

УДК 622.026.3:621.31

Б. С. Рогальський, д. т. н., проф.; Ю. П. Войтюк**СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЙ ГІРСЬКИХ ПОРІД
ЗА ТРУДНОЩАМИ ЕКСКАВАЦІЇ**

Запропоновано спосіб і систему обліку і контролю електроспоживання екскаваторів і категорій порід за труднощами екскавації гірських порід з врахуванням впливу на енергоємність операції «черпання», якості подрібнення гірничої маси. Обґрунтовано можливість і створено пристрій контролю електроспоживання і технологічних властивостей гірських порід (за труднощами екскавації) за критерієм повної енергоємності циклу.

Для обліку і контролю електроспоживання екскаваторів (з електроприводом напругою до 1000 В) застосовуються електролічильники, а у високовольтних екскаваторів облік практично відсутній. Існує проблема підключення електролічильників, які встановлюють на пересувних КТП та інколи на приєднувальних високовольтних пунктах до автоматизованих систем обліку і контролю електроспоживання підприємства, що виключає оперативний контроль за електроспоживанням основних електроприймачів і знижує ефективність обліку в цілому. Виникає необхідність в розробці спеціалізованих мікропроцесорних систем обліку і контролю електроспоживання з можливістю зберігання і зйомки інформації вручну і її автоматичної передачі на пункт подальшої обробки. Актуальність цього питання посилюється з огляду на те, що гірничі машини можуть бути джерелами інформації про технологічні властивості гірських порід. Тому доцільно створювати багатофункціональну систему обліку і контролю електроспоживання, технологічних гірських порід і продуктивності гірничих машин.

Системи обліку і контролю електроспоживання бурових станків і буримості гірських порід описані в [1, 2]

Категорія порід за труднощами екскавації в даний час визначається в залежності від об'ємної ваги породи, питомого опору черпанню і тривалості циклу екскавації. Класифікація гірських порід за труднощами екскавації (в скороченому вигляді) подана в табл. 1.

Таблиця 1

Класифікація гірських порід за труднощами екскавації

Категорія породи	Петрографічна характеристика породи	Вага гірничої маси в цілику, кг/м ³	Питомий опір черпанню, кг/см ²	Тривалість циклу екскавації, сек.	Спосіб розробки
I	торф, ґрунт, пісок, супісок, піски глауконітові та ін., гравій, галька, щебінь, окисні марганцево-піщані руди та ін.	1600	0,6	23,1–24,9	без попереднього розпушення
II	бентонітова глина, слабке вугілля, крейда м'яка, жирна глина та ін.	1800	1,2	25,0–27,8	без попереднього розпушення
III	міцне буре і кам'яне вугілля, туф, пемза, щільна глина, крейда та ін.	2000	2,5	27,9–30,1	з частковим розпушенням вибухами
IV	міцні боксити, андезити, крупно- і середньозернисті граніти, діорити та ін.	2500	3,25	30,2–31,2	з повним розпушенням вибухами
V	міцні дрібнозернисті граніти, сієніти, габро, діорити, свинцево-цинкові руди та ін.	3500	4,0	31,3–33,5	з повним розпушенням вибухами

В табл. 1 вага гірничої маси і питомий опір черпанню представлені як розрахункові (усереднені) величини для великих груп гірських порід (в таблиці наведено лише короткий їх перелік). Тривалість циклу екскавації визначена для екскаватора СЕ-3 (ще в 60-х роках знятого з виробництва).

