимальних внутрішніх напружень (рис. 5 и рис. 6).

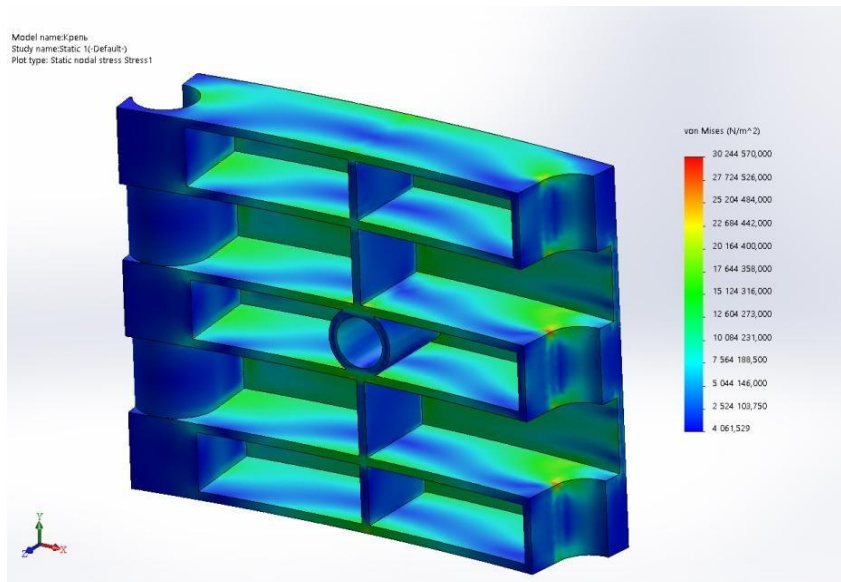


Рис. 5 Загальний вигляд розподілу внутрішніх напружень

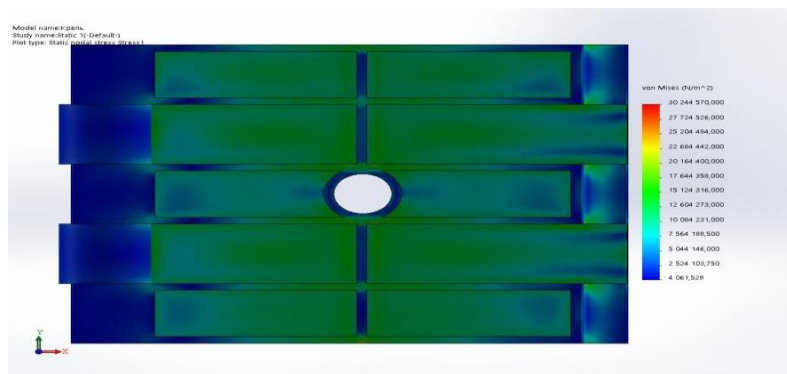


Рис. 6 Фронтальний вид розподілу внутрішніх напружень деталі

Зовнішні навантаження передаються через сегментну поверхню елемента і перерозподіляються в ребра жорсткості (рис. 5, 6 і 7):

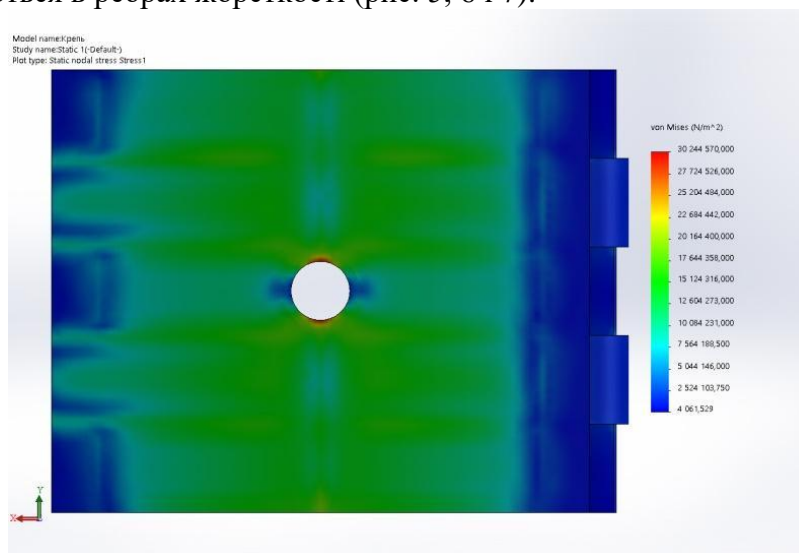


Рис. 7 Внутрішня напруга на зовнішній стороні елемента

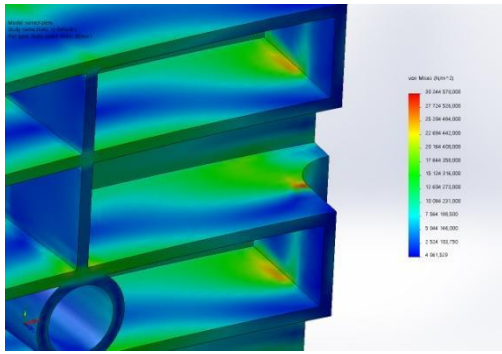


Рис .8. Напруження в ребрах 1

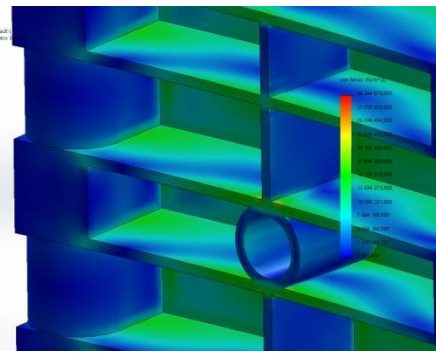


Рис. 9. Напруження в ребрах 2

Отримані епюри розподілу деформацій пропорційні зонам внутрішніх напружень (рис. 8 і 9):

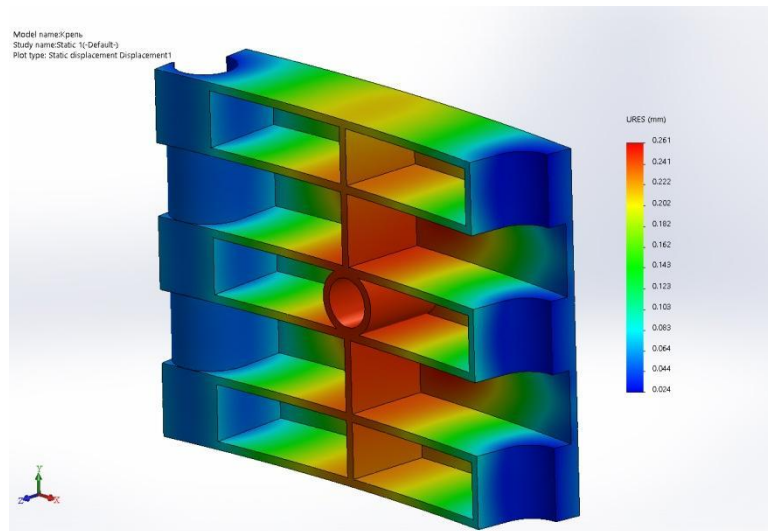


Рис.10 Епюра деформування в ребрах жорсткості

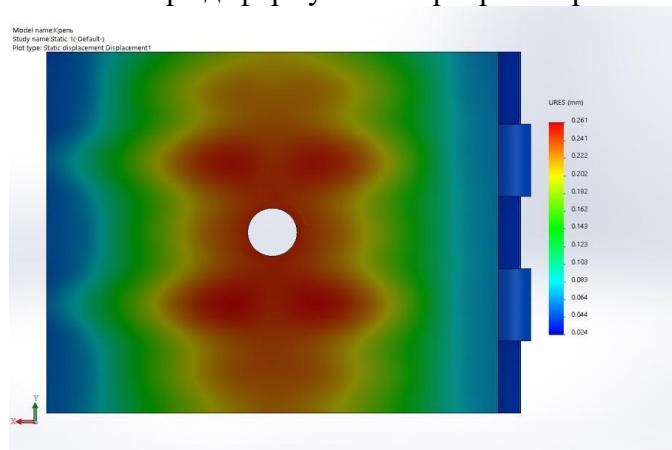


Рис.11 Епюра розподілу деформацій по зовнішній поверхні

Можна відзначити, що максимальні переміщення виникають в центральній частині елемента і загасають у зон шарнірного закріплення (рис. 11).

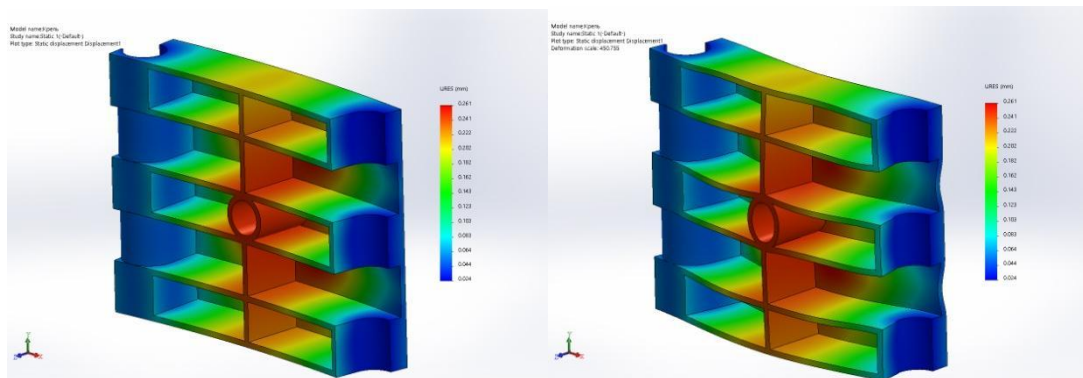


Рис. 12 Розподіл деформації в елементі

У даній статті представлені результати розрахунків для чавунної конструкції. Аналогічні розрахунки були проведені для бетону, сталі і полімерів.

Висновки: запропонований конструктивний елемент витримує задані робочі навантаження (40 т/м^2) при максимальних внутрішніх напруженнях $30244,57 \text{ кН/м}^2$, і максимальної деформації $0,261 \text{ мм}$ із значенням коефіцієнта запасу $K = 7.004$.

Бібліографічний список

1. Olivier de Weck. Finite Element Method / Olivier de Weck. – Massachusetts: massachusetts institute of technology, 2004. – 26 с.
2. Applied Finite Element Analysis – New York: John Wiley & Sons, 1976. – 195 с.
3. І.В. Стеценко. Моделювання систем / І.В. Стеценко. – Черкаси: Черкаське ЦНТЕІ, 2010. – 400 с.
4. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 233 с.
5. Межгосударственный стандарт чугун с пластинчатым графитом для отливок Марки – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1987. – 70 с.

УДК 622.235.2:622.272

Хворост Василь Валерійович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри будівельних геотехнологій, Прилепський Андрій Миколайович, магістрант кафедри будівельних геотехнологій, Криворізький національний університет

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕМУЛЬСІЙНИХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН В ПІДЗЕМНИХ УМОВАХ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ

Мета. Мета даної роботи полягає в проведенні аналізу відбійки гірської породи за допомогою емульсійної вибухової речовини в підземних умовах Криворізького залізрудного басейну в порівнянні з традиційними тротіломісткими вибуховими речовинами. Провести теоретичне обґрунтування доцільності та практичної необхідності переходу на економічні, безпечні і екологічно надійні безтритолові вибухові речовини.

Методи дослідження. Розглянуто аналітичне дослідження ефективності використання емульсійних вибухових речовин для відбійки гірської породи, де виконується обґрунтування його застосування при проведенні гірничо-прохідницьких робіт.

Наукова новизна. Вперше виконано теоретичне, практичне і економічне обґрунтування доцільності переходу від тротіломісткими до емульсійних вибуховими речовинами.

Практична значимість. Завдання складається в знаходженні оптимальних рішень щодо вдосконаленню параметрів буровибухових робіт при проходці горизонтальних виробок для діючих шахт Криворізького басейну, що дозволяють досягнути ряду позитивних змін, які можуть привести до збільшення швидкості проходки, зменшення шкідливих викидів газів, а також до зниження витрат на БВР.

