

Гаращенко Г.С.

студентка,

Науковий керівник: Терентьєв О.М.

доктор технічних наук, професор,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

ЕНЕРГООЩАДНЕ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМАГНІТНИМ ГЕНЕРАТОРОМ

Відповідно до Закону України про «Загальнодержавну комплексну програму розвитку високих наукоємних технологій» від 09.04.2004 р. № 1676-IV пріоритетним завданням є зниження енергоємності виробництва внутрішнього валового продукту [1]. Для кар'єрів частина електроенергії, що йде на буро-підривні роботи складає близько 20% [2]. Задачею зниження енергоємності гірничих робіт є використання інноваційних технологій руйнування гірських порід. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [3] визначає однією з проблем видобувного комплексу України застарілий і зношений фонд та відсутність реконструкції.

Аналіз досліджень і публікацій [4-6] дозволили виявити, що основним при розрахунках енергоємності руйнування гірських порід (ГП) є сталість фізико-механічних параметрів. Однак відомо [7], що гірська порода може змінювати фізичні властивості під дією сильних (до 100 Тл) та надсильних (більше 100 Тл) магнітних полів. Джерелом надсильних магнітних полів є вибухомагнітні генератори (ВМГ). Вони складається з джерела початкової енергії (конденсатора), співвісної вибухової камери, соленоїда і навантаження (гірська порода). Робота генератора описується електротехнічним рівнянням [8]:

$$I = U_0 \sqrt{\frac{C}{L_T}} \sin \omega t = \sqrt{\frac{2E_{0C}}{L_T}} \sin \omega t; \quad E_{0C} = \frac{CU_0^2}{2}; \quad (1.0)$$

де L_T – загальна індуктивність соленоїда, провідників, навантаження, Гн; C – ємність джерела початкової енергії (конденсатора), мФ; I – струм, що протікає під час роботи ВМГ, А; U_0 – напруга на конденсаторі, В; E_{0C} – енергія конденсатора, Дж.

Для оцінки енергетичних характеристик ВМГ обрані пристрої розроблені у США, Росії, Швеції. В якості характеристик обрані параметри, що дозволять використати ВМГ надвисокої частоти у якості пристрою для руйнування ГП (таблиця 1).

Оцінити ефективність роботи ВМГ можна проаналізувавши затрачену питому енергію для руйнування гірських порід. Питоме енергоспоживання реального технологічного процесу описується формулою [4]:

$$\Xi = \Xi_\phi + N \frac{T\eta}{Q}. \quad (1.1)$$

Таблиця 1

Енергетичні характеристики вибухомагнітних генераторів

Країна	Напруга на виході генератора, U_2 , кВ	Струм на виході генератора, I_2 , кА	Частота коливань електромагнітного поля, f , ГГц	Енергія магнітного поля, W , МДж
США	0,1	500	10	50
Росія	60	900	80	2480
Швеція	20	436	0,14	0,019

Джерело: [9–11]

де $\mathcal{E}_\phi$ – питома витрата енергії на подолання опору гірської породи зовнішньому впливу Дж/м; N – потужність, що витрачається на власні потреби технічної системи, Вт; T – час роботи системи, с; η — коефіцієнт корисної дії системи, в. о.; $Q = 60k_0n_0Pwk\sigma_{cm}^{-1,16}$ – експлуатаційна продуктивність системи [4], метр погонний/с; $k_0 = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує кількість бурових станків, в. о.; n – кількість бурових станків, шт; P – осьове зусилля подачі, Н; w – частота обертання штанги, s^{-1} ; $\kappa = 81$ – коефіцієнт, що враховує тип коронки, в.о.

