

transport and working platforms on them are offered. These schemes allow us to evaluate the best option for mining on an edge during the development of steep layers in a deep open pit.

**The practical significance.** The use of technological schemes for the development of benches in the conditions Ferrexpo Poltava Minig in the working out of the edges of steep layers can reduce the cost of removal of overburden, to increase the productivity of equipment, determine the time for working out the stage and the steep layer.

**Key words:** steep dipping layers, deep open pit, technological schemes for the development of the deposit.

УДК 622.235.432

© В.В. Бойко, А.О. Кузьменко, С.Ю. Богуцький

## СЕЙСМІЧНА БЕЗПЕКА КОРОТКОСПОВІЛЬНЕНОГО МАСОВОГО ВИБУХУ ПО ОЦІНЦІ ОКРЕМОГО СВЕРДЛОВИННОГО ЗАРЯДУ

© V. Boiko, A. Kuzmenko, S. Bohutskyi

### SEISMIC SAFETY OF SHORT-TERM EXPRESSION ON THE ESTIMATION OF A SINGLE BATTERY CHARGE

**Мета.** Дослідження особливостей та закономірностей сейсмічного ефекту при застосуванні короткосповільненого вибуху системи свердловинних зарядів вибухової речовини (ВР) для зниження сейсмічної дії на навколишні охоронні об'єкти.

**Методика досліджень** полягає в огляді та удосконаленню відомих методів прогнозування сейсмічної безпеки при коротко-сповільненому масовому вибуху по оцінці впливу окремого свердловинного заряду для підвищення точності і надійності оцінки сейсмобезпечності коливань ґрунту в основі будівель, що охороняються для забезпечення їх сейсмостійкості.

**Результати досліджень.** За рахунок того, що в комутаційну схему коротко-сповільненого підриву із серії ідентичних по конструкції і масі свердловинних зарядів останню свердловину монтують стандартним детонатором із збільшеним інтервалом сповільнення, то при реєстрації сейсмічних та ударно-повітряних хвиль такого масового вибуху одержують осцилограми з одночасним записом коливань як всієї серії та окремо одного свердловинного заряду. Останній приймається за еталон, щодо оцінки фактично здетонованої кількості зарядів в одній групі, яка визначає сейсмічну дію коливань ґрунту в основі будівель, що охороняються (швидкість коливань ґрунту, см/с). І як показала практика фактичні значення коливань ґрунту в основі будівель, що охороняються відрізняється від розрахованої у проекті буровибухових робіт.

**Наукова новизна.** Використовуючи результат експериментальних досліджень сейсмічної дії короткосповільнених масових вибухів (МВ) і одного свердловинного заряду, як такі, що отримані від накладення одиночних вибухів розосереджених зарядів, розроблена методика по визначенню фактичної кількості одночасно підірваних свердловинних зарядів, яка дозволяє реально визначити сейсмічну дію МВ на об'єкти, що охороняються і які не завжди співпадають з паспортом МВ. Таким чином, сейсмічний ефект короткосповільнених масових вибухів групи зарядів, що складається із серії ідентичних по конструкції і масі окремих свер-

дловинних зарядів і яка фактично є групою розосереджених одиночних зарядів і яка оцінюється по параметрам цього заряду.

**Практичне значення.** Розроблений авторами метод сейсмічної безпеки короткосповільненого масового вибуху по оцінці окремого свердловинного заряду дає можливість оцінити реальну максимальну кількість свердловинних зарядів, які миттєво підриваються і визначити швидкостей коливань ґрунтової основи біля будівель і споруд створених від всього масового вибуху. Тому, використовуючи ці значення, при розрахунку сейсмостійкості будівель і споруд, забезпечується їх цілісність без нанесення будь яких ушкоджень, пов'язаних з непрогнозованою сейсмічною дією, тим самим зменшуючи витрати на ремонт і підтримку в процесі їх експлуатації.

**Ключові слова:** швидкість зсуву ґрунту, коефіцієнт сейсмічності, номінальний і фактичний час спрацьовування детонатора, одиничний заряд, масовий вибух, ефективна маса свердловинного заряду, кількість зарядів.

**Мета роботи** полягає в підвищенні точності визначення та точності прогнозування сейсмічних коливань ґрунтової основи навколишніх будівель і споруд. Це досягається тим, що у пропонованому методі визначення сейсмобезпечної кількості одночасно підірваних свердловинних зарядів проводиться з використанням, поряд з короткосповільненим підриванням блоку із серії окремих свердловинних зарядів, які по конструкції і масі зарядів різняться до 10%, підриванням, ще окремого одиничного свердловинного заряду, який ініціюють після підриву останнього заряду в серії всього блоку зі збільшеним в 2-4 рази інтервалом сповільнення і на основі порівняльного аналізу результатів підривання визначається фактична кількість підірваних зарядів.

