

роки [Електронний ресурс]: постанова КМУ від 01.03.10 р. 243. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/243-2010-%D0%BF>

3. Орленко, Л. П. Физика взрыва [Текст] / Л. П. Орленко, С. Г. Андреев, А. В. Бабкин, Ф. А. Баум и др.. – 3-е изд., перераб. - М.: Физматлит, 2002. – 656 с. - ISBN 5-9221-0220-6.

4. Костов, И. Минералогия [Текст] / И. Костов. – М.: Мир, 1968. – 584 с.

5. Стефанов, Ю. П. Моделирование поведения консолидированных и высокопористых геологических средств в условиях сжатия [Текст] / Ю. П. Стефанов // Вестник ПГТУ. – 2007. - №15. – С. 156 – 169.

6. Голф-Рахт, Т. Д. Основы нефтепромысловой геологии и разработки трещиноватых коллекторов [Текст] / Т. Д. Голф-Рахт. – М.: Недра, 1986. – 608с.

Стаття надійшла до редакції 03.06. 2015 р.

УДК 622.235.535

Н. І. Жукова, інж., Ю. С. Олійник, студ. (НТУУ «КПІ»)

ДОСЛІДЖЕННЯ СЕЙСМІЧНОГО ВПЛИВУ МАСОВИХ ВИБУХІВ НА КОЩІВСЬКОМУ ГРАНІТНОМУ КАР'ЄРІ

N. Zhukova, J. Oliinyk (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

RESEARCH OF SEISMIC MASS EXPLOSIONS ON KOSCHIYIV'S GRANITE QUARRY

В роботі обґрунтовані методи зниження сейсмічного впливу підривних робіт у кар'єрі, розташованого поблизу об'єктів, які мають важливе загальногосподарське значення. Розраховані параметри буровибухових робіт для забезпечення сейсмостійкості охоронних об'єктів.

Ключові слова: сейсмічна хвиля, сейсмостійкість, вибухові роботи, заряд, вибухова речовина.

В работе обоснованы методы снижения сейсмического воздействия взрывных работ в карьере, расположенного вблизи объектов, которые имеют важное общехозяйственное значение. Рассчитаны параметры буровзрывных работ для обеспечения сейсмоустойчивости охраняемых объектов.

Ключевые слова: сейсмическая волна, сейсмоустойчивость, взрывные работы, заряд, взрывчатое вещество.

Methods of decreasing the seismic effects of blasting operations in the quarry, which is located near the facilities which are important general economic value, were substantiated in the work. The parameters of drilling and blasting to ensure seismic stability of security facilities were designed.

Keywords: seismic wave, seismic resistance, blasting, charge, explosive.

Вступ. В даний час зниження шкідливого впливу вибуху досягається шляхом обмеження маси заряду ВР в блоках, що ускладнює організацію гірничих робіт, стримує їх розвиток, веде до зменшення продуктивності вантажно-транспортного обладнання і, як наслідок, знижує економічну ефективність розробки в цілому. Таким чином, вдосконалення методів управління енергією вибуху, що дозволяють без збільшення енерговитрат досягати необхідного ступеня подрібнення порід з одночасним зниженням ударно-повітряних хвиль (УПХ) і сейсмічного впливу на навколишнє середовище, є досить актуальною науково-практичною задачею. Кошіївське родовище гранітів – найбільше в Київській області, яке розташоване у Фастівському районі Київської області, за 1 км на південний захід від села Кошіївка. До сфери діяльності підприємства входить видобування, переробка та реалізація щебеневої продукції фракцій 2-5 мм, 5-20 мм, 20-40 мм, 40-70 мм, 5-250 мм. Залишок балансових запасів родовища по категоріях за ступенем розвіданості А, В, С₁ становить 17 586,0 тис. м³.

Збільшення попиту на будівельні матеріали стимулює промислове освоєння Кошіївського родовища гранітів і дозволяє знизити в Київській області дефіцит у високоякісному будівельному щебені. Наразі підприємство набирає свою виробничу потужність та завойовує належне місце на українському ринку нерудних матеріалів.

Корисна копалина (VII категорії за БНіП) видобувається за допомогою проведення буровибухових робіт (БВР). Вибухова речовина (ВР) грамоніт 79/21. Параметри БВР наступні: довжина свердловини – до 10 м, сітка свердловин 2,8x2,8 м, вага ВР на 1 свердловину – до 70 кг.