Відповідно до гіпотези П. А. Ребиндера [5] загальна енергія при дробленні твердих тіл витрачається на їх деформацію і утворення нових поверхонь:

$$A = \mathcal{E} = K_1 \frac{\sigma_p^2}{2E} V + \sigma_n S, \quad (1.2)$$

де σ_p – границя міцності, МПа; V – об'єм руйнування, m^3 ; $S = 4\pi \frac{d^2}{4}$ – повторно утворена поверхня, m^2 ; d – діаметр елементарної частинки, м; K_1 – коефіцієнт пропорційності, МДж/м³; $\sigma_n = \sigma_p \delta^{1/2}$ – густина поверхневої енергії [6], Дж/м²; $\delta = 2a$ – коефіцієнт, що визначає максимальну відстань між молекулами, при якій руйнуються електромагнітні зв'язки між ними, м; a – постійна кристалічної решітки, м.

З роботи [6] можемо розглянути допустиме критичне навантаження при розтязі відносно параметрів молекули:

$$\sigma_p = 2 \cdot \hbar \cdot \nu / (\pi^2 \cdot d^2 \cdot \delta), \quad (1.3)$$

де d – діаметр елементарної частинки, м; $\hbar = 1.0546 \cdot 10^{-34}$ – постійна Дірака, Дж·с; ν – частота коливання елементарної частинки, s^{-1} .

Врахувавши параметри кристалічної решітки отримано величину енергії для руйнування одиниці об'єму породи при роботі одного бурового станка.

$$E = \frac{\hbar \nu}{\pi^2 d^2} \left(\frac{k}{2Ea} + \pi d^2 \right) + N \frac{T \sigma_{cm}^{1,16} \eta}{Pw_{\text{бу}} k}, \quad (1.4)$$

З отриманої формули бачимо обернено пропорційну залежність між питомою енергією руйнування ГП та параметром кристалічної решітки. Отже при збільшенні амплітуди коливання частинок в кристалічній решітці

знижується питома енергія руйнування. Враховуючи співвідношення між модулем магнітної індукції та напруженістю електричного поля в електромагнітній хвилі [12] та індукцію магнітного поля котушки [12] отримаємо енергію, що створюється вибухомагнітним генератором, враховуючи параметри його конструкції:

$$\Delta E = \frac{E_n l \sqrt{LC}}{4\pi^2 N I \sqrt{\mu_0 \xi_0}}, \quad (1.5)$$

де E_n – напруженість електричного поля, В/м; l – довжина котушки, м; N – число витків котушки, шт; ω – частота коливання електромагнітного поля, с⁻¹; $\mu_0 = 1,2566 \cdot 10^{-6}$ – магнітна стала, Гн/м; $\xi_0 = 8,8541 \cdot 10^{-12}$ – електрична стала, Ф/м.

Замінімо за моделлю Ейнштейна [12] енергію елементарної частинки $\varepsilon = \nu \hbar$ у виразі 1.4 та прирівняємо до енергії, що створюється вибухомагнітним генератором, формула 1.5 та підставимо в 1.4:

$$E = \frac{E_n l \sqrt{LC}}{4\pi^4 d^2 N I \sqrt{\mu_0 \xi_0}} \left(\frac{k}{2Ea} + \pi d^2 \right) + N \frac{T \sigma_{cm}^{1.16} \eta}{P w_{ou} k}. \quad (1.6)$$

Проаналізувавши отриману залежність можемо стверджувати, що при виконанні умови резонансу $\omega_0 \sim \omega$ [13], частота власних коливань кристалічної решітки співпадає з частотою коливань електромагнітного поля, амплітуда коливань зростає до нескінченності і відстань між молекулами $a \rightarrow \infty$. Зв'язки між молекулами руйнуються і питома енергоємність руйнування буде залежати тільки від енергії власних потреб системи, другий доданок формули 1.6.

Розроблено математичну модель руйнування гірських порід, яка відрізняється від відомих тим, що враховує параметри гірської породи. А саме: частоту коливання кристалічної решітки, розмір атомів кристалічної решітки та відстань між ними. Математична модель теоретично доводить те, що при виникненні резонансу і нескінченному збільшенню амплітуди коливання атомів, зв'язки руйнуються і енергоємність процесу визначається тільки власними потребами системи.