Результати. Визначено, що застосування емульсійної вибухової речовини у якості основного заряду може позитивно позначатися на витратах ВР шляхом їх зменшення. Встановлено, що ЕВР мають меншу кількість виділених шкідливих газів, ніж тротиломісткі ВР після вибуху, це дозволяє скоротити швидкість провітрювання вибою. Подальше вивчення та застосування в шахтах ЕВР дає можливість використовувати ефективну розробку породного масиву. Завдяки удосконаленню критеріїв відпрацювання гірських порід виникає можливість доцільно адаптувати даний спосіб до підземних умов на діючих шахтах Криворізького басейну

Ключові слова: вибухові речовини, горизонтальна виробка, буровибухові роботи.

Objective. Objective of this work is analysis of breaking the rocks with the use of emulsion explosives under the underground conditions of the Kriviy Rig Iron-ore Basin as compared with the traditional trinitrotoluene containing explosives. To perform theoretical justification of reasonability and practical requirement of change-over to the cost-efficient, safe and environmentally sound trinitrotoluene-free explosives.

Research methods. This work considers analytical investigation of efficiency of emulsion explosives utilization for breaking the rocks where justification is performed of its application at conducting the mining operations.

Scientific novelty. For the first time ever, theoretical, practical and economical justification is performed of reasonability of change-over from trinitrotoluene containing explosives to emulsion ones.

Practical importance. The problem involves determination of the optimum solutions with regard to improvement of drilling-and-blasting operations parameters at drifting for the operating mines of the Kriviy Rig Basin thus allowing achievement of a number of improvements, which can result in the drifting rate increase, harmful gas emissions reduction and drilling-and-blasting operations cost cutting.

Results. It is determined that the use of emulsion explosive as primary charge can have positive effect on the explosives consumption due to their reduction. It is found that amount of harmful gas emissions after the explosion is less in case of EE as compared with trinitrotoluene containing explosives, which allows mine face ventilation rate reduction. Further EE study and use in mines enables adoption of efficient rock mass development. Due to the improvement of rock mining criteria, possibility emerges of reasonable adaptation of this method to the underground conditions at the operating mines of the Kriviy Rig Basin.

Keywords: explosives, drift, drilling-and-blasting operations.

Вступ. В даний час проведення гірничих виробок на шахтах Кривбасу проводиться із застосуванням буровибухових робіт (БВР). При будівництві підземних споруд різного призначення в скельних породах буровибуховий метод продовжує залишатися найбільш ефективним і економічним способом руйнування масиву.

Різноманітність областей, де застосовуються вибухові роботи, передбачає використання великої кількості різних за властивостями і умов застосування вибухових речовин і засобів ініціювання. В даний час розроблений і випускається дуже великий асортимент ВР і ЗІ, які постійно оновлюються і вдосконалюються.

На шахтах Кривбасу переважно при проходці горизонтальних підземних споруд використовують тротиломісткі вибухові речовини (ТВР). Традиційний метод хоч і довів ефективність при проходці виробок, проте він має ряд недоліків, таких як: низький

коефіцієнт використання шпура (КВШ); погана якість оконтурювання виробки; виділення великої кількості шкідливих газів; низька водостійкість.

Розглянуті недоліки стали підставою формулювання переходу гірничорудних підприємств на застосування емульсійних вибухових речовин (ЕВР), які по екологічним, економічним і практичним показникам мають перевагу над ТВР [1].

Аналіз літературних джерел. У кінці 2008 р. силами українських підприємств, що входять до групи компаній, пов'язаних з виробництвом ЕВР «Україніт», було розпочато експериментальні роботи по створенню унікальних рецептур компонентів ЕВР для підземного застосування та дослідно-конструкторські роботи по розробці комплексів обладнання для механізованого приготування та заряджання шпурів і свердловин при проходці гірничих виробок і видобутку руд [2].

У березні 2009 р. вперше в історії гірничих робіт України на шахті «Експлуатаційна» ПП у формі ЗАТ «ЗЗРК» (гор. - 940 м), були проведені експериментальні вибухи, які показали хороші результати – високий ступінь дроблення гірської маси (КВШ від 0,9 до 0,95), а також значно меншу загазованість рудникової атмосфери після проведених вибухів. Приймальною комісією відзначено високу продуктивність заряджання ЕВР, підвищений рівень безпеки і механізації вибухових робіт, а також надійність змішувально-зарядного обладнання [2].

Мета роботи. Визначити оцінку можливості, рівня доцільності та ефективності використання емульсійної вибухової речовини в порівнянні з традиційними тротиломісткими вибуховими речовинами.

Матеріали і результати досліджень. Швидкість проведення гірничопрохідницьких робіт на шахтах Кривбасу залишаються на низькому рівні і складають в середньому 40-60м/міс. Одним з напрямків вирішення згаданих завдань є проходка виробок заходками збільшеної глибини. При цьому значно знижується питома вага підготовчих і допоміжних операцій прохідницького циклу, більш повно і раціонально використовується прохідницьке обладнання в часі, значно збільшується КВШ.

В ході дослідження пропонується використовувати ЕВР, а саме Україніт ПП-2, конструкцію зарядів застосовувати з прямим ініціюванням (патрон-бойовик Амоніт №6ЖВ розташований першим від дна шпура), друга частина компонується за стандартним принципом тобто 99% ЕК і 1% ГГД, третя частина перебуває без заряду ЕВР [3].

Порівнявши результати дослідних вибухів для різних типів ВР, КВШ при використанні в якості основного заряду Грамоніт 79/21 становить 0,94, що є більше ніж у разі застосування Україніт ПП-2 – 0,85. Однак при використанні ЕВР довжина шпура становить 2 метри, що порівняно з ТВР на 0,4 метра довше. Отже, для аналізу швидкості проходки, з урахуванням КВШ при використанні різного типу ВР побудовано графік (рис. 1).

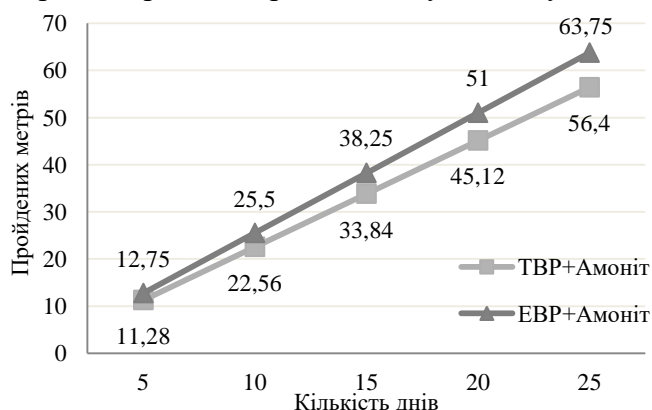


Рис. 1 Швидкість проходки при використанні ЕВР та ТВР

Тож, як можна бачити з рис. 1, за перші п'ять днів можливо підвищити швидкість проходки, за рахунок використання збільшеного комплексу шпурів з ЕВР на 1,47 метра в порівнянні з використанням ТВР і з кожними наступними днями результат швидкості проходки буде нарощуватися.

І як можна помітити після проведених 25 днів роботи, при використанні ЕВР швидкість проходки збільшиться на 7,35 метра, що в процентному співвідношенні складає на 11% більше у порівнянні з традиційною технологією при використанні ТВР.

Наступний етап дослідження полягав у визначенні економічних витрат на вибухові роботи в разі використання ЕВР у порівнянні з ТВР.

Враховуючи, що вартість однієї тони Україніт ПП-2 складає 25480 грн., що значно нижче ніж Грамоніт 79/21 з ціною 41920 грн., були розраховані паспорти БВР для цих типів ВР.

Аналіз дослідження проводився на прикладі споруджуваного штреку горизонту 1390 м, ш. «Родина», ПАТ «КЗРК» з площею перерізу $S_{вч} = 12,65 \text{ м}^2$ та міцністю $f = 10 - 12$ за шкалою проф. М.М. Протодьяконова. Визначення необхідного кількості ВР, дозволило розрахувати вартість руйнування 1 метра виробки як за допомогою Україніт ПП-2 так і Грамоніт 79/21.

При використанні Грамоніт 79/21 та Україніт ПП-2 детонація основного заряду відбувається від патрона-бойовика, який розташований першим в донній частині шпура. Оскільки глибина основного комплексу шпурів не перевищує 1,6 метра, одного патрона-бойовика досить для детонації основного заряду, як при використанні Україніт ПП-2 так і при Грамоніт 79/21. Тому кількість і вартість патрона-бойовика буде однакою для цих типів ВР.

Визначаючи масу основного заряду ВР необхідного для проходки 1 метра, було встановлено, що Україніт ПП-2 необхідно на 13,53 кг більше ніж Грамоніт 79/21. Не дивлячись на це, економічно доцільніше використовувати Україніт ПП-2, це обумовлено меншою вартістю ВР, яка дозволяє нівелювати витрати Україніту ПП-2.

Виходячи з розрахунків було визначено загальну кількість ВР і його вартість для проходки 1 метра при різних типах ВР. На підставі отриманих результатів можна зробити висновки, що спільне використання Україніт ПП-2 і Амоніт №6ЖВ в порівнянні з використанням Грамоніт 79/21 і Амоніту №6ЖВ здешевлює вартість руйнування одного метра виробки на 8%, що в грошовому еквіваленті складе 135,63 грн.

Наступний етап дослідження був розділений на дві частини, у першій паспорт БВР при різних типах ВР розрахований теоретичним методом, у другому прийнятий діючий паспорт БВР з використанням ТВР та порівняний з розрахунковим паспортом ЕВР.

Слід зазначити, що на практиці нижні шпури в паспорті БВР заповнюються лише патронованим ВР, а саме Амоніт №6ЖВ з метою більш потужного підривання контуру виробки. Також це обумовлено скупченням води в підшві вибою, де застосування Грамоніт 79/21 не доцільне, оскільки він не водостійкий. Розрахунки грошових витрат на руйнування одного метра виробки для ЕВР і ГВР у різних випадках наведені на рис. 2.

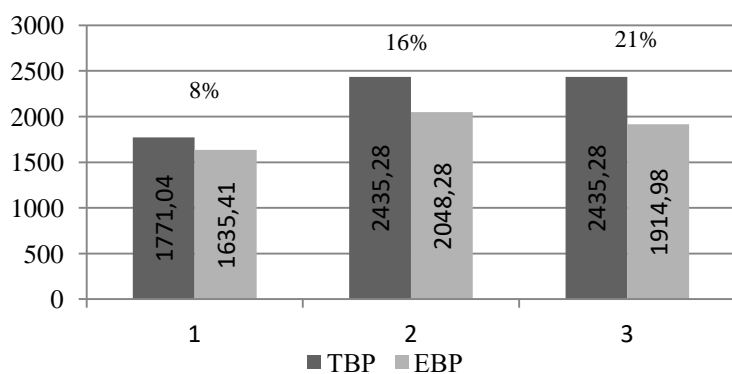


Рис. 2 Вартість руйнування метра виробки

1 – результат теоретичного розрахунку.

2 – результат на основі діючого паспорта БВР.

3 – результат на основі діючого паспорта БВР зі зміненою системою зарядки нижніх шпурів.

Отримавши необхідну кількість Україніт ПП-2 і порівнявши з чинним паспортом БВР з використанням Грамоніт 79/21, результат показав можливість здешевлення вибухові роботи за рахунок використання ЕВР. У випадку залишення у нижніх шпурах патронованого ВР економія досягає 16%, а у разі заповнення їх Україніт ПП-2 – 21 %.

Отримавши фактичну кількість ВР для проведення заходки, видається можливість визначення необхідної кількості повітря, що подається у вибій та визначення фактичного часу провітрювання, яка розраховується за формулою:

$$T = \frac{2.3 \cdot \sqrt[3]{A \cdot S_{вч}^2 \cdot b \cdot L^2 \cdot k_{обв}}}{Q \cdot 60} \quad (1)$$

де A - кількість одночасно підриваємих ВР; кг; S - площа поперечного перерізу вчорні, m^2 ; b - газованість ВР, л/кг; $k_{обв}$ - коефіцієнт враховуючий обводненість виробки; L - довжина провітрюваної виробки, м; Q - кількість повітря, що підводиться до вибою, $m^3/сек$.