**Викладення матеріалів дослідження.** Пропонований метод визначення сейсмобезпечної кількості одночасно підірваних свердловинних зарядів і відстаней відрізняється від відомого тим, що з метою збільшення точності визначення кількості одночасно підірваних свердловинних зарядів в серії, ідентичних по конструкції і масі зарядів підривають ще одиничний свердловинний заряд, окремо, із збільшеним інтервалом сповільнення, після підриву останнього заряду в серії всього блоку, в профілі блоку встановлюють точки реєстрації коливань з різним інтервалом відстаней між ними. Запис коливань в кожній точці від підриву одиничного і серії зарядів всього блоку проводять одночасно з одержанням осцилограм вибуху. По розшифровці осцилограм вибуху на різних відстанях ( $r_1, r_2, m$ ), визначають швидкості коливань ґрунту, як від підриву одиничного заряду,  $U_1, U_2$  (см/с) так і від серії зарядів всього блоку  $U_{MB1}, U_{MB2}$  (см/с). Маючи значення маси одиничного свердловинного заряду ( $Q_1$ , кг), відстані ( $r_1, r_2, m$ ) від вибуху до кожної точки складають систему рівнянь:

$$\begin{cases} U_1 = K_c \left( \frac{r_1}{Q_1^{1/3}} \right)^{-n} \\ U_2 = K_c \left( \frac{r_2}{Q_1^{1/3}} \right)^{-n} \end{cases} \quad (1)$$

Із (1) визначають показник степені затухання:

$$n = \left[ \ln \left( \frac{U_2}{U_1} \right) \right] / \left[ \ln \left( \frac{r_1}{r_2} \right) \right] \quad (2)$$

та розраховують коефіцієнт сейсмічності:

$$K_c = \frac{U_1}{\left( \frac{r_1}{Q_1^{1/3}} \right)^{-n}} \quad (3)$$

які будуть рівними, як для умов підривання одиничного заряду (1), так і підриву всього блоку, тільки коефіцієнт сейсмічності  $K_c$  збільшується на кількості одночасно підірваних свердловинних зарядів  $N$ . Залежності швидкості коливань ґрунту від вибуху серії зарядів всього блоку в двох пунктах мають вигляд:

$$U_{m\phi 1} = K_c \times N \left( \frac{r_1}{Q_{ef}^{1/3}} \right)^{-n}; U_{m\phi 2} = K_c \times N \left( \frac{r_2}{Q_{ef}^{1/3}} \right)^{-n} \quad (4)$$

У формулах (4) фактичну масу одиничного заряду ( $Q_{1ef}$ ) приводять до ефективної маси ( $Q_{ef}$ ) решти свердловинних зарядів, яка виникає в результаті взаємодії між ними, після чого із однієї із формул (3) одержують максимальну кількість одночасно підірваних свердловинних зарядів ( $N$ ):

$$N = \frac{U_{m\phi 1}}{K_c} \cdot \left( \frac{r_1}{Q_{ef}^{1/3}} \right)^n \quad (5)$$

Ефективна маса свердловинного заряду виникає в результаті взаємодії між свердловинними зарядами і розраховується за формулою розосередженого заряду:

$$Q_{ef} = Q_1 \left[ \left( 1 - \frac{1}{N_{ef} b} \right) \times \left( C + \frac{1}{N_{ef} b} \right) \right] \quad (6)$$

$N_{ef}$  - кількість окремих зарядів, хвилі яких приймають участь у взаємодії зарядів;  $b$  - показник, що залежить від властивостей ґрунту через коефіцієнт затухання сейсмічної хвилі ( $b = \frac{3}{n} - 1$ );  $C$  - відносна відстань між окремими зарядами ( $C = \frac{a}{2r_H}$ ),  $a$  - відстань між окремими зарядами,  $r_H$  - радіус зони руйнування.

Визначені вище значення коефіцієнтів  $K_c$ ,  $N$  та  $n$  дозволили одержати емпіричну залежність щодо визначення сейсмічного ефекту (швидкість коливань ґрунту, см/с), від короткосповільненого підривання всього блоку із серії окремих свердловинних зарядів (конкретного діаметром свердловини) для конкретних умов проведення досліджень яка має вигляд:

$$U = K_c \times N \left( \frac{r}{Q_{ef}^{1/3}} \right)^{-n} \quad (7)$$

Розрахунки сейсдобезпечних відстаней ( $r_c$ , м) до будівель і споруд з допустимою, для цих об'єктів, швидкістю коливань її ґрунтової основи ( $U_{\text{доп}}$ , см/с) визначають по формулі:

$$r_c = \left( \frac{K_c N^{n/3}}{U_{\text{доп}}} \right)^{1/n} Q_{\text{еф}}^{1/3} \quad (8)$$