До недоліків способу необхідно віднести його наближеність. Категорія породи визначається за усередненими даними для великих груп порід, для яких їх фактичні фізико-

механічні параметри мають значний розкид. Окрім того, категорія породи визначається один раз для всього родовища на весь період його експлуатації (ще на стадії геологічної розвідки родовища), не враховується якість розпушення гірничої маси вибуховими роботами. Наявний спосіб непридатний для безперервного контролю категорії породи (в темпі процесу) за допомогою автоматичних пристроїв. Тому розробка ефективнішого способу визначення і контролю категорії порід за труднощами екскавації на даний час є також важливою і актуальною задачею. Проведений аналіз відомих способів дозволяє сформулювати вимоги до критеріїв екскавації гірських порід. Критерії екскавації гірських порід повинні:

— служити дійсною характеристикою опору порід конкретному виду руйнування або опору породи черпанню ковшем екскаватора і дозволяти оцінювати їх кількісно;

— бути об'єктивними, незалежними від зміни параметрів режиму буріння і екскавації, можливість суб'єктивних оцінок повинна бути вилучена;

— повинні контролюватися приладами чи пристроями безперервно, за будь-які проміжки часу і об'єми робіт;

— повинні відповідати вимогам більшої інформативності (порівняно з відомими).

Для оцінки категорії породи за труднощами екскавації пропонується інтегральний показник — витрата електроенергії на виконання операції «черпання». При цьому прямо враховуються всі показники табл. 1 (об'ємна вага породи, питомий опір черпанню, тривалість циклу).

Для оцінки категорії породи за труднощами екскавації пропонується інтегральний показник — витрата електроенергії на виконання операції «черпання». При цьому прямо враховуються всі показники табл. 1 (об'ємна вага породи, питомий опір черпанню, тривалість циклу). Крім того, враховуються технічні особливості різних типів екскаваторів (шляхом побудови індивідуальних технологічних шкал). Запропонований показник дозволяє також автоматизувати процес вимірювань категорії порід за труднощами екскавації.

Технічна реалізація запропонованого способу можлива за допомогою спеціального автоматичного пристрою безперервної реєстрації категорії екскавації гірських порід, виконує також функції обліку електроенергії і продуктивності екскаваторів.

Реалізуючи запропонований спосіб, визначення категорії породи за труднощами екскавації за допомогою автоматичного пристрою повинно бути забезпечено виконанням таких технічних вимог і функцій:

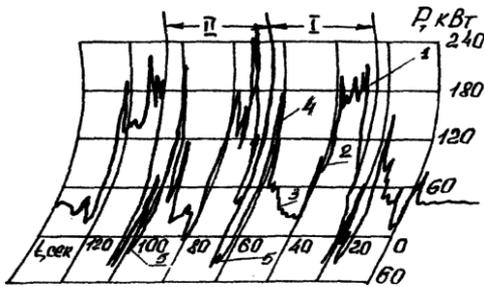


Рис. 1. Графік потужності екскаватора ЕКГ-4,6 при вийманні породи II-ї категорії із масиву (скальної вскриші): 1 — черпання породи ковшем екскаватора; 2 — піднімання ковша і поворот до місця розвантаження ковша; 3 — розвантаження ковша; 4 — поворот до забою; 5 — гальмування поворотної платформи екскаватора наприкінці повороту

1. Вимірювання енергоємності операції «черпання» виконується в кожному циклі екскавації.

2. Ознакою початку і кінця операції і, відповідно, вимірювання є зміна знака потужності, яка споживається (рис. 1).

3. Ідентифікація операції «черпання» здійснюється за її тривалістю. При цьому використовується той факт, що тривалість операції «черпання» значно перевищує тривалість інших операцій циклу. Енергоємність черпання фіксується в тому випадку, якщо тривалість операції дорівнює або більша мінімальної величини, яка визначається експериментально для даного типу екскаватора, тобто коли виконується умова

$$t_{\text{ч}} \geq t_{\text{ч, min}} \geq t_{\text{інш.оп}}, \quad (1)$$

де $t_{\text{ч, min}}$ — найменша тривалість операції «черпання» для даного типу екскаватора при екскавації відповідної гірничої породи, с; $t_{\text{інш.оп}}$ — тривалість інших операцій циклу, с.

