

УДК 622.24

**О.А. ПАЩЕНКО, В.Ф. ГАНКЕВИЧ**, кандидати техн. наук  
(Україна, Дніпро, Державний ВНЗ "Національний гірничий університет")

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ РЕЗЕРВИ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ РУЙНУВАННЯ В УМОВАХ ДІЇ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ**

### *Актуальність*

Однією з найважливіших виробничих проблем на разі є паливно-енергетична. Тому створення енерго- і ресурсозберігаючих технологій, що забезпечують зниження витрат на руйнування гірських порід є важливою задачею. Це підтверджує актуальність робіт зв'язаних з удосконалюванням породоруйнівного інструмента і технології проведення робіт.

Останнім часом з'явилася необхідність у руйнуванні гірських порід, що залягають на великих глибинах і в складних гірничо-геологічних умовах. У зв'язку з цим слід зазначити відсутність будь-яких методик з розрахунку технічних засобів і технологій проведення робіт при значному гідростатичному тиску, а також недостатню дослідженість процесів руйнування гірських порід, що протікають при руйнуванні. З виробничих даних і літературних джерел відомо, що руйнування гірських порід у водному середовищі, у порівнянні з повітряним, вимагає значно більших витрат енергії. Досвід проведення робіт показує, що головний резерв скорочення витрат часу і коштів, полягає в удосконалюванні технології руйнування.

Тому однією з актуальніших задач по зниженню енергетичних витрат при бурінні свердловин є розробка ресурсозберігаючої технології для зменшення додаткових енерговитрат, які виникають від дії гідростатичного тиску.

Вирішення цієї задачі, зі зниження дії гідростатичного тиску дозволить:

- знизити енерговитрати і ресурсовитрати на 10-15%;
- підвищити продуктивність руйнування;
- скоротити терміни освоєння родовища;
- підвищити якість матеріалу що отримується.

### *Основний матеріал*

Аналітичні дослідження виконані в НГУ на кафедрі техніки розвідки РКК дозволили встановити критерій енергетичної ефективності руйнування гірських порід. Таким критерієм є питома мінімальна енергоємність руйнування. Вона визначається як відношення сили відриву до площі знову утвореної поверхні. При цьому навантаження зразка гірської породи проводиться шляхом осьового переміщення пуансона вбік вільної поверхні до відділення елемента гірської породи з криволінійної утворюючої від зразка. Мінімальна енергоємність руйнування є власною характеристикою гірської породи і може служити критерієм для дослідження впливу зовнішніх факторів на процес руйнування.

## Загальні питання технологій збагачення

Відомо, що при руйнуванні гірської породи у водному середовищі під час відділення елемента гірської породи від вибою утворюється різниця тисків, між тиском на вільну і на знов утворену поверхню. Величина цієї різниці тисків залежить від величини гідростатичного тиску, швидкості відриву, в'язкості рідини, її щільності та т.і. Необхідно також враховувати властивості гірської породи, що руйнується: щільність, пористість, міцність і ін. Робота інструменту у водному середовищі вимагає великих витрат енергії на переміщення зруйнованої породи і подолання гідродинамічного опору при русі самого інструмента.

Тиск обумовлений наявністю стовпа промивної рідини, при цьому, якщо рідина знаходиться в нерухомому стані, тиск називається гідростатичним, якщо потік рідини знаходиться в русі, то тиск є гідродинамічним. Тому що рідина повинна забезпечувати промивання, тобто переміщатися, то буде діяти гідродинамічний тиск. Величина гідродинамічного тиску залежить від висоти стовпа рідини, її щільності, і надлишкового тиску, що виникає через місцеві гідравлічні опори при циркуляції рідини, та залежить від напрямку, швидкості і характеру потоку рідини.

Використовуючи результати експериментальних досліджень стосовно бурових робіт було встановлено, що зі збільшенням глибини свердловини при постійній швидкості буріння різко зростають енерговитрати. Характер залежності наведено на рис. 1.

