

УДК 539.375:622.35 (075.80)

О.І. Фоменко, аспірант
(Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ПОРТАТИВНИХ ГІДРОПОРШНЕВИХ АГРЕГАТІВ ТА РУЧНИХ КЛИНІВ ДЛЯ РОЗКОЛУ ГРАНІТНИХ БЛОКІВ

АНОТАЦІЯ. У статті проведено аналіз особливості розколу гранітних блоків за допомогою портативних гідропоршневих агрегатів, що діють на стінку шпуру двома зосередженими силами.

Ключові слова: тріщиноутворення, гранітний блок, пружність робочої рідини.

АННОТАЦИЯ. В статье проведен анализ особенности добычи гранитных блоков с помощью портативных гидropopшневых агрегатов, действующих на стенки шпуров двумя сосредоточенными силами.

Ключевые слова: трещинообразование, гранитный блок, упругость рабочей жидкости.

SUMMARY. In article features of extraction of granite blocks by means of the portable hydraulic unit operating with two concentrated forces on bore-holes walls.

Keywords: formation of cracks, the granite block, the elasticity of working fluid.

Вступ

В широкому спектрі сучасних засобів для розколу гранітних блоків застосування молота та ручних клинів продовжує займати певну його частину.

Не зважаючи на високу трудомісткість буроклинової технології з використанням ручних клинів, вона для цілого ряду вітчизняних кар'єрів, особливо невеликих по продуктивності, є до цього часу основною, оскільки не потребує машин та механізмів, що мають високу вартість та забезпечує необхідну якість блоків [3].

Багаторічний досвід використання ручних клинів визначив вагомі недоліки їх застосування.

До першого недоліку можна віднести значні витрати технологічного часу на розкол гранітного блока за допомогою молота та ручних клинів.

Якщо при розколі блоків з міцного граніту перша серія ударів молотом по клинах не призвела до тріщиноутворення між шпурами, роблять технологічну перерву і залишають блок у напруженому стані на термін від декількох десятків хвилин до кількох годин. За цей час у міжкришталевих зв'язках породи протікають певні зміни, в результаті чого міцність граніту зме-

ншується. Практика показала, що іноді тріщиноутворення між шпурами з'являється протягом такої технологічної перерви. У разі, якщо під час зазначеної перерви тріщиноутворення не відбулося – робітник наносить другу серію ударів молотом по клинах.

Така перерва в певних випадках суттєво збільшує час технологічного циклу розколу гранітних блоків, що знижує ефективність цієї технології та негативно впливає на економічні показники виробництва.

Слід також враховувати, що важливим фактором, який характеризує ефективність будь-якого технологічного процесу, є не тільки продуктивність праці, якість продукції, а також трудомісткість праці робітників, яка в першу чергу визначається людськими енерговитратами. Оскільки праця робітників, які розколюють гранітні блоки за допомогою молота та ручних клинів, завжди вважалася дуже важкою, тому її треба віднести до *другого недоліку* цього технологічного процесу.

Слід зазначити, що найбільш ретельно розкол гранітних блоків за допомогою молота та ручних клинів проаналізовано у роботах [3, 4]. Однак, у згаданих джерелах наведені тільки технологічні особливості

використання ручних клинів та варіанти їх конструктивного виконання.

Що стосується значних енерговитрат робітника, який використовує таке обладнання для розколу гранітних блоків, то така інформація відсутня.

З метою розробки технології альтернативної використанню ручних клинів, в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» (НТУУ «КПІ») була спроектована, виготовлена та пройшла виробничі випробування дослідна партія портативних гідропоршневих агрегатів для розколу гранітних блоків.

Саме ці агрегати повинні в перспективі створити реальну конкуренцію ручним клинам.

Загальний вигляд портативного гідропоршневого агрегату представлений на рис.1.



Рис.1. Портативний гідропоршневий агрегат для розколу гранітних блоків

Оскільки портативні гідропоршнєві агрегати до цього часу масово не використовувались на виробництві для розколу гранітних блоків, то авторам невідомі джерела, в яких наведено аналіз енерговитрат робітників, які будуть обслуговувати таке обладнання.

Метою даної роботи є вирішення наступних питань:

- зробити порівняльний аналіз енерговитрат робітників, які будуть обслуговувати технологічний процес розколу гранітних блоків, як за допомогою молота та ручних клинів, так і за допомогою гідропоршневих агрегатів;

- проаналізувати вплив пружних властивостей різних робочих рідин для гідроприводу поршневих агрегатів на енерговитрати робітника;
- порівняти технологічний час на обслуговування одного ручного клина та одного гідропоршневого агрегату до моменту тріщиноутворення у граніті.

Виклад основного матеріалу

Для проведення аналізу особливостей технологічного процесу розколу гранітних блоків за допомогою молота та ручних клинів були прийняті наступні початкові умови:

- маса молота, $m=5\text{кг}$;
- висота підняття молота до удару, $h=2,4\text{м}$;
- час одного ударного циклу складає 4с ;
- при розколі блоків з міцного граніту максимальна кількість ударів молотом по одному клину протягом однієї серії ударів, $n=80$.