4. Одночасно з вимірюванням енергоємності черпання здійснюється облік кількості розвантажених ковшів (за числом операцій черпання). При цьому лічильник ковшів спрацьовує, якщо в колі лічильника замикається нормально відкритий контакт поляризованого реле, яке включено в схему збудження двигунів повороту. Включення реле і за-

микання контакту свідчить про поворот екскаватора до місця розвантаження.

5. Продуктивність екскаватора визначається з виразу

$$P_e(t) = n_k(t) M(G), \quad (2)$$

де $P_e(t)$ – продуктивність екскаватора за період t , т; $n_k(t)$ – кількість розвантажених ковшів за період t ; $M(G_k)$ – математичне очікування середньої ваги породи в ковші, тон (величина $M(G_k)$ визначається експериментально: завантажені гірничою масою транспортні засоби проходять через автомобільну вагу).

6. Визначається математичне очікування середньої енергоємності черпання $M(Wч)$ за період t (звичайно за зміну) і відповідна категорія порід.

7. Визначаються загальні витрати електроенергії на екскавацію (звичайно за зміну).

8. Зйомка інформації здійснюється в кінці зміни через інформаційне табло (енергоємність черпання за кожний цикл і середня за зміну категорія породи, продуктивність і загальні витрати електроенергії за зміну).

9. За наявності на екскаваторах радіостанції інформація може передаватися каналами радіозв'язку на пункт її подальшої обробки.

Технологічні шкали екскавації гірських порід будуються для всіх типів екскаваторів, які експлуатуються в кар'єрі, з врахуванням місткості ковша. При цьому вимірювання повинні проводитись на всіх добувних і вскришних горизонтах і охоплювати розпушені вибухом породи, м'яку і скельну вскришу. Нижче, в табл. 2, подана технологічна шкала екскавації гірських порід для екскаватора ЕКГ-4,6 (місткість ковша 4,6 м³), яка побудована в умовах Іванівського кар'єру.

Таблиця 2

Технологічна шкала екскавації гірських порід для екскаватора ЕКГ-4,6

Характеристика гірських порід	Енергоємність операції «черпання», $Wч$, кВт г	Категорія порід за труднощами екскавації
М'яка вскриша (при вийманні із масиву)	$\leq 0,55$	I
Скельна вскриша (розпушена вибухом)	0,56...0,65	II
Скельна вскриша (при вийманні із масиву)	0,66...0,75	III
Розпушений вибухом граніт (гірнична маса з вмістом негабаритних кусків породи до 7%)	0,76...0,85	IV
Розпушений вибухом граніт з вмістом негабаритних кусків породи більше 7%	$> 0,85$	V

Перевагою запропонованої шкали порівняно з нині діючою шкалою є те, що вона більшою мірою враховує конкретні особливості гірських порід, вплив якості масового вибуху на операцію «черпання» і можливість застосувати автоматичні пристрої для оперативного контролю категорії гірських порід за труднощами екскавації. Необхідно відзначити, що визначення категорій порід за труднощами екскавації можливо також за повною питомою енергоємністю екскавації. Шкали буримості і екскавації після їх затвердження використовуються для планування, нормування і контролю витрат матеріалів, енергії, зарплати, інструмента та ін. При експлуатації родовища і нагромадження даних про властивості гірських порід шкали порід екскавації уточнюються.

Питома енергоємність екскавації породи, розпушеної вибухом, значною мірою залежить від якості вибухових робіт (тобто від вмісту негабаритних кусків породи в гірничій масі, які не проходять в ківш екскаватора). На практиці цей фактор оцінюється експертним шляхом при спостереженні за розвалом гірничої маси. Зрозуміло, що така оцінка є значною мірою суб'єктивною.

