

**АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗАТРАТ НА ЕКСКАВАЦІЙНІ РОБОТИ  
НА САБАРІВСЬКОМУ РОДОВИЩІ ПРИ ЗБІЛЬШЕННІ ВМІСТУ НЕГАБАРИТУ  
В РОЗВАЛІ ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ**

*Досліджено енерговитрати робочого циклу екскаватора ЕКГ-5А, встановлено залежність енерговитрат від збільшення вмісту негабариту в розвалі гірської породи для Сабарівського родовища гранітів (Вінницька обл.).*

**Ключові слова:** екскаватор, енергозатрати, цикл, негабарит, екскавація.

**Актуальність питання.** Відповідно до специфічних особливостей видобутку та переробки корисних копалин особливе положення займають питання нормування й економії основних видів енергії, спожитої при різних технологічних процесах: електричної в процесах буріння, екскавації, транспортування, дроблення та подрібнення; теплової енергії при транспортуванні гірської маси автосамоскидами; хімічної енергії вибухових речовин при підготовці скельних порід вибухом. Нині у гірничій справі відсутні певні рекомендації щодо кількісної оцінки питомих енерговитрат в цих процесах. В умовах гірничого виробництва одержали поширення класифікації за буримістю, руйнуванню порід вибухом та екскаваційністю порід, які засновані на використанні декількох показників, таких як петрографічне найменування порід, їх базові фізико-технічні параметри, структурні особливості масиву та ін. Основна мета класифікацій полягає в нормуванні праці в процесах буріння, екскавації, транспортування і лише на підричних роботах — у визначенні питомої витрати вибухової речовини. Різноманітний характер класифікаційних ознак виключає можливість створення та використання вимірювальних пристроїв для оперативної оцінки технологічних властивостей порід і розробки на цій основі нормативів питомих енерговитрат. Дослідження показали, що розв'язок цієї проблеми можливий лише за умови оцінки різних технологічних процесів на основі єдиного кількісного показника, найбільшою мірою, що відображає як властивості об'єкта розробки, так і параметри сполученого процесу. На даний час із усією визначеністю можна сказати, що таким універсальним критерієм може слугувати величина питомих енерговитрат. Затрати на виймально-навантажувальні роботи становлять 25–30 % від затрат на видобуток гірничої маси. На вітчизняних кар'єрах використовують мехлопати, які мають електричні двигуни. Відомо, що мехлопати споживають різну кількість електроенергії при вийманні однакового об'єму скельної гірської породи. Це пояснюється різними умовами роботи мехлопати та наявністю негабаритних шматків в розвалі породи. Через малу дослідженість питань, які пов'язані з впливом негабариту на енергоспоживання мехлопати в вибої, дана публікація є актуальною.

**Аналіз літературних даних і постановка проблеми.** Збільшення гранулометричного складу гірничої маси призводить до збільшення енергосилових навантажень прямої механічної лопати, а отже – до збільшення енергоспоживання силового агрегату. В різний час займались вивченням енерговитрати робочого циклу екскаватора ЕКГ-5А такі дослідники, як Тангаєв І.А. [1], Беляков Ю.І., Владіміров В.М. [2], Крючков А.І., Євтєєва Л.І. [3], Аністратов Ю.І. [4]. Дослідниками було розроблено універсальні критерії оцінювання енергоємності технологічних процесів гірничого виробництва, розроблено класифікації гірських порід за гранулометричним складом, зчепленням порід між собою, впливом тріщинуватості на зчеплення порід. Також було визначено питомі витрати електроенергії при екскавації порід мехлопатами. Але в дослідженнях, які були зроблені раніше, мало уваги приділялося негабаритним шматкам породи, які зустрічаються в розвалі гірської породи. Негабаритні шматки розкладаються збоку або позаду екскаватора залежно від технології подальшого дроблення. З широким розвитком дроблення негабаритних шматків гідроударними установками на базі гідравлічних екскаваторів, змінюються параметри складування гірничої маси. Відповідно змінюється енергоємність черпання гірської маси. Саме тому питання енергоємності черпання мехлопатами залишається актуальним.

**Мета дослідження.** Дослідити енерговитрати робочого циклу екскаватора ЕКГ-5А залежно від гранулометричного складу гірської породи в вибої, встановити залежність енерговитрат від збільшення вмісту негабариту в розвалі гірської породи для Сабарівського родовища гранітів.