Близькість розташування виробничих цехів підприємства, населених пунктів, а також об'єктів, які мають важливе загальногосподарське значення (ЛЕП-330кВ, ЛЕП-10кВ ф. «Кошіївка», автодорога м. Фастів – с. Кошіївка, газопровід високого тиску (прокладений в землі)) до робочої зони кар'єра призводить до впливу сейсмічних хвиль на ці об'єкти. Радіус сейсмічно небезпечної зони становить близько 550 м.

Актуальність роботи. Питанням вдосконалення технології проведення підривних робіт у кар'єрах, що забезпечують регулювання сейсмоефекту, присвячено значну кількість досліджень у вітчизняній і зарубіжній практиці. Найбільший внесок у вирішення завдань якості та безпеки вибухових робіт внесений роботами Мосинця В.Н., Садовського М.А., Кутузова Б.М., Кийко В.В., Бойко В.В., Вовк О.О., Воробйова В.Д., Ремез Н.С., Кузьменко А.О., Єфремова Е.І., Мец Ю.С., Падукова В.А. та інших вчених.

Авторами [1, 2, 3] було встановлено, що сейсмічна дія вибуху має різний прояв у різних напрямках від нього. У зв'язку з цим при проектуванні виникають завдання визначення раціональних параметрів БВР, що знижують сейсмічну дію вибуху. Їх визначення є предметом прогнозу, надійність якого залежить, по-перше, від ступеня вивченості гірничотехнічних умов, а по-друге, від кваліфікації фахівців даного профілю. Якщо залежність інтенсивності

сейсмічного ефекту від маси заряду ВР та відстані до об'єкта вивчена досить добре і відображена в методиках розрахунку параметрів підричних робіт, то вплив геологічних і фізико-механічних властивостей порід, структури і будова масиву на практиці враховується недостатньо.

Для забезпечення сейсmobезпеки об'єктів на поверхні при проектуванні вибухових робіт використовують різні сучасні фізичні, інформаційні та розрахунково-аналітичні методи [4].

У міжнародній практиці при проведенні масових вибухів і впливу різного роду сейсмічних хвиль прийнято за основний критерій стійкості гірського масиву швидкість зсуву частинок ґрунту [5].

Метою роботи є обґрунтування сейсmobезпечних параметрів БВР в умовах Кошівського кар'єру, розташованого поблизу об'єктів, які мають важливе загальногосподарське значення.

Результати досліджень. Основною ідеєю методів прогнозу сейсмічної дії вибуху є ідея автотельності. Іншими словами, параметри сейсмічних коливань (a - прискорення, v - швидкість, ε - деформація і E - енергія) є функцією наведеної відстані:

$$R_{\text{пр.}} = \frac{r}{Q} \quad (1)$$

де r – відстань від вибуху до пункту реєстрації зміщення, м; Q – маса заряду ВР, кг.

Зазначені параметри сейсмоколиваний використовуються в різних дослідженнях в якості критерію сейсмічної небезпеки.

У гірському масиві під час вибуху заряду ВР виникають поля прискорення, швидкості та деформації. Данні параметри були покладені в основу класифікації прогнозу сейсмоефекту (табл. 1).

Для зменшення інтенсивності сейсмічних коливань рекомендуються наступні основні організаційно-технічні заходи:

- відбійки з максимальним числом оголених поверхонь, тобто не рекомендується підривання в стисненому середовищі;
- змінна схема уповільнення з коефіцієнтом зближення більше 1;
- відбійки з оптимальною в розглянутих умовах питомою витратою ВР;
- суворе дотримання проектних параметрів розташування і мас зарядів;
- буріння свердловин з мінімально допустимим перебуrom;
- зменшення маси ВР;
- використання найпростіших ВР, що знижують можливість передачі детонації при відбійці зближеними зарядами сильно тріщинуватих і порушених порід.