При використанні пропонованого методу прикмети, які відрізняють даний метод від відомого забезпечують підвищення точності у визначенні сейсдобезпечної кількості одночасно підірваних свердловинних зарядів і відстаней, що дозволяє при розрахунку відстаней щодо сейсмостійкості будівель і споруд, забезпечити їх цілісність без нанесення будь яких ушкоджень, пов'язаних з не прогнозованою сейсмічною дією, тим самим зменшуючи витрати на ремонт і підтримку в процесі їх експлуатації

Обґрунтованість того, що визначена фактична кількість підірваних зарядів відповідає сейсмічному ефекту (швидкість коливань ґрунту, см/с) від підриву серії свердловинних зарядів всього блоку витікає із виконаних експериментальних досліджень по вивченню закономірностей розповсюдження сейсмічних хвиль, збуджених дією короткосповільненого підриванням блоку із серії окремих свердловинних зарядів при його руйнуванні у кар'єрах.

В умовах кар'єру ТДВ «Рокитнянський спецкар'єр» з використанням сейсмоапаратури проведено короткосповільнене підривання блоку №21 із серії окремих свердловинних зарядів (діаметром 150 мм), разом із цією серією, на тому ж горизонті був підрваний ідентичний по конструкції і масі зарядів, ще окремо одиничний свердловинний заряд, в профілі блоків встановлювались точки реєстрації коливань з різним інтервалом відстаней між ними. Запис коливань в кожній точці від підриву одиничного і серії зарядів всього блоку проводять одночасно з одержанням осцилограм вибуху. По розшифровці осцилограм цих вибуху на різних відстанях ( $r_1=350$  м,  $r_2=620$  м), визначають швидкості коливань ґрунту, як від підриву одиничного зарядів,  $U_1=0,42$ см/с,  $U_2=0,21$ см/с так і від серії зарядів всього блоку  $r_1=350$  м  $U_{\text{МВ1}}=0,84$ ,  $r_2=450$ м;  $U_{\text{МВ2}}=0,61$  см/с. Маючи значення маси одиничного свердловинного заряду ( $Q_1=120$  кг), відстані від вибуху до кожної точки та швидкостей коливань ґрунту в цих точках складають систему рівнянь (1):

$$\begin{cases} 0,42 = K_c \times \left( \frac{350}{120^{1/3}} \right)^{-n} \\ 0,21 = K_c \times \left( \frac{620}{120^{1/3}} \right)^{-n} \end{cases}$$

Показник степені затухання (2):

$$n = \frac{\left[ \ln \left( \frac{0,42}{0,21} \right) \right]}{\left[ \ln \left( \frac{350}{620} \right) \right]} = 1,23$$

Коефіцієнт сейсмічності по формулі (3):

$$K_c = \frac{0,42}{\left(\frac{350}{4,92}\right)^{-1,23}} = 79,6,$$

які будуть рівними, як для умов підривання одиничного заряду, так і підриву всього блоку, тільки  $K_c$  збільшений на кількість одночасно підірваних свердловинних зарядів  $N$ , тоді залежності швидкості коливань ґрунту від серії зарядів всього блоку у двох точках  $r_1=350$  м  $U_{MB1}=0,84$ ,  $r_2=450$  м;  $U_{MB2} = 0,61$  см мають вигляд (4):

$$0,84 = 79,6 \times N \left(\frac{350}{Q_{ef}^{1/3}}\right)^{-1,23}; 0,61 = 79,6 \times N \left(\frac{450}{3,72}\right)^{-1,23}$$

Ефективна маса свердловинного заряду виникає в результаті взаємодії між свердловинними зарядами і розраховується за формулою (6) розосередженого заряду  $N=2$ ,  $b=1,46$  і  $C=0,11$ :

$$Q_{ef} = 120 \times 0,43 = 51,65^{1/3} \text{ кг} = 3,72 \text{ кг}$$

Із однієї із формул (4), одержують максимальну кількість одночасно підірваних свердловинних зарядів (на один ступінь уповільнення що не менше 17 мс) (5):

$$N = \frac{0,84}{79,6 \times \left(\frac{350}{3,72}\right)^{-1,23}} = 2,8 \approx 3$$

Емпірична залежність щодо визначення сейсмічного ефекту (швидкість коливань ґрунту, см/с), від короткосповільненого підривання всього блоку із серії окремих свердловинних зарядів (діаметром 150 мм) для умов ТДВ «Роки-тнянський спецкар'єр» має вигляд (7):