Визначивши час провітрювання при використанні Грамоніт 79/21 результат склав 19.3 хвилин, а при використанні Україніт ПП-2 - 17.1 хвилин, це свідчить про можливість незначно скоротити час провітрювання. Показник b - вказує на кількість виділення отруйних газів, для тротиломістких ВР складає 65л/кг, для емульсійних ВР 33л/кг, саме він дозволяє нівелювати показник A , в якому кількість одночасно підриваємих ВР у ЕВР складає більше в порівнянні з ТВР. Україніт-ПП-2 виготовляється з компонентів, які не є вибуховими і токсичними речовинами, тому він не небезпечний для здоров'я людей, а умови транспортування і зберігання його компонентів значно спрощені в порівнянні з іншими застосовуваними ВР

Висновки. Проведений аналіз ВР дозволяє стверджувати, що при використанні ЕВР можливе підвищення швидкості проведення гірничопрохідницьких робіт, за рахунок застосування комплексу шпурів із збільшеною глибиною, у зв'язку з цим раціональність використання прохідницького обладнання виправдовується.

Визначено, що застосування в якості основного заряду для комплексу шпурів Україніт ПП-2 здешевлює проведення вибухових робіт, і може призвести до економічної доцільності. Реалізація запропонованих у роботі заходів удосконалень буропідривних робіт дозволить скоротити витрати на використання ВР від 16 до 21% залежно від розглянутого паспорта БВР.

Також було з'ясовано, що необхідну кількість часу для провітрювання при використанні ЕВР, не більше, ніж у разі застосування ТВВ, навіть незважаючи на те, що кількості ЕВР для руйнування гірської породи більше ніж при ТВВ. Це обумовлено тим, що виділена кількість шкідливих газів у разі використання ЕВР менше ніж при ТВВ.

Подальший розвиток у напрямку удосконалення параметрів БВР має перспективи, оскільки на шахтах Кривбасу існує значне відставання в проведенні гірничокапітальних виробок. Тому необхідність розвитку заходів спрямованих на нарощування темпів будівництва горизонтів є необхідною мірою для умов розвитку гірничорудних підприємств Криворізького басейну.

Бібліографічний список

1. Ступник Н. И. Перспективы использования безтротиловых взрывчатых веществ на рудниках с подземной добычей полезных ископаемых [Електронний ресурс] / Н. И. Ступник, В.А. Калиниченко, М.Б. Федько – Режим доступу до ресурсу: <http://nv.nmu.org.ua/index.php/ru/component/jdownloads/finish/38-01/616-01-2013-stupn>.
2. Зубко С. А. Внедрение смесительно-зарядной и доставочной техники для эмульсионного взрывчатого вещества "Украинит" на горнодобывающих предприятиях Украины / С. А. Зубко, В. В. Русских, А. В. Яворский, Е.А. Яворская // Геотехнічна механіка. - 2013. - Вип. 111. - С. 37-48.
3. Андреев Б. Н. Совершенствование параметров буровзрывных работ при проходке горизонтальных выработок глубокими заходками [Електронний ресурс] / Б. Н. Андреев, С. С. Сергеев – Режим доступу до ресурсу: http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/147041/29_DneprStudConf_2016_134.pdf?sequence=1.
4. Andreev, B. M., Brovko, D. V. and Khvorost, V.V., 2015. Determination of reliability and justification of object parameters on the surface of mines taking into account change-over to the lighter enclosing structures. / B. M. Andreev, D. V. Brovko, V. V. Khvorost / Metallurgical and Mining Industry, 12. pp. 378–382.

С. В. Веремчук, студ., О. В. Хоменчук, к.т.н., доц. - науковий керівник, Житомирський державний технологічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ РОЗМІРІВ ГЛАДКИХ ФІБР ДЛЯ ФІБРОНАБРИЗКБЕТОНУ

Зроблено аналіз найбільш придатної форми фібр для створення вибухостійкого захисного покриття. За допомогою чисельного моделювання, визначено умови при яких армування набризкбетону гладкими фібрами може бути таким же ефективним як і армування гачкуватими фібрами.

An analysis of the most suitable fiber form for an explosion-proof protective coating has been made. With the help of numerical simulation, some conditions were determined, in which the reinforcement of shotcrete with smooth fibers can be as effective as the reinforcement with hooked fibers.

Вступ. Сучасна технологія фібронабризкбетону (ФНБ) використовується з 1970х років і добре зарекомендувала себе при вирішенні широкого спектру геотехнічних задач таких як: возведення обделок тунелів і кріплення підземних гірничих виробок, ремонт і посилення будівельних конструкцій, створення вибухостійких покриттів, забезпечення стійкості бортів кар'єрів, а також відкосів у дорожньому будівництві. Проте, не дивлячись на наведені переваги і високі експлуатаційні характеристики цього матеріалу, його максимальний потенціал досі не розкрито.

Аналіз літературних джерел. Ефективність ФНБ, який дозволяє застосовувати несучу здатність приконтурного масиву, наряду з традиційними видами кріплення підтверджується продуктивністю праці та меншою вартістю [1].

Одним з сучасних напрямків застосування ФНБ є створення вибухостійкого покриття обделок тунелів [2], але як впливає форма та розміри різних фібр на міцність композиту та ударну в'язкість не зовсім зрозуміло.

Ще у 1968 році Райлі та Реддуй стверджували, що переривчасті гладкі фібри можуть додати до міцності цементного композиту не більше 6/7 своєї міцності. Для фібр з великим числом тріщин це співвідношення зменшується до 1/2 [3].

У 1974 Уоллер [4] досліджував безперервні карбонові фібри у цементній пасті, і виявив лінійний зріст модулів міцності на згин та розтягування в залежності від об'ємного вмісту. Модуль міцності композиту на розтягування сягала 300 МПа.

Зі зменшенням діаметру і при постійному об'ємному вмісті фібр значно підвищується міцність композиту, що наглядно продемонстровано при застосування вуглецевих нанотрубок для створення ультра міцного фібробетону [5].

Найпоширеніші на цей час для підземного використання є сталеві гачкуваті фібри діаметром від 0,6 до 1,0 мм, які дозволяють отримати високу міцність контактної зони на зсув, але зі зменшенням діаметру втрачають жорсткість, і, як наслідок, втрачають ефект анкерування. Тому, визначення розмірів гладких фібр, які будуть зміцнювати бетон таким же чином як і гачкуваті фібри, є актуальною задачею.

Мета роботи. Метою роботи є визначення діаметрів і довжин гладких, при яких міцність ФНБ буде максимальною.

Матеріали і результати досліджень. У якості критерію ефективності діаметру та довжини гладких сталевих фібр може виступати міцність на розтягування.

Беручи за основу модель розподілу напружень навколо фібри запропоновану Аутватером [6] і враховуючи питому площу поверхні фібр, міцність цементного композиту на розтягання може бути розрахована за формулою

$$\sigma_p = 2 \cdot \Phi_j \cdot \tau \cdot \frac{l}{d} \cdot V_f + \sigma_m \cdot V_m, \quad (1)$$

де Φ_j – коефіцієнт армування, який враховує довжину та орієнтування фібр у просторі, наявність дефектів і взаємодію фібр між собою; τ – міцність контактної зони на зсув; σ_m і V_m – відповідно межа міцності та об'ємний вміст матриці; l і d – відповідно довжина і діаметр фібр.

Для врахування обох механізмів роботи композита – без та з висмикуванням фібр, розрахунок виконувався згідно алгоритму наведеного на рис. 1.

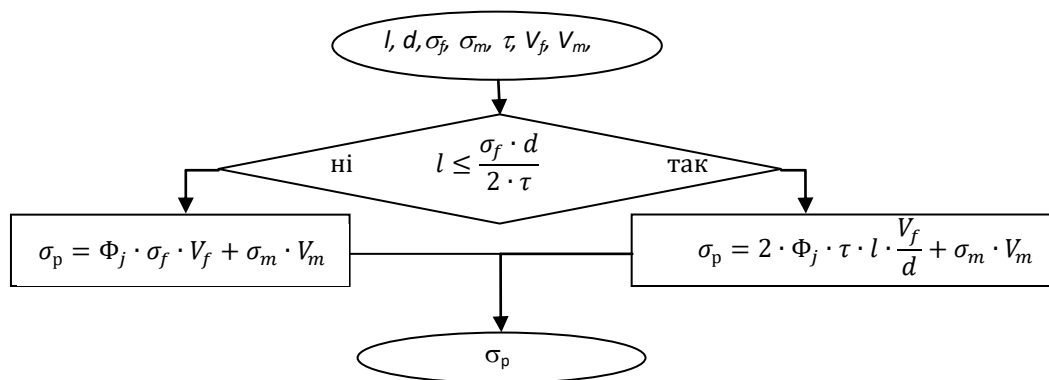


Рис. 1. Блок-схема для розрахунку міцності композиту на розтягання

Для розрахунку використовувались аналогічні значення міцності контактної зони на зсув, міцності на розтягання бетону, що сам ущільнюється, і для фібр відповідно - 1,78 МПа, 49 МПа і 1050 МПа, а також об'ємний вміст фібр $V_f = 0,05$ та коефіцієнт армування $\Phi_j = 0,33$.

Рис. 2 показує як міцність композиту на розтягання змінюється в залежності від діаметру гладких фібр з найбільш придатною для набризкування довжиною, яка обмежується діаметром сопла рівним 50...60 мм. Для запобігання утворення пробок у матеріальному трубопроводі, відповідна максимальна довжина фібр не може перевищувати 60 % діаметра сопла і може коливатися від 30 до 40 мм. Як видно з рис. 2, висмикування фібр припиняється, коли діаметр фібр менше 0,1 мм.

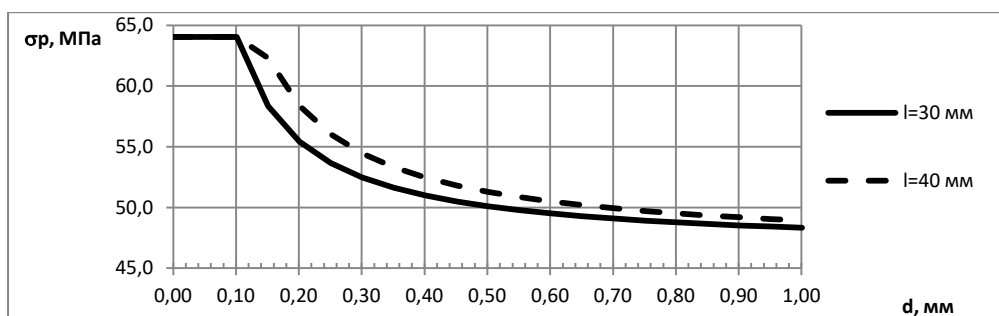


Рис. 2. Міцність бетону що сам ущільнюється на розтягання в залежності від діаметра сталевих гладких фібр довжиною 6, 30 і 40 мм

Висновки. Зростання питомої площі поверхні фібр веде до зростання тертя, і, як наслідок, міцності на розтягання та ударної в'язкості. Для досягнення максимального ефекту

армування ФНБ, діаметр гладких фібр повинен бути менше 0,1 мм. Це дозволить уникнути висмикування фібр під час навантаження.

Бібліографічний список

1. Березюк Р.М. Застосування полегшених типів кріплення для забезпечення стійкості підготовчих виробок. / Березюк Р.М., Хоменчук О.В. / Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів. Зб. тез. – Житомир: ЖДТУ, 2016. – С. 40-45.
2. Bernard, E.S., Clements, M.J.K., Duffield, S.B., and Morgan, D.R. 2014. Development of macro synthetic fiber reinforced shotcrete in Australia. 7th International Symposium on Sprayed Concrete – Modern Use of Wet Mix Sprayed Concrete for Underground Support – Sandefjord, Norway, 16-19 June.
3. V. R. Riley, J. L. Reddaway. Tensile strength and failure mechanics of fibre composites. Journal of Materials Science, Springer, 1968, 3(1), pp 41–46.
4. J.A. Waller, Carbon Fibre Cement Composites, American Concrete Institute, SP-44, pp. 143-161 (1974).
5. Wille, K. Nanoengineering ultra-high-performance concrete with multiwalled carbon nanotubes / K. Wille, K. Loh // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. – 2010. – №2142. – p.119-126.
6. Outwater J. O. The mechanics of plastics reinforcement in tension / J. O. Outwater // Mod. Plast. – 1956. – Vol. 33, N7. – P. 156-248. 2.
7. Мілевич В.М., Бакка М.Т. Практикум з технології розробки родовищ корисних копалин підземним способом. – Житомир: ЖДТУ, 2004. – 243 с.