Таблиця 1

Класифікація методів прогнозу сейсмічної дії вибуху

| Тип поля (спосіб дії) | Спосіб оцінки | Формула | Значення параметрів | Автори |
|-----------------------|----------------------------|--------------------------------------|--|-------------------------------|
| Інерційний | По прискоренню | $a = 4\pi^2 f^2 A$ | f – частота коливань, c^{-1} ; A – амплітуда коливань, м | Гірське бюро США |
| Хвильовий | По швидкості | $v = k_v \left(\frac{Q}{r}\right)^v$ | k_v – коефіцієнт сейсмічності; $\frac{Q}{r}$ – приведений заряд; v – показник затухання інтенсивності зміщення породи в масиві | М.А. Садовский, С.В. Медведєв |
| Інерційно-хвильовий | По прискоренню і швидкості | $S_k = 10 \lg \frac{av}{x_0}$ | a – прискорення; v – швидкість; x_0 – масштаб | Х. Кох |
| Квазістатичний | По деформації | $\varepsilon = \frac{v}{c_n}$ | c_n – швидкість розповсюдження звуку в породі | У. Лангерфорс |

На підставі результатів сейсмодосліджень масових вибухів з метою створення умов сейсмобезпеки вибухових робіт можна оцінити сейсмонезпечність об'єктів (газопровід, ЛЕП) в залежності від типу використаної ВР, маси заряду, розташування свердловин та схеми підривання.

Вибухові роботи на Коштівському кар'єрі гранітів проводяться методом вертикальних свердловинних зарядів з підриванням зарядів короткоуповільненим способом та використанням піротехнічних реле і електродетонаторів. Ініціювання зарядів у свердловинах проводиться за допомогою тротилових шашок Т-400. У відповідності з потужністю кар'єру і досвідом роботи аналогічних підприємств діаметр свердловин приймається 115 мм, буріння яких здійснюється станком Atlas Copco L6H.

Спосіб підривання електричний. Підривна сітка – комбінована; в свердловинах до заряду підводиться ДШ з вузлом на кінці для грамоніту 79/21. Рекомендовані параметри вибухів наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Дані розрахунку для різних потужностей пластів

| Товщина шару, що підривається (Н), м | Глибина свердловини, м | Відстань між свердловинами в ряді, м | Відстань між рядами, м | Об'єм породи, що підривається, м ³ | Вага ВР на 1 свердловину, кг | Довжина заряду, м | Довжина забійки, м |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|---|------------------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1,0 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 1,2 | 7,4 | 0,8 | 0,14 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 2,0 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 15,6 | 15,8 | 1,7 | 0,8 |
| 3,0 | 4,5 | 4,0 | 4,0 | 64 | 27,9 | 3,0 | 1,5 |

Дані для проектів підривання блоків гірничої маси та параметри БВР з результатами замірів швидкості зміщення ґрунту, залежно від типу ВР, наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Параметри БВР при вибухах зарядів грамоніту 79/21 та анеміксу -70

| № | Відстань до охоронного об'єкту, м | | Маса заряду в свердловині, кг | Кількість свердловин, шт. | Загальна маса заряду, кг | Маса вибухового матеріалу, кг | Сповільнення, мс | Відстань між свердловинами, м | Відстань між рядами, м | Об'єм гірничої маси, м ³ | Негабарит, % | Швидкість зміщення ґрунту, мм/с | Бали | Радіус сейсмічно небезпечної зони, м | Приведена маса заряду, кг/м |
|----------------|-----------------------------------|---------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------|---------------------------------|------|--------------------------------------|-----------------------------|
| | газопровід | ЛЕП 330 | | | | | | | | | | | | | |
| Грамоніт 79/21 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 388 | 469 | 180 | 30 | 1800 | 1848 | 25 | 2.8 | 3 | 6754 | 10 | 8 | 3 | 688 | 32 |
| 2 | 327 | 369 | 103 | 23 | 2360 | 2397 | 25 | 2.8 | 2.5 | 2543 | 46 | 20 | 5 | 555 | 25 |
| 3 | 287 | 330 | 130 | 24 | 3120 | 3160 | 25 | 3 | 2.8 | 3427 | 59 | 9 | 4 | 618 | 20 |
| Анемікс -70 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 420 | 500 | 200 | 58 | 7940 | 8030 | 0, 25, 40, 65 | 3 | 3 | 6325 | 8 | 7 | 3 | 614 | 21.1 |
| 2 | 220 | 300 | 180 | 55 | 4740 | 4828 | 0, 25, 40, 65 | 3 | 3 | 3900 | 4 | 13 | 4 | 591 | 13.1 |
| 3 | 232 | 330 | 180 | 65 | 5730 | 5848 | 0, 25, 40, 65 | 2.7 | 2,7 | 4734 | 4 | 10 | 4 | 567 | 89.1 |

За допомогою даних, наведених в табл. 3 побудовано залежність швидкості зміщення ґрунту $v = f(R_{np})$, рис.1. Крім зазначених факторів, значний вплив на швидкість сейсмоколивань від дії вибуху відіграє сезонність робіт (рис. 2).