**Викладення основного матеріалу.** Дослідження проводилися на Сабарівському родовищі гранітів, яке знаходиться в м. Віниця, Вінницької області. Гранулометричний склад породи визначався за середнім лінійним розміром шматка  $d_{cp}$ . Зруйновані породи за гранулометричним складом поділили на п'ять категорій [5]:

I категорія – дуже дрібнозруйновані породи з розміром найбільш великих шматків до 40–60 см;  $d_{cp} = 10$  см;

II категорія – дрібнозруйновані породи з розміром шматків до 60–100 см;  $d_{cp} = 15–25$  см;  
 III категорія – середньозруйновані породи з розміром шматків до 100–140 см;  $d_{cp} = 25–35$  см;  
 IV категорія – крупнозруйновані породи з розміром найбільш великих шматків 150–200 см;  $d_{cp} = 40–60$  см;  
 V категорія – досить крупнозруйновані породи, які містять окремі шматки лінійним розміром 250–300 см і більше;  $d_{cp} = 70–90$  см.

У процесі відпрацювання вибою за допомогою вимірювальних приладів, які розташовані в розподільчому пристрої ЯКНО-6 [6], а саме амперметра Е8030, клас точності 2,5, який відображає силу струму, що протікає в силовій обмотці приводного асинхронного двигуна потужністю 315 кВт ЕКГ-5А, було зафіксовано показники струму в процесі екскавації різних за гранулометричним складом ділянок розвалу.

Детальний аналіз отриманих показників залежності сили струму від гранулометричного складу, безпосередньо при черпанні, показаний на діаграмі (рис 1).

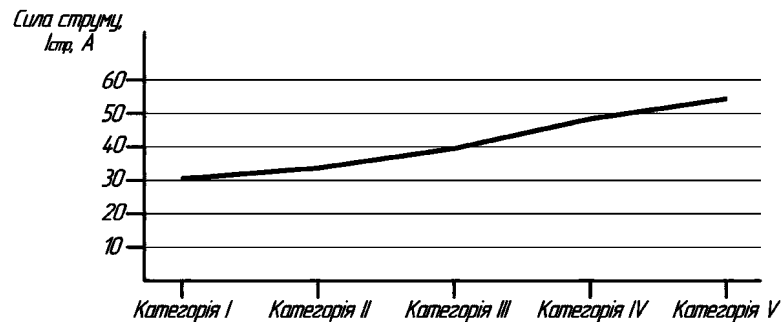


Рис. 1. Залежність сили струму при процесі черпанні від категорії порід

Із даних діаграми (рис. 1) за складовими циклу екскавації гірничої маси обрахуємо середні показники струму і потужності, який споживає в процесі екскавації силовий агрегат прямої механічної лопати залежно від гранулометричного складу гірничої маси за формулою:

$$I_n = \frac{I_{\text{д.д.}} + I_{\text{д.с.}} + I_{\text{д.р.}} + I_{\text{д.р.з.}}}{4}; \quad (1)$$

$$P_n = I_n U, \quad (2)$$

де  $I_{\text{чер.}}$ ,  $I_{\text{р.р.}}$ ,  $I_{\text{роз.}}$ ,  $I_{\text{р.з.}}$  – показники струму складових циклу, А;  $U$  – мережева напруга приводного двигуна, 6000 В;  $P_n$  – потужність приводу екскаватора, кВт.

Результати обчислень наведені в таблиці 1.

В результаті обрахувань було отримано середні показники потужності, які витрачає приводний агрегат при екскавації гірничої маси залежно від категорії за гранулометричним складом.

Наступні розрахунки проведемо для процесу екскавації залежно від гранулометричного складу за тривалістю у часі.

За допомогою вимірювальних приладів були одержані наступні показники сили струму при екскавації негабариту, які відображені на діаграмі рисунку 2.

Таблиця 1

Середні показники струму та потужності  
залежно від гранулометричного складу

Категорія гірничої маси за гранулометричним складом	I, А	P, кВт
I	21,5	129
II	23,5	139,5
III	24,75	148,5
IV	27,5	165
V	29,75	178,5

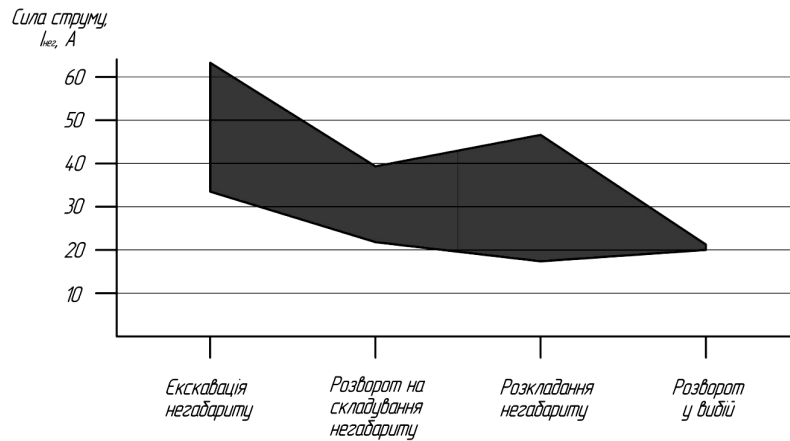


Рис. 2. Залежність сили струму при операціях з негабаритом

За даними діаграми (рис. 2) та (3) отримали наступні результати (табл. 2).

