

ГЕОМЕХАНІКА

УДК 624.139.262

DOI 10.20535/2079-5688.2017.34.100629

А.І. Крючков, к.т.н., доц., **А.І. Бахтин**, студент (КПІ ім. Ігоря Сікорського)**ЗАКОНОМІРНІСТЬ ШВИДКОСТІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ
СЕЙСМІЧНИХ ХВИЛЬ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ТА
ГЛИБИНИ ПРОМЕРЗАННЯ ҐРУНТУ****A.I. Kriuchkov, A.I. Bakhtyn** (Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute)**THE PATTERN OF VELOCITY EXPANSION OF THE SEISMIC
WAVES DEPENDING ON THE TEMPERATURE AND DEPTH OF ROCK**

Встановлено закономірність зміни швидкості сейсмічних хвиль при промерзанні масиву гірських порід з глибиною, яка дозволяє спрогнозувати передачу та розподіл енергії сейсмічних хвиль на різній глибині гірського масиву та утворення хвильового каналу між скельною породою та промерзлим ґрунтом.

Ключові слова: швидкість сейсмічних хвиль; температура; глибина; гірський масив; промерзання.

Установлена закономерность изменения скорости сейсмических волн при промерзании массива горных пород с глубиной, которая позволяет спрогнозировать передачу и распределение энергии сейсмических волн на разной глубине горного массива и образования волнового канала между скальной породой и промерзшим ґрунтом.

Ключевые слова: скорость сейсмических волн; температура; глубина; горный массив; промерзания.

The pattern of velocity changes of seismic waves during freezing of rock mass with a depth was established. This pattern allows predicting the transmission and distribution of energy of seismic waves at different depths of the rock massif and the formation of the wave channel between the rocks and frozen ground.

Keywords: velocity of seismic waves; temperature; depth; rock massif; freezing.

Вступ. Проведення буро-підричних робіт на кар'єрі негативно впливає на стійкість його бортів. З практики проведення робіт відомо, що ступінь такого впливу залежить як від технологічних чинників, так і від зміни температури та вологості масиву гірських порід влітку та взимку.

Основна частина енергії сейсмічних хвиль, що розповсюджується від місця вибуху до охороняємих об'єктів, зосереджена в порівняно вузькому діапазоні частотного спектра коливань, параметри яких залежать від геологічної будови, вологості та температури ділянки гірського масиву, що розглядається. Небезпека руйнування охороняємих об'єктів значно зростає при низьких температурах. Швидкість сейсмічних хвиль залежить від температури,

тобто зі зниженням температури гірської породи зростає швидкість, а енергія, яка передається може збільшитися більш ніж в 8 разів.

Мета роботи. Встановлення закономірності та аналітичної залежності зміни швидкості сейсмічних хвиль від температури та глибини гірського масиву.

Результати досліджень. Відомо, що процес промерзання ґрунтового шару завжди супроводжується формуванням додаткових полів напружень і деформацій в ґрунті і контактуючих з ним об'єктах (борти кар'єра, трубопроводи, фундаменти, стіни) [1].

Очевидно, що достовірна оцінка пружно – деформаційного стану в масиві ґрунту і взаємодіючих з ним конструкцій багато в чому залежать від точності прогнозу температурних полів в масиві гірських порід [1].

В науковій літературі прийнято виділяти наступні основні різновиди даної задачі. В 1831 р. Г. Ламе і Б. Клапейроном була сформульована постановка одновірної задачі про промерзання вологого ґрунту і був вирішений спрощений її варіант, внаслідок доповнень Й. Стефаном. В цьому випадку пропонується утворення мерзлої і талої зон, а також пересувного фронту промерзання. Вважається, що всі фазові переходи відбуваються при одній температурі. Що відповідає промерзанням грубодисперсних порід [1].

Г. М. Фельдманом [2] показано, що при виконанні практичних розрахунків міграцію вологи можна не враховувати без великих втрат точності. Використовуючи це припущення, в роботі вирішується задача зміни температури та швидкості проходження сейсмічних хвиль з глибиною гірського масиву.

На глибину промерзання впливають температура навколишнього повітря, сніговий покрив і його характеристика; вологість і фізико-механічні властивості ґрунту; рівень ґрунтових вод; рельєф місцевості і характер рослинного покриву, а також інші фактори.

Для оцінки температурного впливу проведені експерименти [3], які дозволили встановити залежність температури мерзлих ґрунтів від глибини промерзання (рис. 1):

$$T_{г\ z}; T_{п} = T_{п} \left(1 - \frac{z}{A} \right), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (T_{п} < 0^\circ\text{C}) \quad (1)$$

де $T_{г\ z}; T_{п}$ – температура ґрунту на глибині z при температурі поверхні ґрунту $T_{п}$, $^\circ\text{C}$; z – глибина залягання шару ґрунту, м; A – температурний коефіцієнт (для Київської області $A \approx 1/2$).