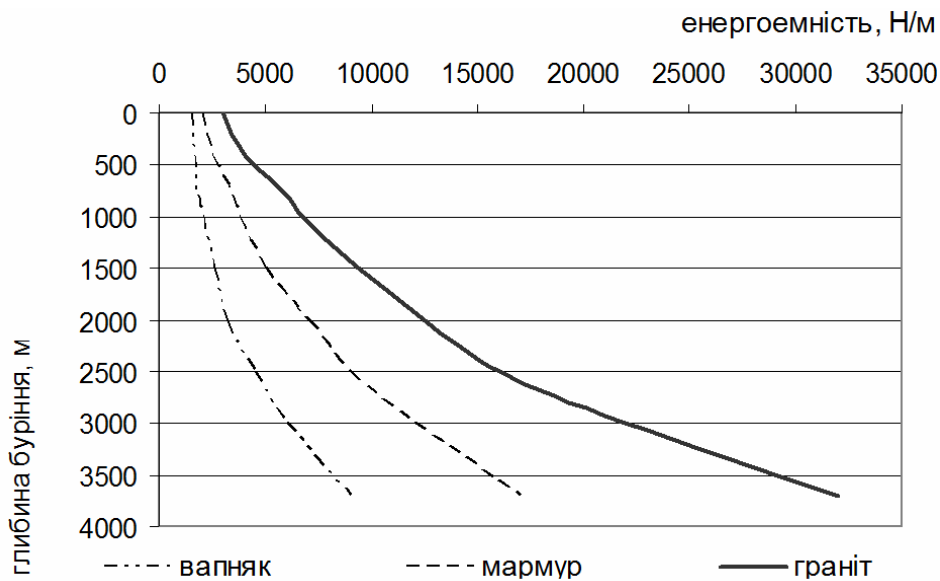


Рис. 1. Залежність енергоємності руйнування від глибини

Сила відриву елемента від масиву у в'язкопластичній рідині розраховується по формулі:

$$F = P \frac{bl}{2} + \frac{9h^5 m}{128\eta^2 l^4} \left( \Delta p - \frac{\tau_0 l}{h} \right)^2. \quad (1)$$

де  $P$  – гідростатичний тиск;  $\Delta P$  – різниця тисків;  $h, b$  – висота, ширина розкриття щілини відповідно;  $\eta$  – динамічна в'язкість рідини,  $\tau_0$  – початкова напруга зрушення.

Аналіз залежності показує, що енерговитрати в даних умовах визначаються в основному розмірами відокремлюваного елемента, параметрами рідини і швидкістю відділення елемента гірської породи.

Зусилля відриву прямо пропорційно площі знову утвореної поверхні і гідростатичному тиску.

Залежність зусилля відриву від в'язкості рідини має квадратичну залежність, зі збільшенням в'язкості зусилля відриву збільшується.

Швидкість відриву визначає швидкість розкриття тріщини.

При різних способах руйнування енерговитрати на руйнацію породи будуть різними (таблиця).

Питомі енерговитрати для різних способів руйнування гірських порід

Способи руйнування гірських порід	Властивості порід, що руйнуються, міцність, МПа	Питомі енерговитрати кВт·ч/м <sup>3</sup>
Різання	20-50	3-7
Ударний	160-200	6-7
Вібраційний	10-20	0,1
Задавлювання	до 20	0,5
Ударно-обертальний	80-180	10-43
Комбінований	50-200	5-20
Гідродинамічний	Менш 120	3-20
Гідроімпульсний	Менш 120	0,3-5

Інформативною характеристикою ефективності способу руйнування є також коефіцієнт енергоємності  $K_3$ , обумовлений відношенням питомої витрати енергії на руйнування до тимчасового опору порід одноосьовому тиску

Спосіб руйнування:	$K_3$
Механічні:	
– ударники з великою енергією	0,5
– шарошечне буріння	0,7
– обертальне різання	0,9
– ударно-обертальне	0,8
Гідравлічні:	
– імпульсний струмінь високого тиску	1,0
– струмінь високого тиску	45,0
– низькошвидкісний струмінь	85,0

## Загальні питання технологій збагачення

Аналізуючи вищесказане, оптимальним способом руйнування гірських порід по показниках енергоємності процесу і споживаної потужності, з можливістю його застосування під водою, є ударно-обертальний спосіб ( $K_s = 0,8$ ).

Для визначення енергоємності відриву елемента в умовах дії гідростатичного тиску була розроблена методика проведення досліджень впливу гідростатичного тиску на енергоємність процесу руйнування гірських порід [4]. Суть методики полягає в тому що, заздалегідь підготовлений зразок гірської породи розташовується на оправці, діаметр якої дозволяє уникнути впливу крайових ефектів. Відрив здійснюється за рахунок переміщення пуансона заданого діаметра у бік вільної поверхні зразка. В залежності від методики досліджень відрив здійснюється в атмосферних умовах, або при гідростатичному тиску. При цьому фіксується зусилля відриву. Після відділення вимірюються геометричні параметри відділеного елемента: висота –  $H_{пред}$ , діаметр основи –  $D_{пред}$  (рис. 2).