УДК 679.8.02

Коробійчук В.В., к.т.н., доц., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, Сідоров О.М. аспірант, Заруцький С.О., аспірант, Малий В.В., магістр, Житомирський державний технологічний університет

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ДЕКОРАТИВНІ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАБРАДОРИТУ

Встановлено закономірності зміни декоративних властивостей готової продукції з природного облицювального каменю на основі термообробки лабрадориту. На основі отриманих даних можливо попередньо встановити, який лабрадорит втратить декоративність та міцнісні характеристики

Природний камінь широко використовується у всіх сферах нашого життя. Загальні властивості природного каменю відомі, для спорудження будівель, мостів і тунелів. Відомо, що вогонь та висока температура шкідливо впливає на структуру облицювального каменю та на його фізичні властивості. Багато вчених [1–18] присвятили свої праці з впливу високої температури на фізико-механічні властивості різноманітних будівельних матеріалів. Переважна більшість експериментів були проведені при температурі до 1000 °С. У даній роботі було досліджено вплив термічної обробки на фізико-механічні властивості лабрадориту. Експериментально досліджувались зразки з п'яти різних родовищ лабрадориту, з метою вивчити вплив температури на естетичний вигляд та довговічність каменю. Зразки були нагріті в діапазоні пікових температур від 20 °С до 900 °С при атмосферному тиску. Були зроблені вимірювання блиску (рис. 3) та швидкості розповсюдження ультразвукових хвиль (рис. 2). Дане дослідження підтвердило значний вплив температури на фізичні властивості і наочно показує різницю фізико-механічних та хімічних властивостей лабрадориту з різних родовищ.

Зразки нагрівалися до 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 °С, а потім охолоджувалися до кімнатної температури для фіксування отриманих ушкоджень (рис. 1). При нагріванні матеріалу до 200 °С змін не спостерігалось, а вже з 300 °С на зразках під № 2 і 3 відбулися перші зміни на полірованій поверхні каменю. При 400 °С зразок під №1 помутнів, зразок № 3 втратив свою іризацію, а на 5-му видозмінився ільмінит. При відмітці 500 °С спостерігаємо краще виражений блиск та тріщинуватість, зразок № 1 майже не змінився, на зразках 2, 3, 5 з'явився блиск від ільмініту.



Рис. 1. Вигляд зразків лабрадориту

Після нагріву до температури в 600 °С іризація лабрадориту спостерігається на зразках № 3 та 5. Найменше виділилося рудних темних мінералів на зразку № 1. З рис. 2 видно, що на всіх зразках відбувається зниження блиску.

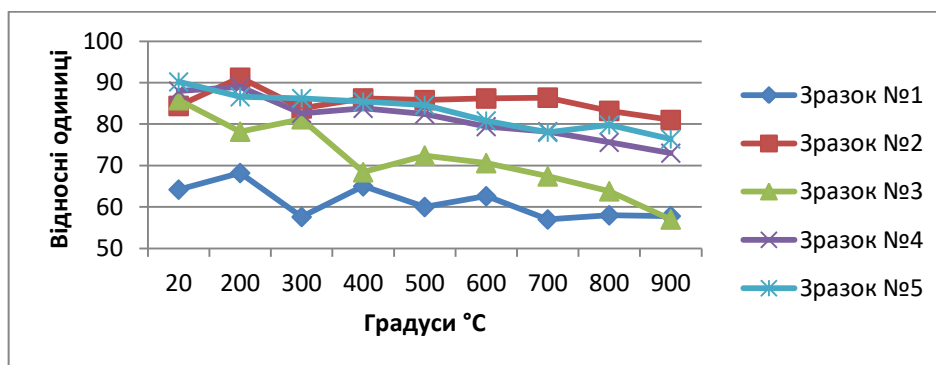


Рис. 2. Зміна блиску в залежності від температури. зразок № 1 – Очеретянське; зразок № 2 – Невирівське; зразок № 3 – Осниківське; зразок № 4 – Очеретянське І; зразок № 5 – Катеринівське

Для того, щоб дані максимально відповідали дійсності, за допомогою блискоміра, було зроблено п'ять вимірів, які усереднили і занесли до графіку. Оцінивши наші результати, стало відомо, що зразок № 1 втратив 6,4 в. о., зразок № 2 втратив 3,1 в. о., № 3 втратив 28,8 в. о. № 4 втратив 15 в. о. і № 5 втратив 13,8 в. о. це зображено на рис. 3.

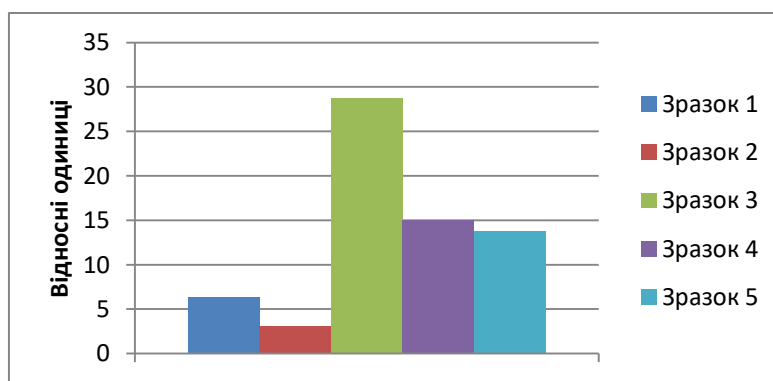


Рис. 3. Результати втрати блиску при нагріванні до 900 °С. зразок № 1 – Очеретянське; зразок № 2 – Невирівське; зразок № 3 – Осниківське; зразок № 4 – Очеретянське І; зразок № 5 – Катеринівське

Вимір швидкості розповсюдження, ультразвукових хвиль, дало змогу оцінити ступінь пошкодження зразків. Для цього було використано ультразвуковий тестер Pulsar 1.2, котрий мав ручку з базою 120 мм. Було виконано два виміри, які були усереднені та занесені до рис. 4.

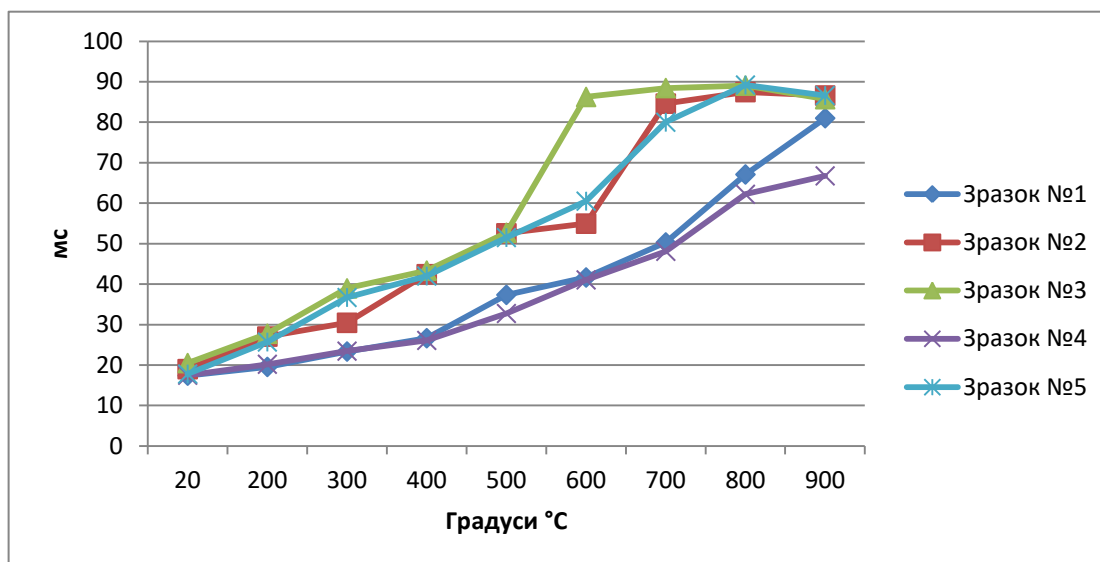


Рис. 4. Швидкість розповсюдження ультразвукових хвиль. зразок № 1 – Очеретянське; зразок № 2 – Невирівське; зразок № 3 – Осниківське; зразок № 4 – Очеретянське І; зразок № 5 – Катеринівське

Висновки. Дослідження характеру руйнування окремих мінералів не дозволить отримати абсолютно точне уявлення про механізм корозії декоративного каменю, так як на руйнування одного мінералу впливає корозія інших мінералів, тобто взаємодія проявляється не тільки на іонному і молекулярному, але і на мінеральному рівні.

Лабрадорит з Невирівського родовища (зразок № 2) продемонстрував найкращий результат впримірі блиску, втративши лише 3,1 в. о.; в той час як лабрадорит Осниківського родовища (зразок № 3) втратив 28,8 в. о. і є найгіршим результатом. При вимірі швидкості розповсюдження ультразвукових хвиль, зразки № 1 та 4, продемонстрували високу стійкість до терморуйнування.

Бібліографічний список

1. Коробійчук В.В. Проблеми і завдання акустичного контролю будівельних конструкцій з природного каменю / В.В. Коробійчук // Тези XXXVI-ої науково-практичної міжвузівської конференції, присвяченої Дню науки, 12-13 травня 2011 року: в 2-х т. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – Т. 1. – С. 152–153.
2. Камських О.В. Дослідження впливу атмосферних факторів на руйнування каменю оздоблення будівель / О.В. Камських, В.В. Котенко, Р.В. Соболевський, В.В. Коробійчук // "Проблема старіння будівель та шляхи її вирішення". Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Кривий Ріг: Видавничий центр ДВНЗ "КНУ", 2013. – С. 158–164.
3. Шамрай В.І. Вплив фактурної обробки природного каменю на його декоративність / В.І. Шамрай, Коробійчук В.В. // Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та особливості видобутку, обробки і використання природного каміння». – 23 жовтня 2014 року. – Київ. – С. 53–55.

4. Коробійчук В.В. Исследование гранита (Лезниковское месторождение – MAPLE RED) ультразвуковым методом с целью установления взаимосвязи между прочностными и звуковыми характеристиками / В.В. Коробійчук, Л.В. Шайдецька // Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та особливості видобутку, обробки і використання природного каменіння». – 26 листопада 2015. – Київ. – С. 15–16.
5. Korobiichuk V.V. Study of ultrasonic characteristics of Ukrainian red granites at low temperatures / V.V. Korobiichuk // Systems, Control and Information Technology, Book of abstracts. – Warsaw. – 2016,– P. 33.
6. Коробійчук В.В. Декоративність та управління якістю лицувального каменю / В.В. Коробійчук, О.В. Камських, А.О. Криворучко // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Розвиток промисловості та суспільства". 2016. – Кривий Ріг. – С. 52.
7. Korobiichuk Peculiarities of natural stone extraction technology with the help of diamond wire machines. [Text] / I. Korobiichuk, V. Korobiichuk. S. Iskov, M. Nowicki, R. Szewczyk // 16 th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Book 1. – 2016. – Volume II. – P. 649–657.
8. Sobolevskiy R. Exploring the efficiency of applying fractal analysis for the process of decorative stone quality control / R. Sobolevskiy, V. Korobiichuk, S. Iskov, I. Pavliuk, A. Kryvoruchko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – 6/3 (84). – P. 32-40.
9. Sobolevskiy R. Cluster analysis of fracturing in the deposits of decorative stone for the optimization of the process of quality control of block raw material // R. Sobolevskiy, N. Zuiavska, V. Korobiichuk, O. Tolkach, V. Kotenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Issue 5/3 (83). – P. 21–29.
10. Korobiyuchuk V. et al. Weakening of rock strength under the action of cyclic dynamic loads // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. V. 2. № 5 (92). P. 20–25.
11. Korobiichuk V., Shamrai V., Iziunova O., Tolkach O., Sobolevskiy R. Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. 4/5 (82). P. 52–57.
12. Korobiichuk I., Korobiichuk V., Nowicki M., Shamrai V., Skyba G., Szewczyk R. The study of corrosion resistance of Pokostivskiy granodiorites after processing by various chemical and mechanical methods // Construction and Building Materials. 2016. Volume 114. P. 241–247.
13. Коробійчук В. В., Коробійчук І. В., Ломаков Г. М. Дослідження впливу агресивного середовища на колірне забарвлення поверхні каменю // Вісник Криворізького національного університету. 2014. №. 28.
14. Коробійчук В. В., Жуков С. О., Астахов В. І. Вплив технологічних чинників на якість лицувального каменю // Вісник Криворізького національного університету. 2014. №. 28.
15. Sobolevskiy R. et al. A procedure for modeling the deposits of kaolin raw materials based on the comprehensive analysis of quality indicators // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2017. №. 3 (3). С. 54–67.
16. Криворучко А. О. та інш. Визначення оптимального напрямку ведення гірничих робіт при видобуванні блоків з природного каменю // Вісник ЖДТУ. 2016. № 3 (78). С. 150–163.
17. Korobiichuk I. et al. Investigation of Leznikovskiy Granite by Ultrasonic Methods //Archives of Mining Sciences. 2018. Т. 63. №. 1. С. 75-82.
18. Shamrai V. I., Korobiichuk V. V., Sobolevskiy R. V. Management of waste of stone processing in the framework of Euro integration of Ukraine //Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2017. №. 2 (80) V. 1. P. 234-239.