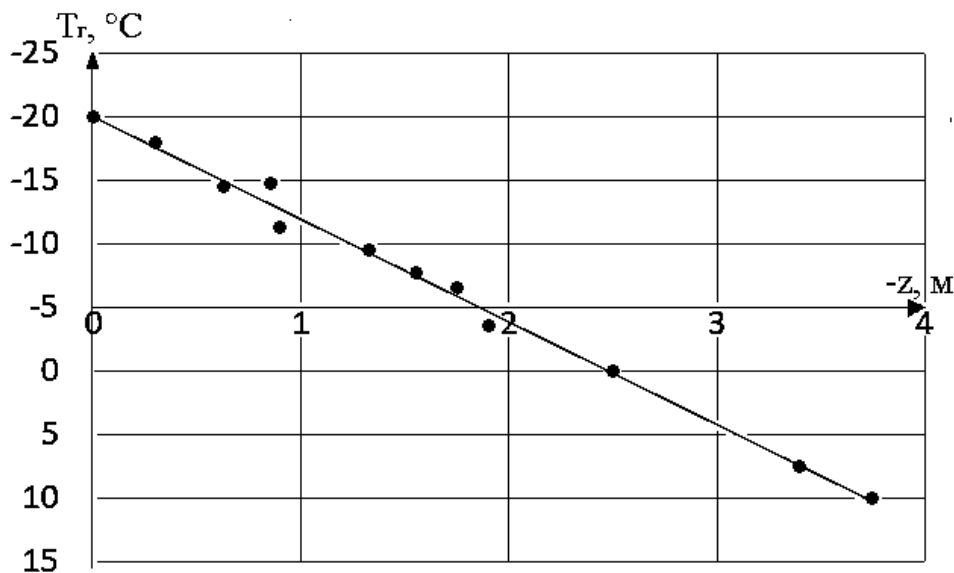


Рис. 1. Зміна температури ґрунту з глибиною

Для всіх типів мерзлих ґрунтів при переході значення температури через нуль і подальше її зниження є характерне стрибкоподібне підвищення швидкості сейсмічних хвиль. Величина стрибка визначається типом ґрунту, його вологістю і мінералізацією [4].

$$C_p T_{\Gamma} = C_{max} - C_{min} \exp -\exp \frac{T-\theta}{\sigma_T} + C_{min}, \quad (2)$$

де C_{max} – максимальне встановлене значення швидкості поздовжніх хвиль при від'ємних температурах; C_{min} – мінімальне встановлене значення швидкості поздовжніх хвиль при додатних температурах; T – поточне значення температури гірської породи, °C; θ – параметр залежності, який відповідає температурі при умові $\frac{\partial C_p(T)}{\partial T^2} = 0$ і відповідає максимальній інтенсивності переходу порід з мерзлого стану в талий, °C; σ_T – визначає діапазони температур переходу з замерзлого стану в талий.

Використовуючи залежності (1) та (2), одержим залежність зміни швидкості повздовжніх хвиль від глибини промерзання ґрунту z (рис. 2)

$$C_p T = C_{max} - C_{min} \exp -\exp \frac{(T_n(1-A \cdot z) - \theta)}{\sigma_T} + C_{min}. \quad (3)$$

Аналіз одержаної закономірності показав, що враховуючи залежності для швидкості хвиль приповерхневого замерзлого шару ґрунту (AB), незамерзлого шару ґрунту (BC), скельної породи (CD), слід розглядати багат шаровий масив (AD), як хвильовий канал, що обов'язково необхідно врахувати при передачі енергії вибуху борту кар'єра.