по методу автора: 
$$U = 79,6 \times N \left(\frac{r}{Q_{ef}^{1/3}}\right)^{-1,23}$$

Для прототипу визначення сейсмічного ефекту (швидкість коливань ґрунту, см/с), від короткосповільненого підривання всього блоку із серії окремих свердловинних зарядів (діаметром 150 мм) проводиться по існуючій формулі М.А. Садовського:

$$U = K \left(\frac{r}{Q_{ep}^{1/3}}\right)^{-n}, \text{ см/с} \quad (9)$$

Всі значення в (7) визначають по даним одержаним при проведенні масового вибуху блоку №21. Маючи значення максимальної маси одиничних свердловинних зарядів, які вибухають миттєво (з інтервалом <17 мс) відповідно схе-

ми вибухової мережі  $Q_{гр} = 480, \text{кг}$  (4 свердл.), дані  $r_1=350\text{м}$   $U_{\text{МВ1}}=0,84$ ,  $r_2=450$  м;  $U_{\text{МВ2}}=0,61\text{см/с}$ . складають систему рівнянь:

$$\begin{cases} 0,84 = K \left( \frac{350}{480^{1/3}} \right)^{-n} \\ 0,61 = K \left( \frac{450}{480^{1/3}} \right)^{-n} \end{cases}$$

$$n = \frac{\left[ \ln \left( \frac{U_2}{U_1} \right) \right]}{\left[ \ln \left( \frac{r_1}{r_2} \right) \right]} = \frac{\left[ \ln \left( \frac{0,61}{0,84} \right) \right]}{\left[ \ln \left( \frac{350}{450} \right) \right]} = 1,28$$

$$K_c = \frac{U_{\text{МВ1}}}{\left( \frac{r}{Q_{gp}^{1/3}} \right)^{-n}} = \frac{0,84}{\left( \frac{350}{480^{1/3}} \right)^{-1,28}} = 123$$

Та також одержують емпіричні залежності для прототипу щодо визначення сейсмічного ефекту (9):

$$U = 123 \left( \frac{r}{Q_{gp}^{1/3}} \right)^{-1,28} \quad \text{см/с}$$

Розрахунки визначення сейсмічного ефекту (швидкість коливань ґрунту, см/с) по одержаним емпіричним залежностям авторів (7) та прототипу (9) проведені для відстаней  $r_1=350$  м,  $r_2=450$  м. На цих відстанях були проведені сейсмовиміри і одержані значення швидкості коливань ґрунту від серії зарядів всього блоку у точках  $r_1=350\text{м}$ ;  $U_{\text{МВ1}}=0,84$  см/с та  $r_2=450$  м;  $U_{\text{МВ2}}=0,61\text{см}$ . Результати розрахунку приведені у порівняльній табл.1.

Таблиця 1

$r$ , м		350	450
$Q_{\text{груп}}$ , кг (по схемі КСП)		480	480
По ф-лі авторів	$N$ (ф-ла 5)	3	3
	$Q_1 \times N$	$120 \times 3 = 360$	<b>360</b>
$U$ , см/с	По прототипу (ф-ла 9)	0,94	0,69
	По ф-лі авторів (7)	0,89	0,64
	<b>Замірні дані</b>	<b>0,84</b>	<b>0,61</b>

Із табл.1 робиться висновок, що одержана емпірична залежність (7) по запропонованому способу відповідає даним вимірів до 6%, а прототип до 11%

тобто сейсмічному ефекту (швидкість коливань ґрунту, см/с) від підриву серії свердловинних зарядів всього блоку.

Розглянемо застосування розробленої методики на прикладі Лезникового кар'єру, який веде сумісний видобуток гранітних гірських порід на щебінь та блоки. Методикою передбачається вимірювання параметрів сейсмозривних хвиль (СВВ) від підриву серію, ідентичних по конструкції і масі зарядів, одиничних свердловинних зарядів ВР в кількості  $N_{\text{сум}}=58$  шт, з'єднаних однією мережею 57 шт/ з інтервалами сповільнення 25,40мс., а тільки останній свердловинний заряд №с58 з інтервалом сповільнення більше 200 мс. Попередній аналіз схеми вибухової мережі на блоці №3 (рис.1) показує, що час підривання всіх 57 шт. свердловинних зарядів становив 510 мс, а останнього свердловинного заряду №с58 -710 мс.