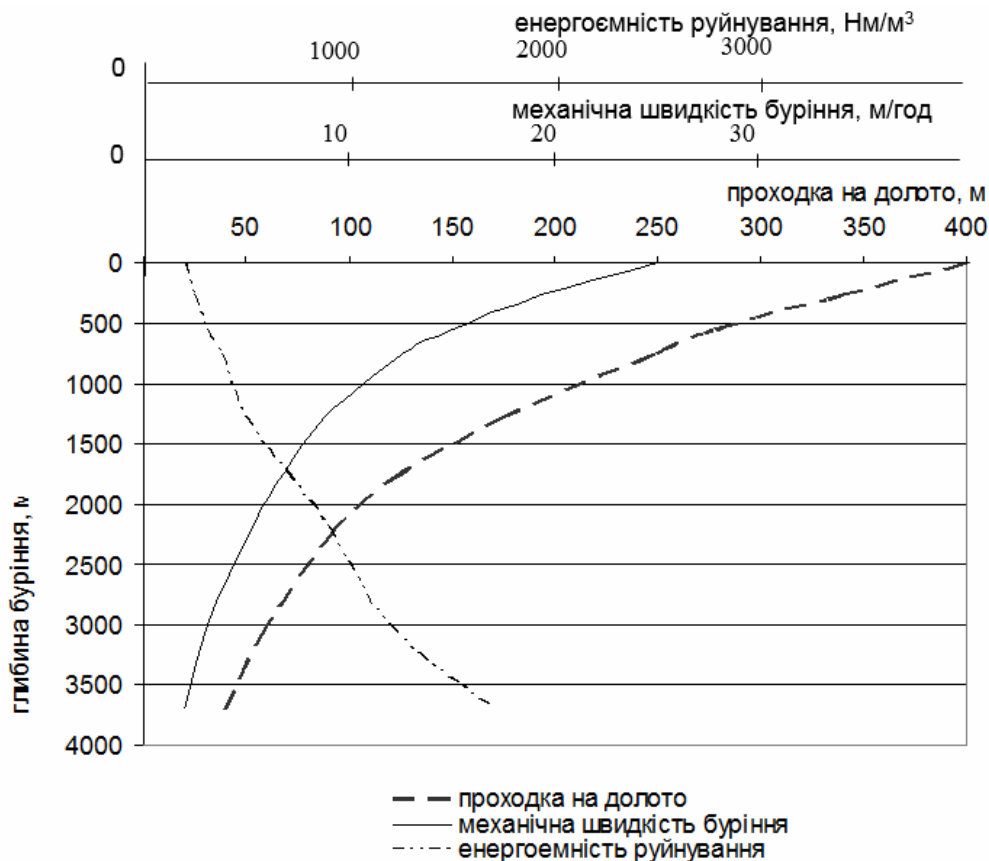


Рис. 2. Залежності енергоємності руйнування, механічної швидкості буріння і проходки на долото від глибини.

Методика дозволяє порівняти енергоємність процесу руйнування в різних умовах дії зовнішнього середовища.

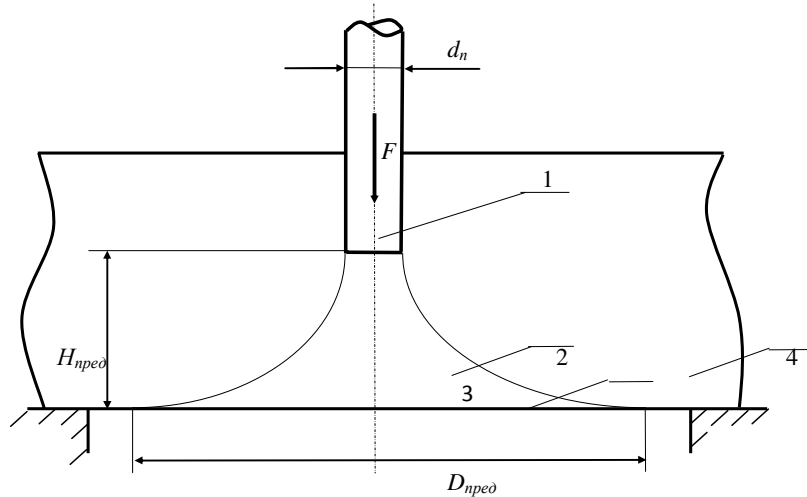


Рис. 3. Схема руйнування гірських порід відривом:

1 – пуансон; 2 – елемент; 3 – вільна поверхня; 4 – зразок гірської породи

Залежність енергоємності відділення елемента для деяких порід наведено на рис. 4.