При погіршенні якості масового вибуху питома енергоємність екскавації зростає, тому що збільшуються витрати електроенергії і часу на підготовку забою (вилучення із масиву гірничої маси негабаритних кусків і їх відкидання, розбирання «заколів» і «козирків»). Запропоновано для кількісної оцінки якості масового вибуху використовувати повну питому енергоємність екскавації. Як приклад, нижче, наведена технологічна шкала оцінки якості масового вибуху при екскавації гірничої маси екскаватором ЕКГ-4,6 в умовах Іванівського родовища гранітів (табл. 3).

Технологічна шкала оцінки якості масового вибуху

Характеристика гірських порід	Повна питома енергоємність екскавації гірничої маси W_q , кВт·г/тону	Якість масового вибуху
1. Розпушений вибухом граніт (гірнича маса) з вмістом негабаритних кусків до 5 % при нормальному розвалі породи	0,120...0,175	Відмінна
2. Те ж, з вмістом негабаритних кусків 6...7 % при нормальному розвалі породи	0,176...0,230	Посередня
3. Те ж, з вмістом негабаритних кусків 7...11 % при нормальному розвалі породи	0,231...0,285	Добра
4. Те ж, з вмістом негабаритних кусків 11...15 % при нормальному розвалі породи	0,286...0,340	Задовільна
5. Те ж, з вмістом негабаритних кусків > 15 % за наявності «заколів» і «козирьків» або при значному розвалі породи по підшві уступу	> 0,340	Незадовільна

Технічна реалізація запропонованого способу визначення категорій порід за труднощами екскавації можлива також за допомогою самописних кіловатметрів. Для цього здійснюється запис графіків активної потужності екскаваторів (різних за типом і місткістю ковша) при навантаженні гірничої маси в транспортні засоби і вийманні породи із масиву. В подальшому одержані дані піддаються статистичній обробці. Витрати електроенергії (кВт·г) на виконання операції «черпання» визначаються за формулою

$$W_i = \frac{10^{-3}}{3,6} \sum_{i=1}^n P_i t_i, \tag{3}$$

де P_i – навантаження i -го ступеня графіка, кВт; t_i – період дії навантаження P_i , сек; n – кількість ступенів графіка навантаження операції «черпання».

Визначаючи величини W_q , використовують часто «шаблон-сітку», за допомогою якої вимірюють площину графіка навантажень екскаватора (при виконанні операції «черпання»).

Підсумком обробки даних є визначення математичного очікування середнього значення енергоємності операції «черпання»:

$$M(W_q) = \frac{\sum_{i=1}^m W_{qi}}{m}, \tag{4}$$

де W_{qi} – енергоємність операції «черпання» при виконанні i -го циклу екскавації ($i = 1, 2, \dots, m$); m – кількість вимірювань (циклів екскавації), записаних на діаграмну стрічку.

Величина m визначається з урахуванням необхідної точності розрахунку значень $M(W_q)$, (наприклад, за умови неперевищення похибки розрахунків більше ніж 0,05, кількість вимірювань буде дорівнювати $m = 96$). Категорія породи за труднощами екскавації визначається за величиною $M(W_q)$ і еталонною технологічною шкалою екскавації гірських порід.

На рис. 2 показана блок-схема пристрою автоматичного вимірювання категорії гірських порід за

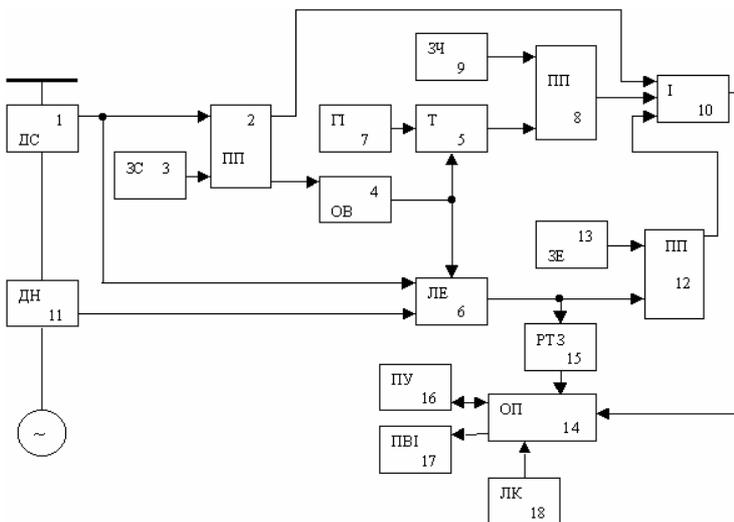


Рис. 2. Структурна блок-схема автоматичного вимірювання категорії гірських порід за труднощами екскавації