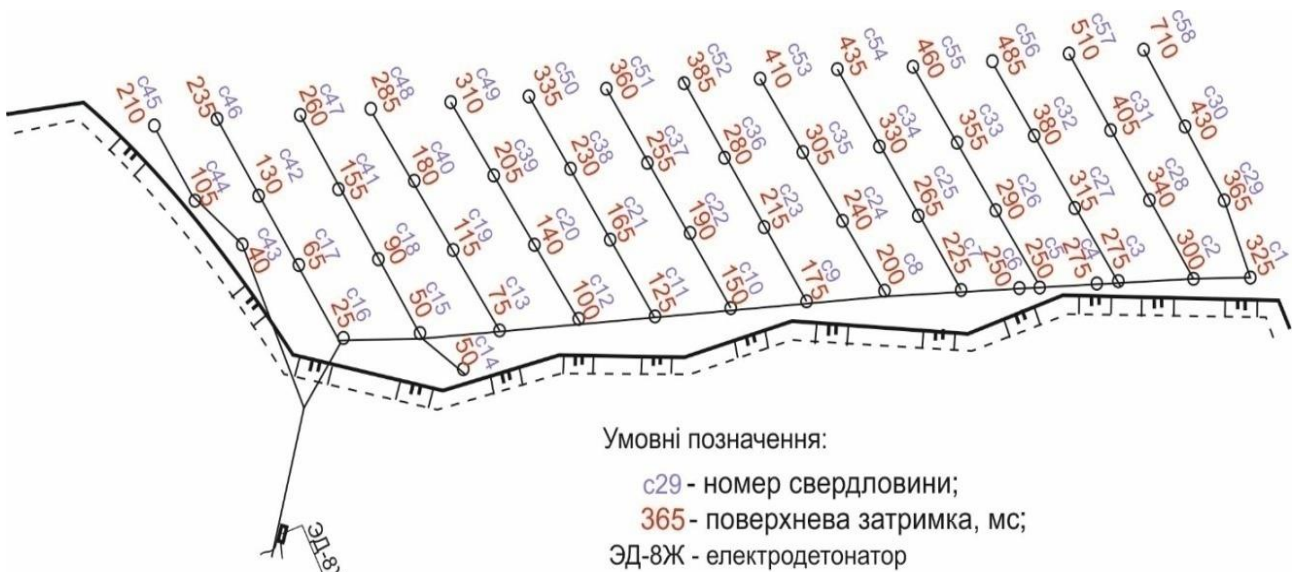


Рис. 1. Схема вибухової мережі блоку № 3

При проведенні сейсмовимірювальних робіт в профілі блоку в східному напрямку встановлюють точки реєстрації коливань з різним інтервалом відстаней між ними ( $r_1=206$  м,  $r_2=256$  м). Запис коливань в кожному пункту від підриву одиничного і серії зарядів всього блоку проводять з використанням аналого-цифрової вимірювальної апаратури : сейсмоприймачів СМ-3 і СМ-3В, аналого-цифрового перетворювача АЦП Е-440 та ПК типу ноутбук. Із одержаних, на різних відстанях від вибуху( $r_1, r_2$ ), осцилограмах, наведені на рис.2. видно, що вони відображають амплітуди швидкості коливань ( $U_{\text{МВ1}}; U_{\text{МВ2}}$ ), одержана, як від короткосповільненої дії всіх 57 свердловинних зарядів (права частина), так і від дії одного свердловинного заряду №с58 (ліва частина) з записом амплітуд швидкостей коливань ( $U_1, U_2$ ).