Список використаних джерел:

1. Про Загальнодержавну комплексну програму розвитку високих наукоємних технологій / Верховна Рада України. – К. : 2004. – С. 384.
2. Статистичні дані споживання електроенергії по підрозділах ДП УПП УЗ «Хлестунівське кар'єроуправління»/ Звіт, Хлестунівка. 2009-2012. – 4 с.
3. Енергетична стратегія України на період до 2030 року / Кабінет Міністрів України. – К. : 2013. № 1071-р.
4. Додис Я. М., Нифадьев В. И., Разрушение горных пород при бурении и взрывании / – Бишкек. – 2006. – 374 с.
5. Ребиндер П. А., Шрейнер Л. А., Жигач К. Ф., Понижители твердости в бурении / Издательство академии наук СССР. – М. – Л., 1944. – 200 с.
6. Терентьев О. М., Фізико-технічні основи видобутку корисних копалин з енергоощадним руйнування молекулярних зв'язків гірських порід / НТУУ «КПІ». – К., 2008. – 284 с.
7. Кривошеев С. И. Формирование управляемых импульсов давления с использованием сильных импульсных магнитных полей применительно к исследованиям механических свойств материалов / Санкт Петербург. – 2006. – 32 с.

8. C. M. Fowler, R. S. Caird, W. B. Garn, An Introduction to Explosive Magnetic Flux Compression Generators [Text] / Los Alamos National Laboratory Research Library, Los Alamos, NM 87544, 1975
9. Dr. K K Jha. EMP generation mechanism and its destructive effect on C3I network. [Електронний ресурс] / Defence Electronics Application Laboratory. Dehradun. Режим доступу: <http://ids.nic.in/jces/art-3.htm>
10. Фортов В. Е., Взрывомагнитные генераторы мощных электрических импульсов. – М. Наука., 2002. – 399 с.
11. Patrik Appelgren, Experiments with and modeling of explosively driven magnetic flux compression generators / Stockholm. Sweden. – 2008.
12. Кучерук І. М., Загальний курс фізики. Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. – К.: Техніка. – 1999. – 536 с.
13. Колебания кристаллической решетки [Електронний ресурс] / Энциклопедия физики и техники. Режим доступу: http://femto.com.ua/articles/part_1/1671.html

Горожесв В.В.

студент;

Яшков І.О.

доцент,

Харківський національний університет радіоелектроніки

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ НЕЙРОКЕРУВАННЯ З ЕТАЛОНОЮ МОДЕЛЛЮ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИРОБІВ

У часи швидкого розвитку та відкриття нових технологій усе більше поширюється використання нейрокерування, яке тісно пов'язане з штучним інтелектом, нейрофізіологією, теорією автоматичного управління та робототехнікою.

Нейронні мережі для розв'язання задач динамічного керування, мають ряд унікальних властивостей, які ставлять їх у ланку потужних інструментів для створення систем управління, а саме: накопичування досвіду на прикладах і узагальнення даних, адаптація до зміни властивостей об'єкта управління і зовнішнього середовища, а також високу стійкість до пошкоджень своїх елементів.

Проаналізуємо методи керування нейронними мережами: прямі і непрямі. При використанні прямих методів нейронна мережа навчається безпосередньо генерувати керуючі впливи на об'єкт, а при непрямих нейронна мережа навчається виконувати допоміжні функції: ідентифікація об'єкту управління, зменшення шуму, оперативне налагодження коефіцієнтів контролера.

У порівнянні з системою ЧПУ(система типу CNC),що використовується, система ЧПУ з використанням нейрокерування має ряд вагомих переваг. Система типу CNC – це система керування, котра дозволяє використовувати для модернізації заданих або нових програм програмні засоби, бо базовим