УДК 679.8.02

Федорченко Д., студент 4-го курсу, гр. РР-41, Шамрай В.І., к.т.н., ст. викл., Житомирський державний технологічний університет

ВПЛИВ МЕХАНІЧНОЇ ТА ХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ ПОВЕРХНІ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ НА ЙОГО ДЕКОРАТИВНІ ПОКАЗНИКИ

Визначено декоративні показники поверхонь природного облицювального каменю оброблених механічними та хімічними методами. Визначено вплив хімічної обробки на декоративні показники різних видів природного облицювального каменю в залежності від його мінералогічного складу.

Вступ. Природний камінь ще з давніх часів і досі являється одним із основних матеріалів в будівництві. Практично всі види споруд, фасади вулиць, пам'ятники минулих століть і теперішнього часу створені із застосуванням природного каменю.

Багато видів природного каменю розкривають красу і неповторність кольору і фактури, але щоб цього досягти потрібно прикласти зусилля в їх обробці. Для полірування поверхні природного каменю переважно використовують механічні способи. В якості робочого інструменту використовують алмазні порошки або абразивний матеріал у зв'язці.

За допомогою хімічних способів можливо збільшити продуктивність обробки каменю, зменшити вартість продукції, що випускається та покращити її якість.

Відомо, що з різних родовищ, або навіть в одному родовищі але на різних його ділянках, сировина, яку видобувають, відрізняється. Цей фактор пов'язаний з мінеральним складом у породі, процесом її утворення, ерозії, та інших чинників. Це впливає на колір, блиск, та фізичні властивості породи, тому, для оцінки ефективності обробки каменю механічним та хімічним способами потрібно визначити взаємодію хімічних засобів зі породоутворюючими мінералами природного каменю.

Аналіз літературних джерел. В роботах [1-3, 7] було вивчено вплив хімічної та механічної обробки природного облицювального каменю на його світлість та блиск на прикладі Покостівського гранодіориту. Також, в цих роботах вирішено питання керування світлістю природного каменю, оскільки при облицюванні споруд природним каменем можуть спостерігатися відмінності у кольоровому тоні різних плиток, що спричинене мінералогічним та хімічним складом каменю. Цю проблему вирішено як при обробці каменю, шляхом використання різних методів хімічної та механічної обробки, так і при його видобуванні (за допомогою розділення ділянок родовища за структурними показниками), оскільки необроблений Покостівський гранодіорит не можливо класифікувати за світлістю візуально [2]. Окрім цього, на світлість та блиск впливають й чинники навколишнього середовища, які були розглянуті в роботі [3, 12, 13].

Аналіз літературних джерел показує, що багато робіт присвячено вивченню структурних та декоративних показників Покостівського гранодіориту. Для дослідження впливу хімічної обробки варто розглянути й інші породи, мінералогічний склад, яких відрізняється.

Метою роботи є визначення впливу механічних та хімічних способів обробки поверхні природного каменю на його декоративні показники.

Для досягнення мети було поставлено наступні задачі:

— Оцінити ефективність обробки природного облицювального каменю механічним способом;

— Оцінити ефективність обробки природного облицювального каменю хімічним способом.

Матеріали та результати дослідження. Для визначення впливу зміни декоративності природного облицювального каменю під час обробки хімічними та механічними способами було використано 35 зразків природного каменю, мінеральний склад яких показано в таблиці 1.

Таблиця 1

Мінералогічний склад використовуваних видів природного облицювального каменю

Вид каменю (торгова марка)	Вміст мінералу, %					
	Мікроклін	Плагіоклаз	Кварц	Біотит	Піроксен	Інші
Покостівський гранодіорит (Gray Ukraine)	15-30	35-55	10-25	5-15	-	1
Буківське габро (Galant)	2-9	57-72	5	3	25-32	0-14
Головинський лабрадорит (Black Sea)	3	85	7	1	3	1
Межиріцький граніт (Rosso Pink)	60	20	15	5	-	1
Капустинський граніт (Rosso Santiago)	50	24	18	7	-	1
Жадківський граніт (Rosa Raveno)	60	20	15	5	-	-
Лезніківський граніт (Ukrainian Red)	80	-	15	5	-	-

Для механічної обробки, в якості алмазного інструменту використовувались фікертти з номерами та зернистістю, які показані в табл. 2. Також показана кількість проходжень цими номерами. Така схема використання алмазного інструменту дозволяє отримати якісну поверхню каменю і забезпечити її граничний блиск.

Таблиця 2

Характеристика використовуваного алмазного інструменту

Кількість проходжень	Номери інструменту	Зернистість, мкм
	№ 00 (алмазний)	710/600
1	№ 24	500/400
1	№ 240	200/160
4	№ 400	80/63
2	№ 600	60/40
2	№ 800	40/28
2	№ 1200	28/20
2	№ 1500	20/14
2	№ 2000	10/7
2	№ 3000	5/3
1	Полірувальний	1/0

При хімічній обробці використовувалися хімічні просочувальні засоби:

Засіб №1 – засіб для імпрегнації, на основі лаку, який надає поверхні ефект мокрого каменю та застосовується для обробки поверхні всіх видів природного каменю для захисту від вологи, масла, жиру і посилення кольору (pH=5,36);

Засіб №2 – кристалізатор червоного кольору, на основі розчину силікатів з червоними пігментами для виробів з натурального каменю (червоних відтінків). Використовується з метою насичення кольору, підкреслення текстури та збільшення блиску каменю (pH = 7,45);

Засіб №3 – кристалізатор чорного кольору, для виробів з натурального каменю (чорних відтінків) таких як: граніт, габро, лабрадорит. Засіб глибоко проникає і закриває пори, мікротріщини, захищаючи камінь від руйнування. Підсилює і насичує колір каменю та надає каменю делікатний блиск (pH = 9,12);

Засіб №4 – прозорий кристалізатор на основі розчину силікатів з воском, що застосовується для поліпшення блиску і насиченості кольору всіх видів природного облицювального каменю (pH = 3,98).

В діаграмах які наведені нижче показано один із прикладів наукового дослідження який стосується саме блиску каменю.

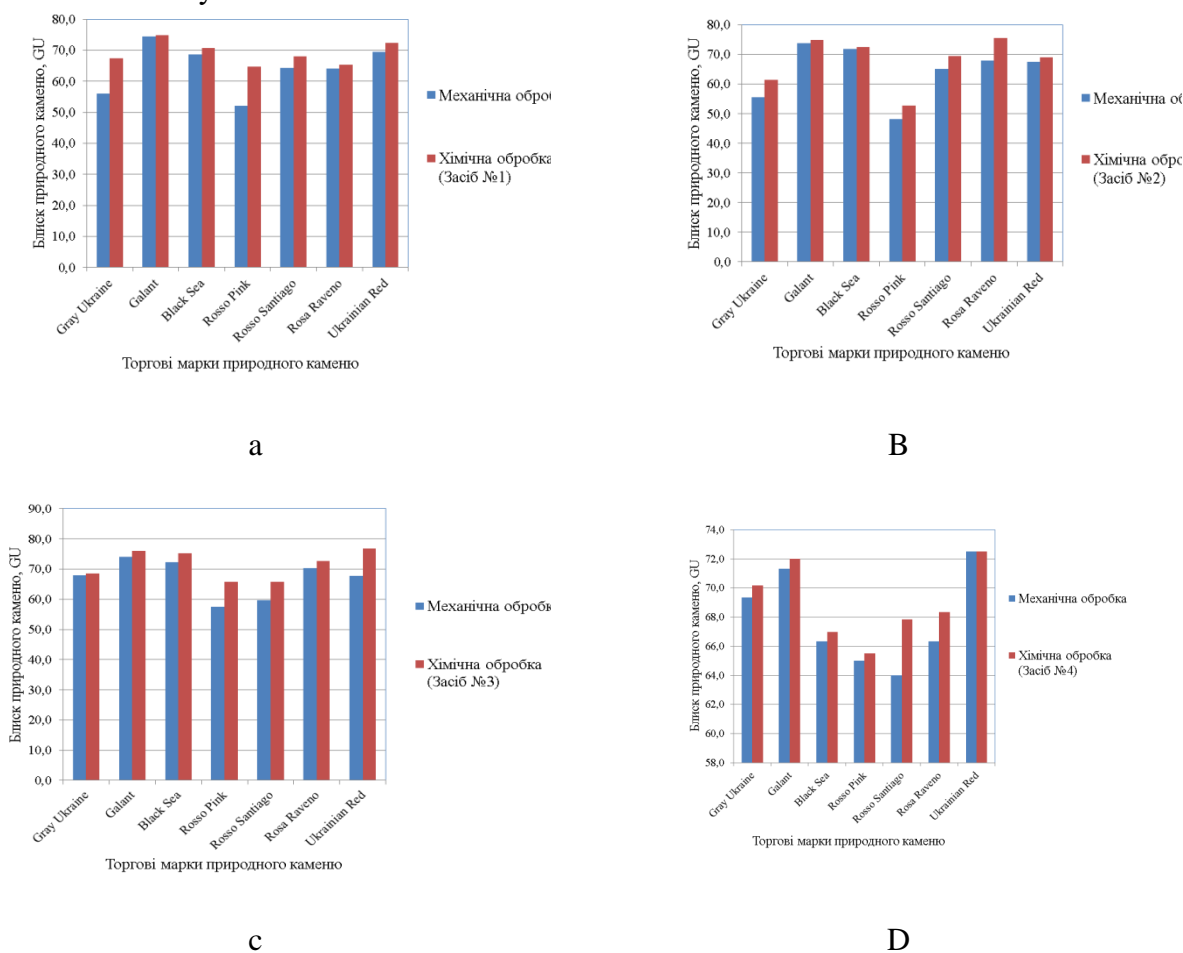


Рис. 3. Діаграми зміни середніх значень блиску після обробки хімічними просочувальними засобами: а – (засіб №1), б – (засіб №2), в – (засіб №3), г – (засіб №4).

Висновок. З діаграм видно, що кожен із хімічних засобів по різному впливає на декоративні показники поверхні природного каменю, в залежності від його мінерального складу. Так засіб 1 взаємодіє з мінералами кварциту, засіб 2 взаємодіє з мінералами біотиту, засіб 3 взаємодіє з мінералами мікрокліну, засіб 4 взаємодіє з мінералами плагіоклазу.