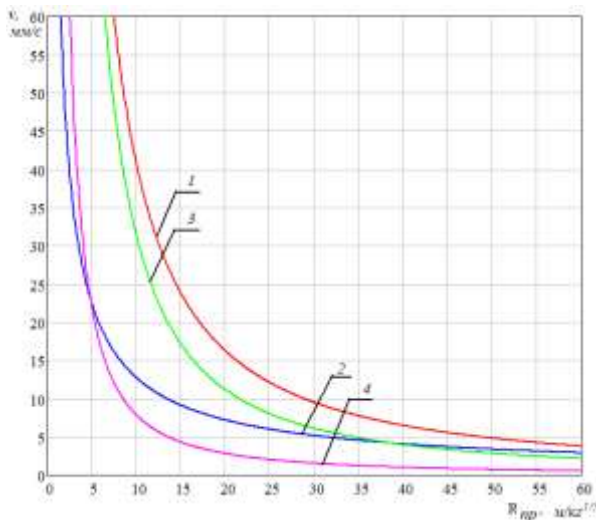


Рис. 1. Залежність швидкості зміщення ґрунту від приведеної маси:

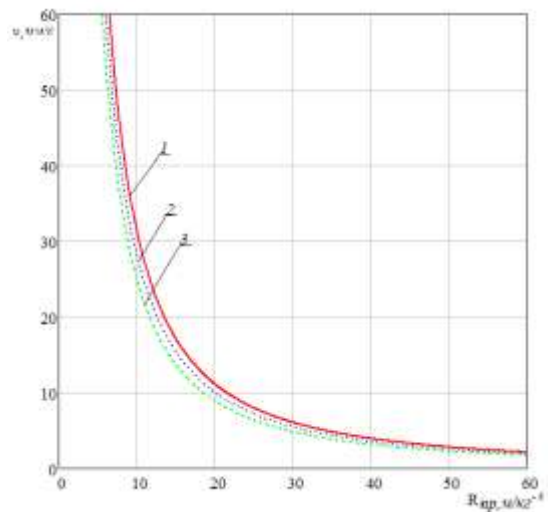


Рис. 2. Залежність $v = f(R_{np})$ різній сезонності проведення вибухових робіт:

1 – грамоніт 79/21; 2 – анемікс -70; 3 – 1 – весна й осінь, 2 – зима, 3 – літо.
за теоретичною формулою
Садовського; 4 – за РТМ 36.9-88

Згідно з експериментальними даними та графіками залежності $v = f(R_{np})$ можна зробити наступні висновки:

- криві залежності побудовані на основі експериментальних даних подібні до теоретичної залежності М.А. Садовського;
- використання грамоніту 79/21 в якості ВР і використаної схеми підривання призводить до більшого значення v в порівнянні з використанням анемікса-70;
- коефіцієнт затухання сейсмічних хвиль при грамоніті 79/21 - 1,333, а при анеміксі-70 - 0,826, що майже наближається до теоретичних значень;
- середнє значення виходу негабариту при використанні – грамоніту 79/21 – 21%, а анеміксу-70 – 7 %.

Отже виходячи із наведених залежностей розрахована кількість ВР анемікс-70 і грамоніт 79/21 на масовий вибух, що не призведе до порушення сейсмостійкості охоронних об'єктів (табл. 4).

Одним з основних шляхів збільшення продуктивності екскаваційного та транспортного обладнання, а також інтенсифікації розкривних робіт на відкритих розробках є підвищення якості підготовки гірських порід до виїмання за допомогою БВР.

Для підвищення ступеня подрібнення та зниження сейсмічного ефекту можна рекомендувати короткоуповільнений вибух за допомогою неелектричної системи.