Цикл роботи механічної лопати складається з чотирьох основних елементів:

$$T_{\text{ц}} = t_e + t_{\text{н.р.}} + t_{\text{роз.}} + t_{\text{н.н.}}, \quad (3)$$

де  $T_{\text{ц}}$  – цикл роботи механічної лопати, с;  $t_e$  – час, затрачений безпосередньо на екскавацію, с;  $t_{\text{н.р.}}, t_{\text{н.н.}}$  – тривалість повороту на розвантаження та наповнення ковша, с;  $t_{\text{роз.}}$  – тривалість розвантаження, с.

За отриманими даними остаточно розрахуємо кількість енергії, яка затрачується на один цикл екскавації гірничої маси залежно від гранулометричного складу:

$$W = Pn T_{\text{ц}}, \quad (4)$$

Таблиця 2

Середня тривалість циклу навантаження залежно від гранулометричного складу

Категорія гірничої маси за гранулометричним складом	$T$ , с	$T$ , год.
I	25,5	0,0071
II	25,9	0,0072
III	26,7	0,0074
IV	28,5	0,0079
V	31,0	0,0086

Результати обчислень наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Середня кількість енергії, яка затрачується, на один цикл навантаження залежно від гранулометричного складу

Категорія гірничої маси за гранулометричним складом	$W$ , кВт·год.
I	0,916
II	1,004
III	1,099
IV	1,304
V	1,535

Динаміку зміни споживаної потужності залежно від гранулометричного складу зображено на діаграмі рисунку 3.

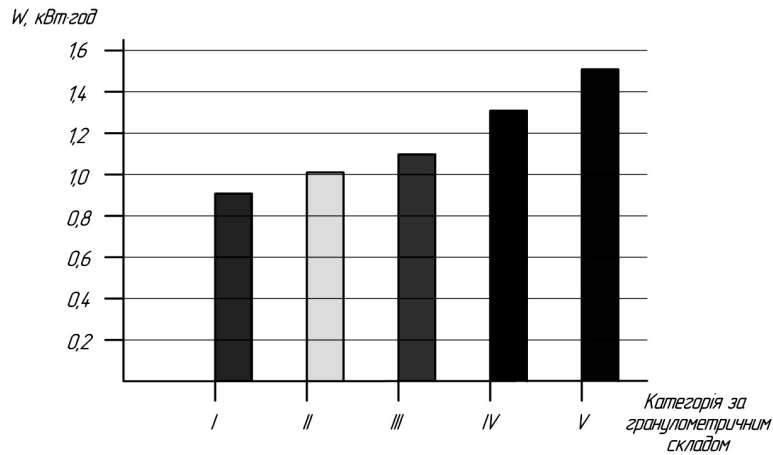


Рис. 3. Динаміка зміни споживаної потужності залежно від гранулометричного складу

Залежно від транспортного засобу, а саме від кількості циклів навантаження транспортного засобу, за допомогою отриманих результатів можна розрахувати кількість електричної енергії, яка витрачається залежно від гранулометричного складу гірничої маси.

Наприклад. На підприємстві для транспортування гірничої маси III категорії за гранулометричним складом, застосовується автомобілі БелАЗ-540 вантажопідйомністю 27 т і об'ємом кузова 15 м<sup>3</sup>. Для повного завантаження автомобіля в середньому необхідно три цикли завантаження, а отже:  $P = 1,099 \cdot 3 = 3,2$  кВт·год. електричної енергії необхідно витратити, щоб завантажити один автомобіль.

При екскавації негабариту, за даними діаграми (рис. 1) [7], в середньому сила струму приводного агрегату складає:

$$I_H = \frac{I_{\text{екс.}} + I_{\text{р.с.}} + I_{\text{р.н.}} + I_{\text{р.в.}}}{4} = \frac{50 + 30 + 30 + 20}{4} = 32,5$$

Тому середня потужність циклу, яку споживає приводний агрегат, буде дорівнювати:

$$P_H = I_H U = 32,5 \cdot 6000 = 195000 = 195 \text{ (кВт)}.$$

При дослідженні тривалості часу на екскавацію негабариту було отримано дані, що відображенні на діаграмі (рис. 4).