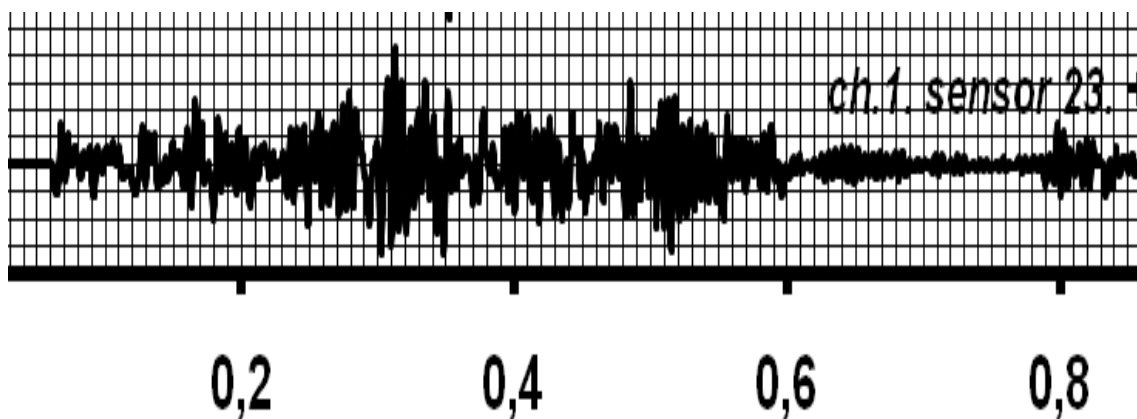


Рис.2. Осцилограма з фрагментами по визначенню максимальних значень швидкостей коливань ґрунту від вибуху одиничного заряду - справа ( $U_1=0,25$  см/с,  $U_2=0,35$  см/с) та масового вибуху - зліва ( $U_{MB1}=1,26$  см/с,  $U_{MB2}=0,8$  см/с.) параметрів сейсмовибухових хвиль (СВХ), які виникали при масових вибухах в кар'єрі, на відстанях 206 та 256 м від блоку, що підривався в східному напрямку одержаних від сейсмоприймачів – СМ-3, аналого-цифрового перетворювача АЦП Е-440 і ПК типу ноутбук.

По розшифровці осцилограм (рис.2) від вибуху на різних відстанях ( $r_1, r_2$ ), визначають швидкості коливань ґрунту, як від підриву одиничного заряду,  $U_1=0,25$  см/с,  $U_2=0,35$  см/с так і від серії зарядів всього блоку  $U_{MB1}=1,26$  см/с,  $U_{MB2}=0,8$  см/с. Маючи значення маси одиничного свердловинного заряду ( $Q_1=248$  кг), відстані від вибуху до кожної точки та швидкостей коливань ґрунту в цих точках складають систему рівнянь (1):

$$\begin{cases} 0,25 = K_c \times \left( \frac{206}{248^{1/3}} \right)^{-n} \\ 0,35 = K_c \times \left( \frac{256}{248^{1/3}} \right)^{-n} \end{cases}$$

Показник степені затухання (2):

$$n = \frac{\left[ \ln \left( \frac{0,35}{0,25} \right) \right]}{\left[ \ln \left( \frac{206}{256} \right) \right]} = 1,56$$

Коефіцієнт сейсмічності по формулі (3):

$$K_c = \frac{0,25}{\left( \frac{206}{248^{1/3}} \right)^{-1,56}} = 59$$

які будуть рівними, як для умов підривання одиничного заряду, так і підриву всього блоку, тільки  $K_c$  збільшений на кількість одночасно підірваних свердло-



винних зарядів  $N$ , тоді залежності швидкості коливань ґрунту від серії зарядів всього блоку у двох точках  $U_{MB1}=1,26$  см/с,  $U_{MB2}=0,8$  см/с.  $r_1=206$  м  $U_{MB1}=0,84$ ,  $r_2=256$  м;  $U_{MB2}=0,61$  см мають вигляд (4):

$$1,26 = 59 \times N \left( \frac{206}{169^{1/3}} \right)^{-1,56} ; 0,8 = 59 \times N \left( \frac{256}{169^{1/3}} \right)^{-1,56}$$

Ефективна маса свердловинного заряду виникає в результаті взаємодії між свердловинними зарядами і розраховується за формулою (6) розосередженого заряду  $N=2$ ,  $b=2$  и  $C=1,1$ :

$$Q_{\text{эф}} = 248 \left[ \left( 1 - 0,65 \frac{1}{4^2} \right) \times \left( 1,1 + 0,65 \frac{1}{4^2} \right) \right] = 169,4 \text{ кг}$$

Із однієї із формул (4), одержують максимальну кількість одночасно підірваних свердловинних зарядів (на один ступінь уповільнення що не менше 17 мс (5):

$$N = \frac{1,26}{59} \cdot \left( \frac{206}{169^{1/3}} \right)^{-1,56} = 7,2 \text{ приймаємо } 7 \text{ свердловин}$$

Емпірична залежність щодо визначення сейсмічного ефекту (швидкість коливань ґрунту, см/с), від коротко-сповільненого підірвання всього блоку із серії окремих свердловинних зарядів (діаметром 150 мм) для умов Лезникового кар'єру має вигляд (7):

по методу авторів 
$$U = 59 \times N \left( \frac{r}{Q_{\text{эф}}^{1/3}} \right)^{-1,56}$$

Емпірична залежність щодо визначення сейсмобезпечних відстаней ( $r_c$ , м) від підриваємого блоку до об'єкту, що охороняється має вигляд (8):

$$r_c = \left( \frac{59 N^{1,56/3}}{U_{\text{доп}}} \right)^{1/1,56} 169^{1/3}$$

Розрахунки сейсмобезпечної відстані, для охоронного об'єкту, в залежності від кількості одночасно підірваних свердловинних зарядів  $N$  (маса заряду в максимальній групі  $Q_{\text{груп}}=N \cdot Q_{\text{эф}}$ ) з різною допустимою швидкістю коливань ( $U_{\text{доп}}$ ) визначають, сейсмобезпечну відстань ( $r_c$ , м) до будівель і споруд, приведені в табл. 2

Пропонований спосіб дає можливість оцінити реальну максимальну кількість свердловинних зарядів, які миттєво підриваються (максимальна маса вибухових речовин на одне сповільнення) і які визначають сейсмічну дію всього масового вибуху. Тому, використовуючи ці значення, при розрахунку сейсмостійкості будівель і споруд, забезпечується їх цілісність без нанесення будь яких

ушкоджень, пов'язаних з непрогнозованою сейсмічною дією, тим самим зменшуючи витрати на ремонт і підтримку в процесі їх експлуатації.