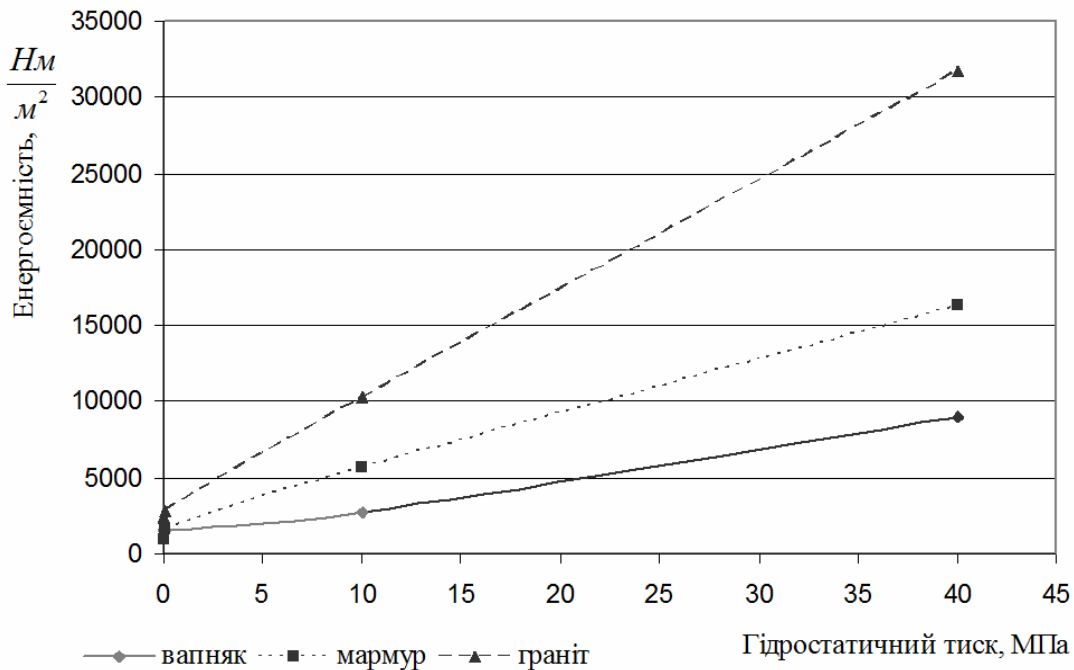


Рис. 4. Залежність енергоємності руйнування від значення гідростатичного тиску

*Висновки*

Виконані дослідження показали, що є значний технологічний резерв зменшення енергоємності руйнування гірських порід за рахунок зменшення впливу гідростатичного тиску.

Вплив осевого навантаження в різних гірських породах виявляється по-

## **Загальні питання технологій збагачення**

---

різному. Загальним є збільшення швидкості руйнування при підвищенні осьового навантаження. Відносно буріння руйнування гірських порід повинно вестись при осьових навантаженнях, які б забезпечували достатню механічну швидкість і проходку на долото. У твердих і міцних породах збільшення осьового навантаження буде лімітуватися міцністю самого інструмента, його озброєння. У тріщинуватих породах у запобіганні поломки осьове навантаження треба знижувати.

Гідростатичний тиск є однієї зі складових сумарного тиску. Зменшити сумарний тиск можна за рахунок оптимальної організації промивання, тобто зменшення подачі насосів, зміни параметрів розчину, збільшення площі перетину "каналу" по який рухається рідина і зменшення її щільності.

Для поліпшення показників ефективності руйнування необхідно реалізувати наступні заходи:

- гідростатичний тиск повинен бути мінімальним;
- частоту обертів породоруйнівного інструмента необхідно витримувати в діапазоні, який забезпечує оптимальну енергоємність руйнування породи;
- початковий опір зрушенню і динамічна в'язкість рідини повинні бути мінімальними;
- щільність розчину необхідно витримувати мінімально допустимою для конкретних геолого-технічних умов;
- перетин позатрубного простору повинен бути максимально можливим, режим потоку у ньому по можливості ламінарним;
- напрямок потоку промивної рідини під породоруйнівним елементом повинен підтримувати відділення елемента і (чи) не перешкоджати відриву;
- режим циркуляції бурового розчину повинен забезпечувати негайну очистку від уламків породи.

### **Список літератури**

1. Барон Л.И., Керекилица Л.Г. Сопротивляемость горных пород отрыву. – К.: Наукова думка, 1974. – 192 с.
2. Некоторые закономерности разрушения горных пород / Н.А. Дудля, А.В. Пашенко, А.А. Пашенко // Науковий вісник НГАУ. – 1998. – №2. – С. 81-85.
3. К определению затрат мощности на преодоление сил гидравлического воздействия на забое скважины / Н.А. Дудля, А.М. Бражененко, А.А. Пашенко // Науковий вісник НГАУ. – 2000. – Вып. 4. – С. 82-83.

© Пашенко О.А., Ганкевич В.Ф., 2016

*Надійшла до редколегії 17.05.2016 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. К.С. Заболотним*