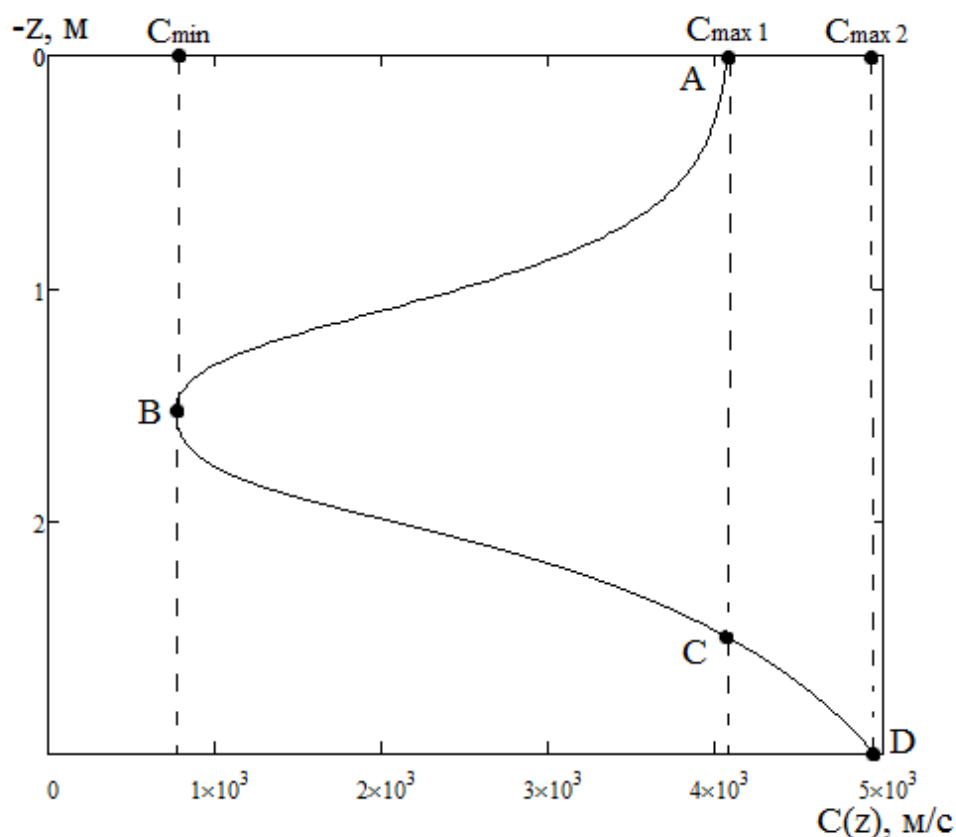


Рис. 2. Залежність швидкості поширення сейсмічної хвилі від глибини гірського масиву

Висновки

1. При промерзанні приповерхневий шар ґрунту різко змінює швидкість проходження сейсмічних хвиль, свою міцність та здатність до поглинання сейсмічної енергії.

2. На максимальній глибині промерзання (т. С) швидкість хвиль буде мінімальною.

3. Нижче ґрунтового шару швидкість хвиль буде знову зростати у відповідності зі зростанням щільності і міцності скельної породи.

4. Таким чином замерзлий шар ґрунту (АВ), незамерзлий шар ґрунту (ВС) та шар скельної породи (СD) створюють каналні умови проходження сейсмічних хвиль, що обов'язково необхідно враховувати при оцінці стійкості бортів кар'єру та об'єктів, що охороняються.

Посилання

- [1] З. Тер-Мартirosян, и П. Горбачев, «Промерзание ґрунта с учетом переменной температуры на поверхности и фазовых переходов в интервале температур», *Вестник МГСУ. Проектирование и*

конструирование строительных систем. Проблемы механики в строительстве., №1, с. 32-36, 2012.

- [2] Г.М. Фельдман, *Методы расчета температурного режима мерзлых грунтов.* Москва, СССР: Наука, 1973.
- [3] И.З. Дроговейко, *Разрушение мерзлых грунтов взрывом.* Москва, СССР: Недра, 1981.
- [4] А. Крючков, «Закономірність швидкості розповсюдження повздовжніх сейсмічних хвиль в залежності від температури та вологості гірських порід» на VIII Міжнар. Наук.-практ. конф. Енергетика. Екологія. Людина, Київ, 2016, с. 13-15.

Стаття надійшла до редакції 23.05.2017р.

УДК 622.255.5:539.43

DOI 10.20535/2079-5688.2017.34.102220

Ю.І. Войтенко, д.т.н., головний науковий співробітник, **О.В. Ковтун**, провідний інженер-геолог (Український державний геологорозвідувальний інститут)

ПРО В'ЯЗКЕ ТА КРИХКЕ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ПРИ УДАРІ ТА ВИБУХУ

Yu.I. Voitenko, O.V. Kovtun (Ukrainian State Geological Research Institute)

ON FRACTURING OF BRITTLE AND DUCTILE ROCKS BY IMPACT AND EXPLOSION

В статті проаналізовано відомі критерії крихкого та в'язкого руйнування гірських порід та модельних матеріалів. Показано, що для оцінки крихкості руйнування при ударі та вибуху найкраще підходять критерії, запропоновані Г.П. Черепановим і А.С. Баланкіним. Виходячи із цих критеріїв переважна більшість гірських порід руйнується як крихкі матеріали з утворенням дисипативних структур (ДС), в тому числі ДС у вигляді рівномірно розподілених мікротріщин по об'єму гірської породи за винятком вузького класу глинистих осадових порід та деяких сортів вугілля, де переважно створюється ДС у вигляді зони пластичної деформації. Формування дисипативних структур у вигляді локальних мікро- та макротріщин при дії вибуху та удару в монолітних породах має хвильову природу.

Ключові слова: в'язке та крихке руйнування; розміщення; коефіцієнт інтенсивності напруг; вибух; удар; дисипативна структура.

В статье проанализированы известные критерии хрупкого и вязкого разрушения горных пород и модельных материалов. Показано, что для оценки хрупкости разрушения при ударе и взрыве лучше всего подходят критерии, предложенные Черепановым Г.П. и