Таблиця 2.

Дані розрахунку сейсмобезпечної відстані в залежності від кількості одночасно підірваних свердловинних зарядів  $N$  (максимальної маси вибухових речовин на одне сповільнення  $Q_{\text{мак}}$ ) для різних допустимих  $U_{\text{доп}}$  значень швидкостей коливань

$r_c$ м	$K_c$	$U_{\text{доп}}$ , см/с	$n$	$Q_{\text{еф}}$ кг	$Q_{\text{мак}}=N Q_{\text{еф}}$ кг	$N$
13,1	59	15,0	1,56	169	169	1
30,5	59	15,0	1,56	169	338	2
20,7	59	15,0	1,56	169	676	4
22,28	59	5,0	1,56	169	845	5
23,7	59	5,0	1,56	169	1014	6
24,9	59	15,00	1,56	169	1183	7
50,4	59	5,0	1,56	169	1183	7

**Висновки.** 1. Сейсмічний ефект коротко-сповільненого підриву серії ідентичних по конструкції і масі свердловинних зарядів у кар'єрі необхідно сприймати як результат підриву окремих свердловинних зарядів і яка фактично є групою розосереджених одиночних зарядів, а не як умовних зосереджених зарядів.

2. Розроблений метод сейсмобезпечних параметрів КСП щодо визначення кількості свердловинних зарядів на ступінь уповільнення по результатам моніторингу короткосповільненого підривання, у просторі, усіх свердловинних зарядів та відокремленого (інтервалом сповільнення) в часі-одиночного заряду дозволив підвищити на 15-25% точність прогнозування сейсмічних коливань ґрунотної основи навколишніх будівель і споруд тим самим забезпечити їх сейсмостійкість від негативної дії кар'єрних вибухів.

3. Проведена перевірка розробленого методу оцінки сейсмоефекту по результатам аналізу моніторингу МВ в умовах ТДВ «Рокитнянський спец-кар'єр», Лезниковського та ВАТ «Вирівський кар'єр» гранітних кар'єрів, і одержані відповідні емпіричних залежностей, щодо визначення безпечних параметрів сейсмічних хвиль на об'єкти, що охороняються різного призначення.

#### Перелік посилань

1. Фокин, В.А. (2010). Оценка сейсмического действия массового взрыва при инициировании скважинных зарядов электронными детонаторами. *Горный журнал*, (7), 65-67.
2. Совмен, В.К., Кутузов, Б.Н. & Эквист, Б.В. (2012). *Сейсмическая безопасность при взрывных работах*. Москва: Горная книга, 228с.

3. Меньшиков, П.В. (2011). Сравнительный анализ фактических и номинальных интервалов замедления неэлектрических систем инициирования. Горный информационно-аналитический бюллетень,(2), 277-282.
4. Эквист, Б.В. (2009). *Обоснование и разработка методов повышения безопасности сейсмического проявления короткозамедленного взрывания на горных предприятиях*. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, 218 с.
5. Орленко, Л.П. (2002). *Физика взрыва*. Москва: Физматлит, 832 с.
6. Кузьменко, А.О. (2000). Параметры пружных хвиль при взрывах розосереджених зарядів. *Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Серія "Гірництво"*,(3), 45-51.
7. Національний стандарт України. Вибухи промислові. Методи визначення фактичної сейсмостійкості будівель і споруд. (2009). *ДСТУ 7116:2009*. Київ : Держспоживстандарт, 6 с.
8. Бойко, В.В. (2012). *Проблеми сейсмічної безпеки вибухової справи у кар'єрах України: монографія*. Київ: ТОВ «Видавництво Сталь», 234 с.

## АННОТАЦІЯ

**Цель.** Исследование особенностей и закономерностей сейсмического эффекта при применении короткосповильненого взрыва системы скважинных зарядов взрывчатого вещества (ВВ) для снижения сейсмического воздействия на окружающие охранные объекты.

**Методика исследований** заключается в осмотре и совершенствованию известных методов прогнозирования сейсмической безопасности при кратко- замедленном массовом взрыва по оценке влияния отдельного скважинного заряда для повышения точности и надежности оценки сейсмобезопасности колебаний грунта в основании зданий, охраняемых для обеспечения их сейсмостойкости.

