

УДК 622.023.2

Пасько М.В., студент гр. ОБ-61м

Науковий керівник: Зуєвська Н.В., д.т.н., професор кафедра геотехніки

(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна)

## ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАЛІЗИСТИХ КВАРЦИТІВ І ВИБУХОВОЇ РЕЧОВИНИ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Проведені розрахунки залізистих кварцитів та вибухової речовини виходячи з даних ультразвукових досліджень, представлена методика перерахунку їх статичних і динамічних пружних властивостей. Розраховані основні гідродинамічні параметри детонаційних хвиль і продуктів детонації. Визначенні данні можна використовувати для подальшого комп'ютерного моделювання в динамічних пакетах.

Ключові слова: кар'єр, скельні породи, динамічні властивості, моделювання, вибухова речовина, вибух

При розробці родовищ корисних копалин відкритим способом особливого значення набуває проблема стійкості породних укосів уступів і бортів кар'єрів.

Основні завдання геомеханіки стосовно стійкості уступів і бортів кар'єрів полягає у визначенні таких їх параметрів, при яких забезпечується безпека гірських порід і досягається висока економічність виробництва.

Сучасний стан гірничої промисловості, в силу постійно 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.

Визначення основних динамічних характеристик породи. До динамічних властивостей гірських порід належать пружні динамічні (динамічний модуль пружності, динамічний коефіцієнт Пуассона, динамічний модуль зсуву) 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 [1].

Визначаємо динамічні пружні властивості породи [2].

Динамічний модуль зсуву

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

де  $V_s$  – швидкість розповсюдження поперечної хвилі 2590 м/с [3]

$\rho$  – щільність породи 3300 кг/м<sup>3</sup>

Динамічний модуль пружності [2]

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

Динамічний коефіцієнт Пуассона

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

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

Стала Ляме

$$\lambda = \rho \times (V_p^2 - 2 \times V_s^2) = 3300 \times (4310^2 - 2 \times 2590^2) = 1,7 \times 10^{10}.$$

В якості ВР обраний Анемікс 70 щільністю 1220 кг / м<sup>3</sup>. 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 ВВ 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 розраховані за формулами:

Розраховуємо для вибухової речовини Анемікс 70

Визначаємо щільність ВР на фронті детонаційної хвилі [5]

$$\rho = \frac{4}{3} \times \rho_0,$$

де  $\rho_0$  – початкова щільність ВР кг/м<sup>3</sup>

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

Визначаємо масову швидкість за фронтом детонаційної хвилі

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

де D – швидкість детонації м/с

Визначаємо тиск у точці Чепмена-Жуге

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

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

Визначаємо тиск на фронті детонаційної хвилі

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

де c – швидкість звуку у ВР (для Анемікс 70 c = 3750 м/с),

$P_0$  – атмосферний тиск 101,3 кПа..

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

### Перелік посилань

1. Зуєвська Н.В., Ванчак М.І., Туровський М.В. Оцінка деформацій підземної конструкції під впливом вибухового навантаження. – 2015. – 36 с.
2. Прикладна геодинаміка вибуху в гірництві та геотехнічному будівництві: монографія / В.Г. Кравець, О.О. Вовк, В.В. Котенко, О.М. Терентьєв. – Житомир: ЖДТУ, 2012. – 164 с.
3. Чала О.М. Оцінка і прогнозування сейсмостійкості бортів кар'єру в умовах багато блокових масових вибухів : дис. ... к.т.н. / Чала Ольга Миколаївна. – К., 2011. – 143 с.