Для визначення кінетичної енергії молота безпосередньо до удару по клину необхідно визначити його швидкість. Для визначення цього параметра було вирішено використати цифрову відеокамеру SONY DSC-T70 та провести вивчення окремих кадрів за допомогою програми Light Alloy, яка призначена для обробки відеофайлів. Було визначено, що швидкість молота становила приблизно $10,7\text{м/с}$.

Таким чином, кінетична енергія молота (W_K) становить

$$W_K = \frac{mV^2}{2} = \frac{5 \cdot 114,5^2}{2} = 286,22 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2} = 286,22 \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Кінетична енергія молота складається з двох складових, а саме

$$W_K = W_K' + W_K'',$$

де W_K' - складова кінетичної енергії, яку отримує молот за рахунок переходу потенційної енергії піднятого на певну висоту молота до кінетичної; W_K'' - складова кінетичної енергії, яку молот отримує за рахунок розгону м'язами робітника.

Таким чином, весь запас кінетичної енергії молота W_K накопичується за рахунок роботи м'язів робітника.

Як зазначалося вище, у разі розколу блоків з міцного граніту, кількість ударів молотом по одному клину може доходити до 80.

У цьому випадку, енерговитрати людини (W_Σ) становитимуть

$$W_\Sigma = n \cdot W_K = 80 \cdot 286.22 = 22898 \text{ Дж.}$$

Для розрахунку енерговитрат робітника при обслуговуванні портативного гідропоршневого агрегату були прийняті наступні початкові умови, частина з яких базувалася на проведених експериментах:

- максимальне зусилля на важелі приводу гайки плунжерного насоса $F=500\text{Н}$;
- об'єм робочої рідини у гідросистемі поршневого агрегату перед початком роботи $V_0=18\text{см}^3$;
- максимальний тиск у гідросистемі $P_{\max}=160 \text{ МПа}$ (забезпечує розривне зусилля в шпурі порядку 300кН);
- діаметр плунжера насоса $d=22\text{мм}$;
- різь гайки приводу плунжерного насосу М 40х3.

При проведенні розрахунків вважалося, що основна енергія робітника, який обслуговує гідропоршневий агрегат, витрачається на стискання робочої рідини в гідросистемі. Ця енергія дорівнює роботі, яку виконує робітник на важелі гайки приводу плунжерного насоса до моменту отримання максимального тиску $P_{\max}=160 \text{ МПа}$, що забезпечує максимальне розривне зусилля в шпурі $F_{\max}=300\text{кН}$.

При цьому, як зазначалося вище, зусилля на важелі довжиною $0,5\text{м}$ становить 500Н . В результаті проведених експериментів було встановлено, що в залежності від модуля пружності робочої рідини, що застосовується, час, який витрачає робітник на отримання у шпурі максимального розривного зусилля, лежить у діапазоні порядку $10\dots 20\text{с}$.

Для аналізу енерговитрат робітника при використанні гідропоршневих агрегатів були вибрані чотири типи робочої рідини [1, 2], а саме:

– гліцерин (модуль пружності $E=4300\text{МПа}$);

– масло касторове ($E=1950\text{МПа}$);

– масло «Індустріальне-20» ($E=1400\text{МПа}$);

– спирт метиловий ($E=1170\text{МПа}$).

Для визначення енерговитрат робітника, який обслуговує портативний гідропоршневий агрегат, була застосована наступна методика:

1. Враховуючи об'єм гідросистеми та модуль пружності робочої рідини за допомогою залежностей, наведених у роботі [1], розраховується на скільки зменшується об'єм робочої рідини в гідропоршневому агрегаті при досягненні максимального тиску.
2. З урахуванням діаметра плунжера насосу визначається його переміщення для отримання максимального тиску.
3. З урахуванням величини переміщення плунжера, довжини важеля гайки приводу плунжера та кроку різьби цієї гайки, розраховується довжина шляху на який переміщується рука робітника на важелі для отримання максимального тиску.
4. Знаючи максимальне зусилля, яке повинна розвивати рука робітника на важелі, а також шлях її переміщення, розраховується робота (енергія), яку виконує робітник для досягнення у шпурі максимального розривного зусилля в 300кН .

Результати розрахунку залежності зменшення об'єму робочої рідини $\Delta V, \text{см}^3$ у гідросистемі поршневого агрегату від тиску p приведені на рис. 2.