При аналізі тривалості циклу екскавації негабариту найбільшою динамікою відрізняються наступні складові, екскавація та розкладання негабариту. Це пояснюється тим, що на виймання та розкладання негабариту затрачується певний час, а саме додаткові рухи робочого органу екскаватора.

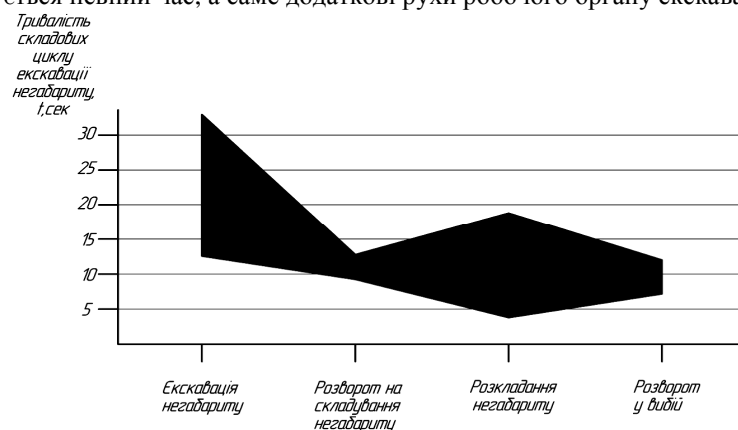


Рис. 4. Графік залежності тривалості часу на операціях з негабаритом

Середня тривалість часу на екскавацію негабариту, за даними, які відображено на діаграмі (рис. 4), буде складати:

$$T_{\text{ц}} = t_e + t_{\text{р.с.}} + t_{\text{р.н.}} + t_{\text{р.в.}} = 22 + 10 + 12,5 + 10 = 54,5 = 0,0151 \text{ (год.)}.$$

За отриманими даними остаточно розрахуємо кількість енергії, яка затрачується на екскавацію однієї одиниці негабариту:

$$W = P_H \cdot T_{\text{ц}} = 195 \cdot 0,0151 = 2,945 \text{ (кВт·год.)}.$$

**Висновки.** Детальний аналіз отриманих показників залежності сили струму від гранулометричного складу гірської породи, безпосередньо при черпанні дозволив визначити середні показники струму та потужності мехлопати при екскавації гірської породи різного гранулометричного складу. А це, в свою чергу, дозволило визначити динаміку зміни споживаної потужності мехлопати залежно від гранулометричного складу породи на Сабарівському кар'єрі. Аналіз енергозатрат на екскаваційні роботи на Сабарівському родовищі показав, що збільшення вмісту негабариту на 1 % призводить до збільшення енергозатрат при екскаваційних роботах на 4 %.

**Список використаної літератури:**

1. *Тангаев И.А.* Энергоемкость процессов добычи и переработки полезных ископаемых / *И.А. Тангаев.* – М. : Недра, 1986. – 231 с.
2. *Беляков Ю.И.* Совершенствование экскаваторных работ на карьерах / *Ю.И. Беляков, В.М. Владимиров.* – М. : Недра, 1974. – 295 с.
3. *Крючков А.И.* Энергоемкость погрузки горной массы в транспортные средства одноковшовым экскаватором / *А.И. Крючков, Л.И. Евтеева* // Вісник НТУУ «КПІ» / Серія : Гірництво. – Вип. 19. – 2010. – С. 80–87
4. *Анистратов Ю.И.* Технология открытых горных работ / *Ю.И. Анистратов.* – М. : Недра, 1995. – 214 с.
5. *Ржевский В.В.* Открытые горные работы. Часть I. Производственные процессы : учебник / *В.В. Ржевский.* – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1985. – 509 с.
6. ООО Электротехническая компания "Консталин". Ячейка карьерная наружной установки отдельно стоящая. ЯКНО-6(10)-КН. Руководство по эксплуатации. КНЧБ.674591.000РЭ. г. Челябинск, 2010. – 16 с.
7. *Зубченко О.А.* Дослідження впливу гранулометричного складу гірських порід в розвалі на енерговитрати робочого циклу екскаватора ЕКГ -5А / *О.А. Зубченко.* // Вісник ЖДТУ. – 2012. – № 3 (62), Т. 1. – С. 112–117.

ЗУБЧЕНКО Олена Анатоліївна – старший викладач кафедри геотехнологій ім. проф. Бакка М.Т. Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- енергозберігаючі технології.

Стаття надійшла до редакції 03.10.2013