Бібліографічний список

1. Шамрай, В. І. Управління декоративними властивостями гірських порід на основі фактурної обробки [Текст] / В. І. Шамрай // дисертація канд. тех. наук. - 2017.
2. Korobiichuk, V. Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing / V. Korobiichuk, V. Shamrai, O. Iziumova, O. Tolkach, R. Sobolevskiy // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, – 2016. – Vol. 4 (5). – с. 52-57.
3. Korobiichuk, I. The study of corrosion resistance of Pokostivskiy granodiorites after processing by various chemical and mechanical methods [Text] / I. Korobiichuk, V. Korobiychuk, M. Nowicki, V. Shamrai, G. Skyba, R. Szewczyk // Construction & Building Materials – 2016. – Vol. 114. – p. 241-247. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.147
4. Korobiichuk V. Study of Ultrasonic Characteristics of Ukraine Red Granites at Low Temperatures // International Conference on Systems, Control and Information Technologies 2016. Springer International Publishing. 2016. С. 653–658.
5. Levytskyi V., Sobolevskiy R., Korobiichuk V. The optimization of technological mining parameters in quarry for dimension stone blocks quality improvement based on photogrammetric techniques of measurement // Rudarsko-geološko-naftni zbornik. 2018. Т. 33. № 2. С. 83–90.
6. Криворучко А.О., Коробійчук В.В., Подчашинський Ю.О., Ремезова О.О. Застосування інформаційно-коп'ютерних технологій для дослідження гірничо-екологічних особливостей родовищ рудних і нерудних корисних копалин // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2007. № 1 (40). С. 186–195
7. Shamrai V., Korobiychuk V. Influence of grinding-polishing of natural stone on its shine and lightness shades // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2014. Т. 5. № 5. С. 71.
8. Sobolevskiy R., Korobiichuk V., Iskov S., Pavliuk I., Kryvoruchko A. Exploring the efficiency of applying fractal analysis for the process of decorative stone quality control // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Vol. 6 / 3 (84). P. 32–40.
9. Закусило Р.В., Кравець В.Г., Коробійчук В.В. Засоби ініціювання промислових зарядів вибухових речовин: монографія/Житомир: ЖДТУ, 2011. 212 с.
10. Кравець В.Г. Фізичні процеси прикладної геодинаміки вибуху : монографія / В.Г. Кравець, В.В. Коробійчук, В.В. Бойко. – Житомир : ЖДТУ, 2015. – 408 с.
11. Sobolevskiy R., Zuievska N., Korobiichuk V., Tolkach O., Kotenko V. Cluster analysis of fracturing in the deposits of decorative stone for the optimization of the process of quality control of block raw material // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. 5/3 (83). P. 21–29.
12. Коробійчук В. В., Коробійчук І. В., Ломаков Г. М. Дослідження впливу агресивного середовища на колірне забарвлення поверхні каменю // Вісник Криворізького національного університету. 2014. № 28.
13. Коробійчук В. В., Жуков С. О., Астахов В. І. Вплив технологічних чинників на якість лицувального каменю // Вісник Криворізького національного університету. 2014. № 28.

УДК 330.341.1: 681.518:55

JEL classification: O32

Шевчук Н.А., к.т.н., доцент кафедри економіки і підприємництва, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВПРОВАДЖЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СТАРТАПІВ В ГІРНИЦТВІ

Вступ. На сьогоднішній день актуальнішим стає розробка та впровадження інноваційних рішень. Інноваційні розробки є ефективним засобом подолання економічної кризи, роз-

витку ринку нових технологій, виготовлення конкурентоспроможної продукції та виходу на світовий ринок. Впровадження інноваційних проектів у розвинутих країнах світу, свідчить про те, що розвиток малого бізнесу і реалізація стартап проектів є рушійною силою інноваційного підприємництва та досягнення стратегічних цілей. Завдяки реалізації стартапів змінюються технології, підвищується ефективність, конкурентоспроможність та впроваджуються нові види продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема дослідження питання розробки та впровадження стартапів знаходиться і центрі уваги економістів та інженерів. Дослідженням розробки та реалізації стартапів займалися Дж. Маллінс, Н.Робемед, І. Пеер, І. Малюкова, О. Струтинський, А.Ю.Ковльова, М.Р. Барабаш, В.С. Пікуль, П.Тиль, В. Харниш, С. Екланд та інші.

Мета. Метою дослідження є підвищення економічної ефективності процесу впровадження стартап проектів в гірництві.

Виклад основного матеріалу. Розробка стартап проекту починається з створення бізнес-моделі комерціалізації науково-технічних розробок. Побудова конкурентної бізнес-моделі ідеї чи технології є ефективним інструментом вирішення поставлених у роботі задач, представляє структуру найважливіших елементів бізнес-проекту, є джерелом інноваційних ідей і підходів, які можуть бути застосовані в унікальному поєднанні компонентів.

Таблиця 1.

Структура бізнес моделі

Ключові партнери 1.Регіональне сервісне обслуговування 2.Постачальники складових.	Ключові види діяльності 1.Виробництво 2.Реалізація 3.Програмне забезпечення 4.надання консалтингових послуг і навчання персоналу 5.Сертифікація	Цінна пропозиція 1.споживацький сегмент 2. цінність пропозиції 3.супер сервіс	Взаємовідносини з клієнтами 1.проведення торгівельних семінарів 2.демонстрування можливостей 3.після продажний сервіс	Споживацькі сегменти 1. Особливий споживацький сегмент: вугледобувні підприємства, метробуд, організації підземного виробництва
	Ключові ресурси 1.Матеріальні (оренда приміщення, комп'ютери, складальний цех) 2.Інтелектуальні ресурси (патенти та ліцензії на виробництво і використання) 3.Людські ресурси (висококваліфіковані працівники) 4.Фінансові ресурси (Власні кошти та залучені інвестиції)		Канали збуту 1.Прямий продаж, реклама в журналах гірничої справи, написання рекламних статей, отримання грантів.	
Структура собівартості 1.Витрати разові (капітальні). 2.Витрати постійні: оренда приміщення, оплата електроенергії, заробітна плата, зв'язок 3.Витрати змінні: матеріали, привод, кабель,			Потоки надходження доходу 1.Активний продаж 2.сервісне обслуговування 3.лізінг 4.оренда	

Впровадження та реалізація стартап проекту є комплексним процесом, який включає:

- залучення державних українських інвестицій;
- для сприяння розвитку інноваційного підприємництва розробка законопроектів;
- надання можливостей участі українських стартаперів в міжнародних програмах;
- залучення вітчизняних та закордонних інвесторів.

Висновки. На сьогоднішній день розробка та впровадження стартап проектів потребує більшої уваги з боку держави. Молоді українські компанії часто звертаються до іноземних інвесторів, які допомагають реалізувати проекти.

Було запропоновано типову структуру бізнес моделі стартап проекту для гірничих підприємств.

Необхідно впроваджувати і підтримувати державою функціонування стартап проектів в Україні, створювати необхідні умови для реалізації на внутрішньому ринку та визнання вагомості інноваційних технологій для успішного розвитку гірничих підприємств.

Бібліографічний список

1. Що таке стартап? 2017 [online] (останнє оновлення вересень 2017) Доступно: <https://biznesua.com.ua/shho-take-startap> [Дата звернення 25.04.2018].
2. С.П. Денисюк, С.В. Зайченко, О.О. Вовк, Н.А. Шевчук, О.В. Данілін. 2017. Засади створення мобільної системи геотехнічного моніторингу екземптованих територій. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. № 2 с. 7-12.
3. С.В. Зайченко, В.Л. Шальченко, Н.А. Шевчук, В.В. Вапнічна 2017 Разработка геомехатронного комплекса для геотехнического мониторинга контура горной выработки. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. №3(9). С. 19–25.
4. Закон України «Про інститути спільного інвестування, 2017 [online] (останнє оновлення листопад 2017). Доступно: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/main/5080-17> [Дата звернення 26.04.2018].
5. Прибуткове інвестування. Види стартапів, 2017[online] (останнє оновлення жовтень 2017) Доступно: <http://invest-program.com.ua> [Дата звернення 25.04.2018].
6. Sikorskychallenge, 2018 [online] (останнє оновлення березень 2018) Доступно: <https://www.sikorskychallenge.com> [Дата звернення 29.04.2018].

УДК: 338.32.053.4

*Шевчук Н.А., к.т.н., доцент кафедри економіки і підприємництва,
Остапчук В.О., Студент 4 курсу ФММ Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

ПІДВИЩЕННЯ ПРИБУТКУ ПІДПРИЄМСТВА ШЛЯХОМ ВВЕДЕННЯ СИСТЕМИ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Вступ. У господарській практиці підприємств на сучасному етапі розвитку економічних систем, який характеризується труднощами подолання наслідків кризових явищ, актуальним питанням є пошук шляхів та аналіз факторів збільшення рентабельності виробництва продукції. Використання отриманої інформації дозволить суб'єктам господарювання долати труднощі, забезпечувати ефективне функціонування та стійку конкурентну позицію на ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми фінансового аналізу, прогнозування, планування фінансових результатів, а також визначення резервів підвищення прибутковості розглядаються в роботах В. Меца, М.А. Болюха, Н. О. Власової та ін.

Дослідженням сутності, природи виникнення прибутку, параметрів оцінки та шляхів його підвищення присвячені роботи зарубіжних та українських вчених-економістів: Р. Коха, О.С. Філімоненко, А.Д. Шеремета, А.М. Поддєрьогіна, С.Ф. Покропивного та ін.

Мета. Метою дослідження є зростання прибутковості продукції підприємства.

При використанні рекуперації, як допоміжного джерела для зниження експлуатаційних витрат, відбувається економія енергії.

Принцип рекуперації тепла полягає в передачі теплового ефекту стиснення в теплоносії, а потім доставка теплоносія туди, де можна використовувати рекупероване тепло. У середині компресора, тепло, вироблене стисненням повітря, поглинається охолодженим маслом. Масло, яке тепер стало гарячим, циркулює під тиском і проходить через пластинчастий теплообмінник. Тепло подається на вхід водопостачання, підігрівуючи воду і, в той же час, охолоджуючи масло. Гаряча вода поставляється на будь-яку установку, де в ній є потреба, наприклад, парогенератори, мийні установки, котли, опалювальні системи та інше [2].

Системи рекуперації тепла забезпечують максимальну ефективність шляхом добування енергії і виробляється в процесі виробництва стисненого повітря. Система дозволяє повторно використовувати до 90% енергії. Автоматичний контроль підтримує задану температуру в компресорі. Слід зазначити, що модуль рекуперації теплової енергії може бути встановлений на будь-які моделі компресорів - як і на нові, так і на ті, які знаходяться в експлуатації. Модуль може бути встановлений на будь-якому етапі роботи компресорного обладнання.

Пропонується підвищити прибутковість підприємства шляхом введення системи рекуперації у виробництво.

Такі системи називаються системами утилізації. Вони дозволяють підвищити загальний ККД компресора до 70 - 80% [1].

У повітряному гвинтовому маслозаповненому компресорі в процесі стиснення основна частина теплової енергії передається маслу. У компресорі який не має системи утилізації тепла, охолодження масла здійснюється навколишнім повітрям в масляному теплообміннику (як правило пластинчастий теплообмінник «повітря - масло»). Таким чином, вся теплова енергія компресора відводиться в навколишнє середовище не виконуючи жодного корисної дії [2].

В устаткування гвинтового маслозаповненого компресора з системою утилізації тепла пропонується установка в масляний контур компресора додаткового теплообмінника «масло - вода» з комплектом клапанів. Такі системи дозволяють підігрівати воду гарантовано навіть у зимовий період до температури 75С і використовувати її для потреб підприємства (ГВС, технологія, опалення) [3].

90% компресорів ComrAir в країнах, де приділяють увагу енергозбереженню, купуються з системами рекуперації тепла.

За рахунок зменшення витрат на отримання гарячої води і відповідно економії енергоресурсів, період окупності для систем рекуперації тепла на базі гвинтових маслозаповнених компресорів складає від 2 місяців до 1 року, в залежності від потужності і віддаленості використання тепла від компресора. 1 кВт/год енергії отриманий за рахунок використання скидного тепла компресора дорівнює зниженню споживання природного газу умовного найефективнішого котла на 1м³/год. З підвищенням тарифів на енергоресурси період окупності установки системи рекуперації тепла на базі гвинтового маслозаповненого компресора скорочується [1].