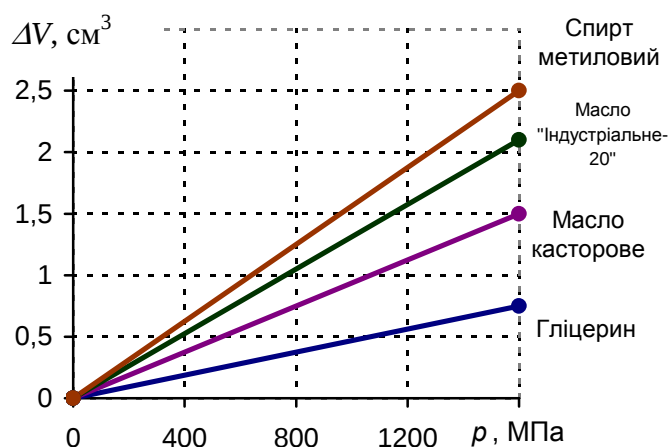


Рис. 2. Залежність зменшення об'єму робочої рідини в портативному гідропоршневому агрегаті від тиску p

Результати розрахунку залежності довжини шляху переміщення руки робітника L на важелі гайки приводу плунжерного насоса від тиску p наведені на рис.3.

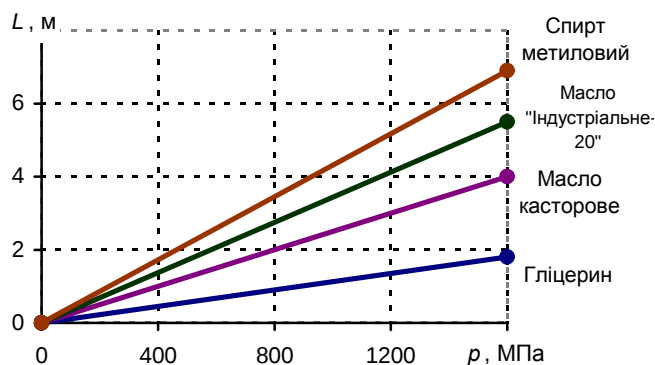


Рис. 3. Залежність довжини шляху переміщення руки робітника на важелі гайки приводу плунжерного насоса від тиску

Результати розрахунку залежності витрат енергії W робітником для отримання у шпурі максимального розривного зусилля від модуля пружності робочої рідини E наведені на рис.4.

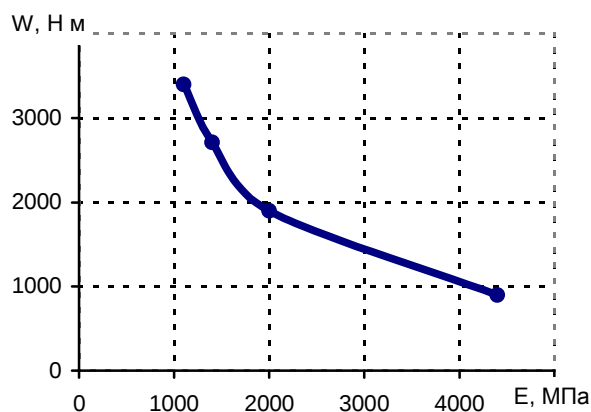


Рис. 4. Залежність витрат енергії робітником для отримання у шпурі максимального розривного зусилля від модуля пружності робочої рідини

Висновки

Результати проведеного порівняльного аналізу двох засобів та технологій розколу гранітних блоків дозволяють сформулювати такі основні висновки:

1. Енерговитрати робітника у разі використання портативних гідропоршневих агрегатів у 7...25 разів менше за енерговитрати, необхідні при використанні ручних клинів.

2. Для зменшення енерговитрат робітника під час обслуговування портативних гідропоршневих агрегатів слід застосовувати робочі рідини з високим модулем пружності. Так, використання в якості робочої рідини гліцерину, дозволяє в 3 рази зменшити енерговитрати робітника порівняно з використанням поширеного промислового масла «Індустріальне-20».
3. Час, який витрачає робітник для отримання максимального розривного зусилля портативним гідропоршневим агрегатом, в 16...32 рази менше, за час, який необхідний для нанесення першої серії ударів (до 80 ударів) молотом по ручному клину.

У разі відсутності тріщиноутворення та необхідності технологічної перерви між першою та другою серіями ударів по клину, переваги портативних гідропоршневих агрегатів, з точки зору технологічного часу, будуть вагомішими.

Перспективи подальших досліджень у цьому напрямку полягають у проведенні порівняльного аналізу потенційних можливостей портативних гідропоршневих агрегатів та ручних клинів з точки зору отримання у шпурах гранітних блоків значних розривних зусиль.

Література

1. Абрамов Е.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. Элементы гидропривода (Справочник). – Киев: «Техніка», 1969. С.185-187.
2. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. М., Машгиз, 1963. 225с.
3. Карасёв Ю.Г., Бакка Н.Т. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня. Учебное пособие. Санкт-Петербургский горный институт. СПб, 1997. С154-163.
4. Смирнов А.Г., Бакка Н.Т., Биржискис И.С. и др. Добыча и обработка природного камня: Справочник. – М.: МГИ, 1990. С. 98-112.

Рецензент: І.М. Ковтун, к.т.н., доцент (НТУУ «КПІ»)

Отримано: 28.06.2010 р.