Таблиця 4

Рекомендована загальна маса ВР залежно від відстані до охоронних об'єктів

| Відстань до об'єктів, що охороняються, м | 220 | 250 | 280 | 310 | 340 | 370 | 400 | 430 | 460 | 500 |
|--|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Загальна маса ВР, т | Грамоніт 79/21 | | | | | | | | | |
| | 1,106 | 1,622 | 2,279 | 3,093 | 4,081 | 5,259 | 6,645 | 8,255 | 10,11 | 12,98 |
| | Анемікс-70 | | | | | | | | | |
| | 18,68 | 27,41 | 38,5 | 52,25 | 68,94 | 88,85 | 112,3 | 139,5 | 170,7 | 219,2 |

У випадку підривання порід міцністю $f = 12-20$ питомі витрати вибраної вибухової речовини – анеміксу-70 (кг/м^3) складають:

$$q_a = q_e \cdot k_n = 0,95 \cdot 1,25 = 1,2, \quad (2)$$

де q_e – питомі витрати еталонної вибухової речовини, кг/м³; k_n – перевідний коефіцієнт для анеміксу-70.

Лінія найменшого опору по підшві уступу, м

$$W = \frac{\sqrt{0,56P^2 + 4mqPHL_{св}} - 0,75P}{2mqH}, \quad (3)$$

де $m = 0,9$ – коефіцієнт зближення зарядів; $P=11,28$ місткість 1 п. м. свердловини, кг; $L_{св}$ – глибина свердловини, м, (табл. 5).

Таблиця 5

Параметри підривної мережі з використанням системи неелектричного ініціювання

| Параметри | H, м | d _{св} , мм | l _{пер} , м | L _{св} | q, кг/м ³ | P, кг/м | W, м | a, м | b, м |
|---------------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|------|------|------|
| Значення параметрів | 0,5÷8 | 115 | 1 | H + l _{пер} | 0,88 | 9,4 | 3 | 2,8 | 2,8 |

Із збільшенням висоти уступу та деяких параметрів БВР, необхідно корегування останніх відносно даних типового проекту, які повинні забезпечувати допустимі межі по сейсмоефекту (табл. 6).

Таблиця 6

Параметри БВР для різної висоти уступів

| Висота уступу, м | Глибина свердловин, м | Відстань між свердловинами в ряді, м | Відстань між рядами, м | Об'єм, що підривається, у 1 свердловині, м ³ | Вага ВР на свердловину, кг | Довжина заряду, м | Довжина забійки, м |
|------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------|---|----------------------------|-------------------|--------------------|
| 5 | 6 | 2,8 | 2,8 | 40,0 | 37,2 | 4,0 | 2,0 |
| 6 | 7 | 2,8 | 2,8 | 47,0 | 43,7 | 4,7 | 2,3 |
| 7 | 8 | 2,8 | 2,8 | 55,0 | 49,3 | 5,3 | 2,7 |
| 8 | 9 | 2,8 | 2,8 | 63,0 | 55,8 | 6,0 | 3,0 |

Вихід гірської маси з однієї свердловини, м³

$$V = \frac{[W + b(n-1)]H \cdot a}{n} = \frac{[3 + 2,8(3-1)]8 \cdot 3}{3} = 68,8, \quad (4)$$

де n – кількість рядів свердловин в блоці.

Вихід гірської маси з одного погонного метра свердловини, м³

$$V_1 = \frac{V}{L_{св}} = \frac{68,8}{9} = 7,65. \quad (5)$$

Річний об'єм буріння, п. м

$$V_{о.р} = \frac{Q_p}{V_1} = \frac{302300}{7,65} = 39516, \quad (6)$$

де Q_p – річна продуктивність, м³.

Об'єм блоку, що підривається визначаємо виходячи із створення підірваної гірської маси на 7 днів, м³

$$V_{e.б.} = Q_{зм} \cdot n_{зм} \cdot n_0 = 387 \cdot 2 \cdot 7 = 5418, \quad (7)$$

де $Q_{зм}$ – продуктивність кар'єра за зміну, м³; $n_{зм}$ – кількість змін за добу на видобутку; n_0 – кількість днів.