Реалізація цього комплексу заходів дозволить підприємству знизити енергоспоживання на 40%, і таким чином підвищити прибутковість своєї продукції

Висновки.

Було запропоновано систему економії теплової енергії, яка в майбутньому знизить енергоспоживання та підвищить прибутковість.

Бібліографічний список

1. Рекуперация тепловой энергии компрессоров ООО «Энергетические системы» 2017. Доступно: <http://energysystems.com.ua/e-nergosberezhenie/rekuperaciya-teplovoy-energiyi-kompressorov/?lang=ru> [Дата звернення 02.05.2018]
2. Рекуперация тепловой энергии Compressors International Доступно: http://www.compressors.ua/news/projects/sistema_rekuperaczii.html [Дата звернення 02.05.2018]
3. Определение показателя энергоэффективности системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии / Кузнецова И.В., Казанцева Н.С., Каратаева Е.С. Вестник Казанского технологического университета, 2015 г.

Сидоренко Ю.М., д.т.н., професор, Кравець В.Г., д.т.н., професор, Ган А.Л., к.т.н., доцент, Шукюров А.М., аспірант, Нестерков І.А., студент (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»)

ФОРМУВАННЯ ПОЛЯ ІЗОБАР ПРИ ВИБУХУ ЗОСЕРЕДЖЕНОГО КОНІЧНОГО ЗАРЯДУ

Розглянуто особливості детонації накладних зарядів. На основі математичного моделювання визначено особливості формування енергетичного поля при вибуху конічного заряду залежно від умов ініціювання. Встановлено можливість керування бризантною дією накладного заряду через застосування відповідного напрямку прикладання ініціюючого імпульсу з урахуванням геометричних параметрів заряду.

Features of detonation of overhead charges are considered. On the basis of mathematical modeling, the peculiarities of formation of the energy field during the explosion of a conical charge depending on the conditions of initiation have been determined. The possibility of controlling the brizant effect of superimposed conical charge by setting through application of the proper direction of of initiation impulse taking into account the geometrical parameters of charge.

Вступ. Заряди зосередженої дії в гірничих технологіях переважно використовуються або в якості проміжного бойовика в основному свердловинному заряді, або як самостійні заряди при вторинних вибухових роботах. При цьому їх геометричні параметри, детонаційні характеристики та характер просторового розподілу випромінюваної таким зарядом енергії враховуються мінімально або ігноруються. Насправді відомий приклад кумулятивного заряду [1] свідчить про можливість створення вибухом складної та керованої картини формування енергетичного поля при його розкладі. Як свідчать дослідження, кумулятивний заряд як конструктивний елемент свердловинного заряду дозволяє вирішувати одночасно подвійне завдання – ініціювання основного заряду та підсилення його дії в заданому напрямку, наприклад, в напрямку перебуру [2].

Мета роботи. Дослідження особливостей розвитку поля тиску продуктів детонації в зв'язку з формою зосередженого заряду.

Метод дослідження. В якості методу дослідження в роботі застосовується математичне моделювання детонаційних процесів.

Наукові підстави дослідження. В більшості теоретичних розробок щодо керованого механічного ефекту зосередженого заряду вважається, що його ініціювання відбувається миттєво, в його центрі, що значно спрощує рішення. Аналогічно в теорії вибуху приймається, що детонація подовженого заряду відбувається миттєво від осі і по довжині заряду. В цьому разі теоретично симетрія полів напружень і деформацій в оточуючому заряд середовищі при умові його ізотропності ідеально повторює концентрично симетрію заряду в розвитку, особливо в ближній зоні дії вибуху, на контакт з середовищем.

В реальних умовах детонації заряду будь-якої конструкції через послідовне переміщення в часі детонаційного фронту від ініціатора до периферії заряду з наступним виходом детонаційної хвилі і відповідно продуктів вибуху на межу заряду з середовищем характер розвитку згаданих полів набагато складніший.

Вивчення ефективності, механізму формування та перерозподілу повного імпульсу вибуху конічного заряду на контакт з будь-яким середовищем будується в першу чергу на відомих наукових уявленнях про контактну торцеву дію подовженого циліндричного заряду обмеженої довжини. Контактна або бризантна дія вибуху циліндричного заряду, що ініціюється з торця, оцінюється величиною повного імпульсу при зустрічі детонаційної хвилі з перешкодою [3]:

$$I = \frac{8}{27} s \rho l D = \frac{8}{27} Q D, \quad (1)$$

де S – площа поперечного перерізу заряду; ρ – густина ВР; l – довжина заряду; D – швидкість детонації ВР; $Q = sl\rho$ – загальна маса заряду.

Якщо циліндричний заряд детонує з одного торця, а протилежним торцем контактує з перешкодою, на величину осьового імпульсу впливає не повна маса заряду, а так звана його активна частина m_a , що має форму конуса. Продукти детонації цієї частини заряду спрямовуються в сторону основи конуса, тобто в сторону контакту з перешкодою. Отже, для циліндричного заряду ВР з сталою швидкістю детонації величина вибухового імпульсу пов'язана відповідно з загальною активною m_a і питомою $m_{an} = m_a/s$ масами заряду. Ці величини залежать від місця розміщення ініціатора в заряді: вбік поширення детонації розлітається 4/9 маси ВР від загального об'єму [3]. При збільшенні висоти циліндра та незмінному діаметрі обидві активні маси збільшуються, але до певної межі, після якої повна і питома маса активної частини залишається постійною.

У зв'язку з тим, що активна маса циліндричного заряду має форму конуса, можливо наблизити до нього конструкцію самого заряду, надаючи йому форму зрізаного конуса. Усе наведене вище стосується відкритого заряду, в якому відсутня міцна зовнішня оболонка. При наявності такої оболонки бічне розлітання продуктів детонації зменшується, але збільшується бризантна дія цього заряду в осьовому напрямку.

Основний зміст досліджень. В розвиток уявлень про хвильові явища в продуктах детонації (ПД) при підриванні конічного заряду за допомогою двовимірного гідрокоду [4] виконано комп'ютерне моделювання осесиметричного процесу розкладу усіченого конічного заряду. Розширення продуктів детонації описано ізентропою в формі Джонса-Уілкінса-Лі:

$$P = A \exp(-R_1 V') + B \exp(-R_2 V') + C V'^{-(\omega+1)}, \quad (2)$$

де p – тиск; $A, B, C, R_1, R_2, \omega$ – параметри ізентропи ВР, $V' = V/V_0 = \rho_0/\rho$ – відносний об'єм продуктів детонації, V, V_0, ρ_0, ρ – питомий об'єм і густина для ВР та ПД.

Результати комп'ютерного моделювання наведено у вигляді ізобар в ПД від вибуху заряду у формі усіченого конусу за умови ініціювання з вузької та широкої частини, а також з метою порівняння - для заряду циліндричної форми (рис. 1, а, б, в відповідно).

Оскільки поле ізобар в продуктах детонації виходить за межі контуру заряду, на рис. 1 точками в центрі кожного сімейства ізобар відзначено його центр, завдяки чому можна встановити переважаючий напрямок розвитку поля в зв'язку з формою та місцем ініціювання.

Аналіз будови наведених ізобар свідчить про наступне:

- форма поля ізобар залежить в першу чергу від форми заряду незалежно від місця його ініціювання, а саме, переважаюче розходження поля відносно осі Z , тобто по осі X конічного заряду з сторони дії вужчої його частини зумовлене розлітанням продуктів детонації по нормалі до похилої бічної поверхні конуса;

- згідно з формою ізобар при ініціюванні з вузької частини (рис.1,а) більша концентрація енергії спостерігається в осьовому напрямку (вздовж осі Z) в сторону широкої основи конуса;
- при ініціюванні конусного заряду з широкої частини (рис.1,б) вздовж осі Z переважає рух ПД і відповідно розподіл енергії вибуху в сторону вузької основи конуса;
- в зоні дії вибуху циліндричного заряду переважаючі напрямки розвитку поля ізобар в ПД практично орієнтовані по нормалі до поверхонь заряду (рис. 1, в), лише спостерігається певне зміщення поля в сторону, протилежну місцю ініціювання;
- якщо загальну площу поля ізобар пов'язувати з загальною енергією вибуху, надається можливість керування потоком енергії за рахунок насамперед орієнтації усіченого конусного заряду, а затим – місця його ініціювання;
- при потребі отримати більш глибокий механічний ефект вибуху в осьовому напрямку (по осі Z) заряд орієнтується на перепону вузькою основою з розташуванням на ній ініціатора;
- при потребі отримання розширеного в площині ефекту конусний заряд має ініціюватися з широкої основи;
- з прикладу моделювання процесу детонації циліндричного заряду слідує спостереження про безпосередній зв'язок форми поля ізобар з наявністю та кількістю площин «випромінювання» ударної хвилі;
- умови ініціювання визначають переважаючий напрямок розвитку поля ізобар по нормалі в сторону, протилежну місцю ініціювання. В цьому сенсі характерна форма поля ізобар вибуху циліндричного заряду, ініційованого з бічної (довшої) сторони. Інакше кажучи, найбільша відстань між сусідніми ізобарами спостерігається в напрямку розвитку детонаційного процесу.

Наведене означає, що скерування розвитку силового поля в певному напрямку здійснюється шляхом забезпечення розвитку процесу детонації в цьому напрямку, тобто розташуванням ініціатора з протилежного боку заряду.

Форма поля ізобар по ширині конусного заряду залежить лише від форми самого заряду. При цьому, як свідчить приклад рис.1,б, інтенсивність розвитку поля ізобар від вибуху конусного заряду може бути значно підсилена, якщо його ініціювання відбувається з широкої основи усіченого конуса в напрямку вузької основи. Так, загальна ширина поля ізобар в напрямку детонації в 1,5 рази більша для прикладу 1,а, і вдвічі більша для прикладу 1,б.

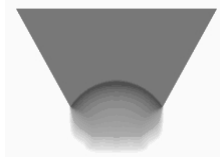
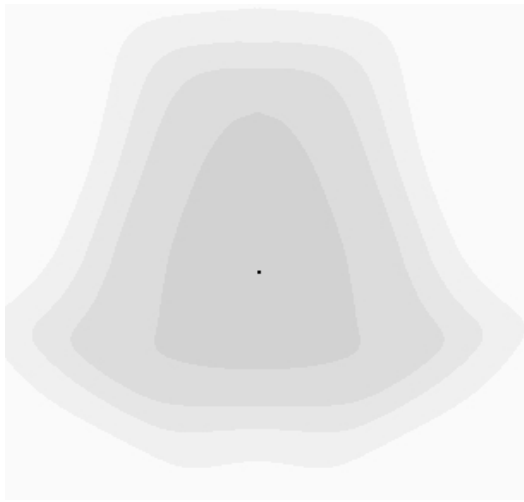
Прикладні аспекти досліджень.

Практично особливості ефектів, які при цьому спостерігаються, можуть бути використані в технологіях, де місцевий механічний ефект вибуху відіграє домінуючу роль.

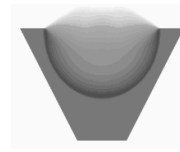
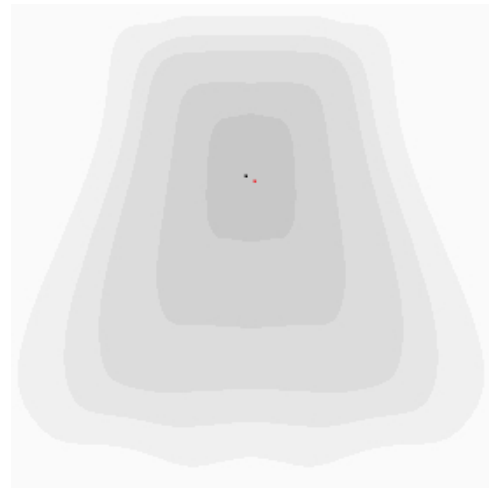
Так, в гірничій справі захисний протисейсмічний контурний ряд влаштовується таким чином, щоб законтурний скельний масив дістав щонайменше пошкоджень. Для цього зменшується діаметр свердловин, в яких розміщуються гірляндні заряди ошадливої дії, призначені для утворення лише тріщини між свердловинами в площині екрану. Така техніка максимально обмежує можливості застосування головного чинника – густини екрану через його неефективну ширину.