**Результаты исследований.** За счет того, что в коммутационную схему кратко- замедленного подрыва из серии идентичных по конструкции и массе скважинных зарядов последнюю скважину монтируют стандартным взрывателем с увеличенным интервалом замедления, то при регистрации сейсмических и ударно-воздушных волн такого массового взрыва получают осциллограмм с одновременной записью колебаний как всей серии и отдельно одного скважинного заряда. Последний принимается за эталон, в оценке фактически сдетонировавшим количество зарядов в одной группе, которая определяет сейсмическое воздействие колебаний грунта в основании зданий, охраняемых (скорость колебаний грунта, см / с). И как показала практика фактические значения колебаний грунта в основании зданий, охраняемых отличается от рассчитанной в проекте буровзрывных работ.

**Научная новизна.** Используя результат экспериментальных исследований сейсмического воздействия короткосповильненых массовых взрывов (МВ) и одного скважинного заряда, как такие, что от наложения одиночных взрывов рассредоточенных зарядов, разработана методика по определению фактического количества одновременно взорванных скважинных зарядов, которая позволяет реально определить сейсмическое воздействие МВ на охраняемые объекты, и которые не всегда совпадают с паспортом МВ. Таким образом, сейсмический эффект короткосповильненых массовых взрывов группы зарядов, состоящий из серии идентичных по конструкции и массе отдельных скважинных зарядов и фактически является группой рассредоточенных одиночных зарядов и которая оценивается по параметрам этого заряда.

**Практическое значение.** Разработанный авторами метод сейсмической безопасности короткосповильненого массового взрыва по оценке отдельного скважинного заряда дает возможность оценить реальную максимальное количество скважинных зарядов, которые мгновенно подрываются и определить скоростей колебаний грунтового основания у зданий и сооруже-

ний созданных от всего массового взрыва. Поэтому, используя эти значения, при расчете сейсмостойкости зданий и сооружений, обеспечивается их целостность без нанесения каких-либо повреждений, связанных с непрогнозируемым сейсмическим действием, тем самым уменьшая затраты на ремонт и поддержание в процессе их эксплуатации

**Ключевые слова:** *скорость оползня, коэффициент сейсмичности, номинальный и фактический время срабатывания детонатора, единичный заряд, массовый взрыв, эффективная масса скважинного заряда, количество зарядов.*

### **ABSTRACT**

**Purpose.** Investigation of the features and patterns of the seismic effect in the application of a short-wave explosion of the system of borehole explosive charges (BP) for reducing the seismic action on surrounding security objects.

**The research methodology** is to review and improve the known methods of forecasting seismic security in a short-delayed mass explosion to assess the impact of a separate wellbore to improve the accuracy and reliability of assessing the seismic safety of soil fluctuations in the basis of protected buildings to ensure their seismic stability.

**Findings.** Due to the fact that in the short-delay circuit breakdown of a series of identical designs and mass of borehole charges, the last well is mounted with a standard detonator with an increased slowness interval, then when registering seismic and shock-air waves of such a massive explosion, oscillograms are obtained with the simultaneous recording of oscillations as the entire series and separately one borehole charge. The latter is accepted as a benchmark for evaluating the actual number of charges in one group, which determines the seismic effect of soil fluctuations in the basis of protected buildings (the rate of soil fluctuations, cm / sec). And as practice has shown, the actual values of soil fluctuations in the basis of guarded buildings differs from the design of drilling and blasting works.

**The originality.** Using the results of experimental studies of seismic effects of short-slowned mass explosions (ME) and one well-bore charge, such as those obtained from imposing single explosions of dispersed charges, a method for determining the actual number of simultaneously exploded borehole charges has been developed, which makes it possible to determine the seismic effect of ME on protected objects that do not always coincide with the ME certificate. Thus, the seismic effect of short-wave mass explosions of a group of charges consisting of a series of identical in design and mass of individual borehole charges and which is actually a group of dispersed solitary charges and which is estimated by the parameters of this charge.

**Practical implications.** Created by the authors of the method of seismic security short-delayed mass explosion for the evaluation of a separate well-bore charge gives an opportunity to estimate the real maximum number of borehole charges that are instantly undermined and determine the rate of fluctuations of the soil basis near the buildings and structures created from the mass explosion. Therefore, using these values, when calculating the seismic stability of buildings and structures, they are provided with integrity without causing any damage associated with unpredictable seismic action, thereby reducing the cost of repairs and maintenance during their operation.

**Key words:** *soil shear rate, seismic coefficient, nominal and actual detonator operating time, single charge, mass explosion, effective mass of well bore charge, number of charges.*