Об'єм погонних метрів свердловин для масового вибуху, п. м

$$\Sigma V_{св} = \frac{V_{e.б.}}{V_1} = \frac{5418}{7,65} = 708,2. \quad (8)$$

Кількість свердловин для одного масового вибуху, шт.

$$N_{св} = \frac{\Sigma V_{св}}{L_{св}} = \frac{708,2}{9} = 78. \quad (9)$$

Кількість свердловин в ряду, шт.

$$n_{св} = \frac{N_{св}}{n_{бл} \cdot n_p} = \frac{78}{1 \cdot 3} = 26. \quad (10)$$

Необхідна кількість ВР на масовий вибух, кг

$$Q_{зар} = Q_c \cdot N_{св} = 70 \cdot 78 = 5460. \quad (11)$$

Об'єм буріння на масовий вибух, п. м

$$L_{бур} = N_{св} \cdot L_{св} = 78 \cdot 9 = 702. \quad (12)$$

За рік проводиться 26 масових вибухів.

Витрати ВР за рік, кг

$$Q_{ВРрік} = Q_{зар} \cdot N = 5460 \cdot 26 = 141960. \quad (13)$$

Рекомендовано діагональну схему підривання за допомогою неелектричної системи ініціювання «Імпульс».

При даних параметрах БВР необхідна кількість ВР на рік не повинна перевищувати розрахованої для забезпечення сейсмостійкості охоронних об'єктів при використанні в якості ВР анемікса-70.

Висновки

В результаті досліджень обґрунтовано зниження сейсмічного впливу підірвних робіт у кар'єрі, що розташований поблизу об'єктів, які мають важливе загальногосподарське значення (ЛЕП, газопровід), а також розраховані параметри буровибухових робіт для забезпечення сейсмостійкості охоронних об'єктів.

1. Параметри БВР та раціональний ступінь подрібнення порід повинні встановлюватись з урахуванням технологічних властивостей порід та їх впливу на показники в процесі буріння, підривання, виймання, переміщення та переробки.

2. Обґрунтовані залежності зміни швидкості зміщення ґрунту v від наведеної відстані R_{np} до охоронних об'єктів, в тому числі з урахуванням сезонності гірничих робіт.

3. Визначена сейсмобезпечна маса заряду ВР та інші параметри БВР при використанні на Коштівському гранітному кар'єрі грамоніту 79/21 та анеміксу-70.

4. Для розглянутих умов розраховані об'єми буріння свердловин та виходу гірничої маси в залежності від параметрів БВР.

Список використаних джерел

1. Авербух, А.Г. Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке/ А.Г.Авербух // - М.: Недра, 1982. – 232 с.

2. Гурин, А.А. Ударные воздушные волны в горных выработках/ А.А.Гурин, П.С. Малый, С.К.Савенко // - М.: Недра, 1983. – 223 с.

3. Коротков, П.Ф. Об ударных волнах на значительном расстоянии от места взрыва/ П.Ф.Коротков // Изв. АН СССР, ОНТ. – 1958. – № 3. – С. 165-168.

4. Karlheinz, A. Entwicklung der Regeln zur Beurteilung von Sprengerschüttungen auf bauliche Anlagen [Текст] / A. Karlheinz // Naturstein Ind. – 1997. – 33, № 8. – Р. 22–24.

5. Baron, R. Threshold values for blast damage assessment [Текст] / R. Baron // Tunnels and Tunnelling. - 1994. - 26, № 5. - Р. 46-47.

6. Мосинец, В.Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах/ В.Н.Мосинец // - М.: Недра, 1976. – 271 с.

7. Цейтлин, Я. И. Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов/ Я.И.Цейтлин, Н.И.Смолий //- М.: Недра, 1981. – 192 с.

Стаття надійшла до редакції 24.09.2015 р.

УДК 622.271

О. О. Фролов, д.т.н, доц., **І. К. Бабичев**, магістр (НТУУ «КПІ»)

ВИБІР ЕФЕКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗКРИТТЯ ВУГІЛЬНОГО РОДОВИЩА ОКАБА В УМОВАХ БАСЕЙНУ АНАБРА

A. A. Frolov, I. K. Babichev (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

THE CHOICE OF EFFECTIVE OPENING SCHEMES OF COAL DEPOSITS OKABE IN COAL FIELD ANABRA

За результатами проведеного аналізу існуючих схем розкриття вугільних родовищ обрано три варіанти розкриття родовища Окаба за можливостями їхнього застосування при розкритті даної ділянки родовища. Техніко-економічними розрахунками встановлено,