Виходячи з викладеного, запрошується інше рішення. Можливий варіант комплексного способу, коли свердловини збільшеного діаметра заповнюються матеріалом, поглинаючим енергію хвилі, а оточуючий свердловину масив породи в секторі, обернутому в сторону падаючої хвилі, керованим вибухом попередньо насичується системою радіальних та відкольних тріщин. В цьому разі можна використати властивості обох чинників комплексно завдяки застосуванню гірляндних зарядів ошадливої дії. Традиційно такі заряди складаються з гірлянди розосереджених патронів штатної ВР, закріплених на дерев'яній рейці та споряджених ниткою детонуючого шнура (ДШ) в якості ініціатора вибуху.

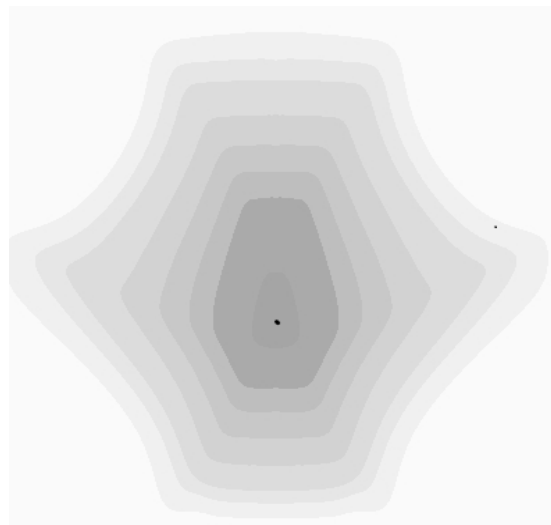
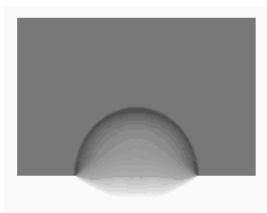
Особливості пропонованого способу, конструкція таких зарядів і параметри їх розташування базуються на залученні систем зосереджених зарядів направленої дії, в тому числі з кумулятивною виїмкою, що виготовляються переважно на місці виконання робіт.



a)



б)



в)

Рис. 1 Изобари продуктов детонации зарядов контактной дѣи: а - урізаного конічного (ініціатор зверху), б- урізаного конічного (ініціатор знизу), в-циліндричного.

Наприклад, техніка конструювання зарядів контурного ряду може бути збагачена в традиційній гірлянді з розосереджених патронів 3 штатної вибухової речовини (наприклад, амоніту БЖВ) присутністю спеціально орієнтованих конічних зарядів 4 для забезпечення одностороннього руйнування гірської породи з створенням полоси тріщинуватості 7 (рис. 2), здатної поглинати енергію хвилі напружень 8 помірної інтенсивності для захисту позаконтурної зони 9 гірського масиву.

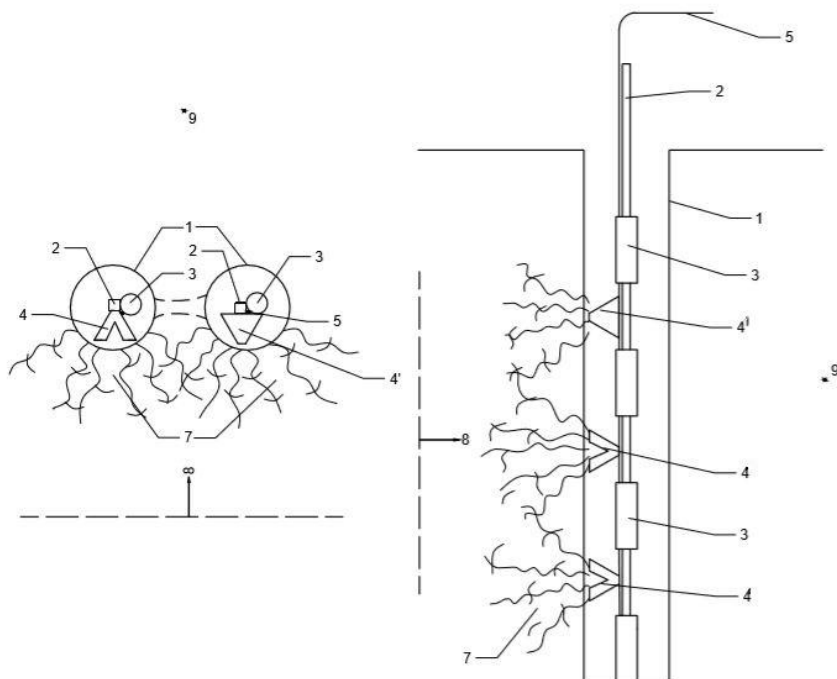


Рис. 2. Конструкція гірляндиних зарядів та схема їх взаємодії: а - вигляд зверху, б - бічний розріз; 1- свердловина, 2 - рейка, 3 - патрони ВР; 4 - кумулятивний заряд; 4' - конусний заряд; 5 - детонуючий шнур; 6 - щілина; 7 - зона тріщин; 8 - фронт хвилі напружень; 9 - масив, що захищається

Крім комбінованого способу формування контурного протисейсмічного екрану застосування системи зарядів усіченої конічної форми може удосконалити техніку ущільнення просадних лесових ґрунтів підводними та приповерхневими вибухами, застосувати ефективну технологію вибухових буронабивних паль змінного діаметра та підвищеної носійної здатності та ін.

Висновки.

Вивчення особливостей детонації накладних зарядів на основі результатів математичного моделювання дозволяє визначити зв'язок умов ініціювання зосередженого заряду конічної форми з особливостями формування енергетичного поля. Встановлено можливість керування напрямком та інтенсивністю бризантної дії накладного заряду через застосування відповідного місця прикладання ініціюючого імпульсу з урахуванням геометрії зосередженого заряду. Модельні дослідження свідчать про визначальну роль напрямку розвитку процесу детонації зосередженого заряду в формуванні поля ізобар та відповідно у практичному використанні місцевого ефекту вибуху заряду контактної дії.

Бібліографічний список

1. Закусило Р.В. Засоби ініціювання промислових зарядів вибухових речовин: монографія / Р.В.Закусило, В.Г.Кравець, В.В.Коробійчук. – Житомир: ЖДТУ, 2011. - 212с.
2. Помазан М.В. Про зниження перебуру при використанні свердловинного заряду з кумулятивним ефектом / М. В. Помазан, О. А. Юрко.- Сучасні есурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва – Науково-виробничий журнал: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2017. – Випуск 2(20). – С. 61-70 с.
3. Марчук А. Управління механічним ефектом вибуху зарядів контактної дії / А.Марчук, А.Шукюров, В.Поплавський - Перспективи розвитку будівельних технологій. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів, студентів, присвяченої 80-річчю Івана Степановича Новосильцева. Дніпро: 2017. - С.39-43.
4. Одинцов В.А. Моделирование процесса взрыва осколочно-фугасного снаряда с помощью двумерного гидрокода / В.А. Одинцов, Ю.М. Сидоренко, В.С. Туберозов // Исследование, конструирование, испытания. - 2000. - № 1-2. - С. 49- 54.

ЗМІСТ

D. Stetsyuk, V. Shlapak Analysis of schemes of blasting holes and their impact on the quality and efficiency of mining crushed stone raw materials.....	4
Д.В. Хлевнюк, В.В. Бойко, А.О. Кузьменко, Т.В. Хлевнюк, О.М. Чала, О. С. Тарасюк Сейсмічна дія короткосповільнених масових вибухів	6
Сахно С.В., Жорін О.С., Светогор В.В Оцінка ефективності анкерування шаруватого породного масиву болтами з просторовим розташуванням	9
А.Л. Майстренко, О.П. Виноградова, А.П. Закора, Р.С. Шмегера, А.С. Беляєв Напрямок утворення пошкоджень на робочій поверхні породоруйнівного алмазовмісного інструменту при руйнуванні міцної гірської породи.....	14
Костішин М.Д., Темченко Г.В., Темченко О.А. Обґрунтування доцільності використання вторинних ресурсів у гірничій справі як складова підвищення енергоефективності економіки України.....	21
Зуєвська Н.В., Олефір А.О. Аналіз можливостей оцінки дії акустичних, вібраційних та ударних навантажень на конструкції геотехнічних і підземних споруд приладом сейсмоакустичного контролю із багатосекційним приймачем акустичного сигналу.....	26
В.П. Партика, Є.А. Загоруйко Вуглецевий бетон як сучасна заміна залізобетон.....	29
М.В. Пасько, Н.В. Зуєвська, О.М. Чала, О.С. Тарасюк Розрахунок параметрів контурного підривання скельних порід.....	32
Пиґа Л.М., Гайко Г.І. Огляд способів видобутку морських газогідратів.....	35
Пикало В. М., Сергієнко М. І. Перспективи та ефективність застосування електромобільного транспорту на кар'єрах України.....	39
В.І. Пилипчук, О.В. Камських Дослідження ефективності використання та визначення зусилля розколу в залежності від товщини заготовки на камнекольному верстаті.....	43
Д.О. Рашевський, С.В. Кальчук Дослідження основних процесів виготовлення кулі із природного каменю.....	46
Сергеєв С.С., Андреев Б.М. Особливості геомеханічного стану масиву на ділянці будівництва паралельних одноколійних квершлагів.....	49
Пикало В.М. Вапнічна В.В., Сергієнко М.І. Використання теплової енергії підземного гірського масиву для утилізації технічних шахтних вод.....	52
Гапеев С.М., Вигодін М.О., Мясников І.В. Обґрунтування економічної доцільності застосування міжрамної огорожі підвищеної несучої здатності.....	56
Охріменко І. В., Кальчук С. В. Методика визначення коефіцієнта тертя для порід облицювального каменю Житомирщини.....	59
Адаменко І.А., Шайдецька Л.В. Узагальнення класифікації динамічних навантажень у підземному міському будівництві.....	62

Іськов С.С., Леонець І.В., Коробійчук В.В. Зміна кількості відходів при обробці каменю алмазно-дисковим інструментом	65
Самусь В.І., Стовпник С.М. Конструювання сегментого елемента інвентарної конструкції для стволів великого діаметру мілкового закладання.....	69
Хворост В.В., Прилепський А.М. Ефективність використання емульсійних вибухових речовин в підземних умовах криворізького залізорудного басейну.....	74
С. В. Веремчук, О. В. Хоменчук Визначення ефективних розмірів гладких фібр для фібронабризкбетону.....	79
Коробійчук В.В., Сідоров О.М., Заруцький С.О., Малий В.В. Вплив температури на декоративні та фізико-механічні властивості лабрадориту.....	81
Федорченко Д., Шамрай В.І. Вплив механічної та хімічної обробки поверхні природного каменю на його декоративні показники.....	85
Шевчук Н.А. Впровадження та реалізація стартапів в гірництві.....	88
Шевчук Н.А., Остапчук В.О. Підвищення прибутку підприємства шляхом введення системи рекуперації теплової енергії.....	90
Сидоренко Ю.М., Кравець В.Г., Ган А.Л., Шукюров А.М., Нестерков І.А. Формування поля ізобар при вибуху зосередженого конічного заряду.....	92

Науково–технічне видання

В збірці приведені результати наукових розробок студентів, аспірантів і молодих вчених, які представили на міжнародну конференцію 17-18 травня 2018 р., що організувала кафедра «Геоінженерії» Інституту енергозбереження та енергоменеджменту КПІ ім. Ігоря Сікорського, присвячену 120-річчю КПІ.

Збірка призначена для фахівців і будівельників підземних споруд, студентів вузів гірничих спеціальностей.

Тези доповідей представлені в редакції авторів.

Підписано до друку 15.06.2018 р. Формат 60x90 1/16.

Папір офсетний. Умовн. др. арк. 15,93

Друк різнограф. Тираж 50 прим. Зам. №3108.

Видавництво «Політехніка» КПІ ім. Ігоря Сікорського

Свідоцтво про державну реєстрацію: серія ДК№ 5354

03056, м. Київ, вул. Політехнічна, 14, корп. 15

тел.: (044) 204-81-78.