труднощами екскавації, який реалізує запропонований спосіб.

Вихід датчика струму (ДС) 1, який встановлений в мережі живлення приводного двигуна перетворювального агрегату, з'єднаний з першим входом першого пристрою порівняння (ПП) 2, другий вхід якого з'єднаний з виходом задавача струму (ЗС) 3, вихід ПП2 з'єднаний з входом одновібратора 4, вихід якого з'єднаний з керуючими входами таймера 5 і лічильника електроенергії (ЛЕ) 6, рахунковий вхід таймера 5 з'єднаний з виходом генератора імпульсів (Г) 7, вихід таймера 5 з'єднаний з другим входом другого пристрою порівняння (ПП) 8, перший вхід з'єднаний з виходом задавача часу (ЗЧ) 9, вихід ПП 8 з'єднаний з другим входом логічного елемента (І) 10, перший вхід якого з'єднаний з виходом ПП 2, вихід ДС 1 також з'єднаний з першим інформаційним входом (ЛЕ) 6. Вихід (ДН) 11 з'єднаний з другим інформаційним входом (ЛЕ) 6, другий інформаційний вихід якого з'єднаний з другим входом третього пристрою порівняння (ПП) 12, перший вхід якого з'єднаний з виходом задавача електроенергії (ЗЕ) 13, вихід третього ПП 12 з'єднаний з третім входом логічного елемента (І) 10, вихід якого з'єднаний з керуючим входом обчислювального пристрою (ОП) 14. Вихід ЛЕ 6 також з'єднаний з інформаційним входом регістра тимчасового збереження (РТЗ) 15, вихід якого з'єднаний з інформаційним входом (ОП) 14, перший інформаційний вихід (ОП) 14 з'єднаний з керуючим входом РТЗ 15. ОП 14 також з'єднаний з пультом управління (ПУ) 16 і пристроєм відображення інформації (ПВІ) 17.

Пристрій працює таким чином. На вході (ДС) 1 формується сигнал, пропорційний струму, який споживається приводним двигуном екскаватора, і цей сигнал надходить на перший вхід (ПП) 2, на другий вхід якого надходить сигнал від (ЗС) 3. Таким чином, якщо величина сигналу від (ДС) 1 буде меншою величини від ЗС 3, або має обернений знак, то на виході (ПП) 2 з'явиться сигнал рівний логічній «1», який надходить на вхід одновібратора, внаслідок чого одновібратор виробляє імпульс, який надходить на керуючі входи таймера ЛЕ 6, скидає їх попередні показання в «0» і починає новий цикл рахунку. Таймер 5 здійснює рахунок імпульсів від (Г) 7, частота проходження яких дорівнює 1 сек. Таким чином, таймер 5 здійснює рахунок часу, а (ЛЕ) 6 — кількість електроенергії, яка споживається, з моменту як струм, що споживається двигунами екскаватора, зменшиться до нуля або змінить свій знак. Для ідентифікації операції «черпання» сигнал з таймера надходить на другий вхід (ПП) 8, на перший вхід якого надходить сигнал з (ЗЧ) 9, величина якого дорівнює t_{\min} коли сигнал від таймера 5 стане більшим, ніж сигнал від (ЗЧ) 9, на виході ПП 8 з'явиться сигнал рівний логічній «1», який надходить на перший вхід логічного елемента (І) 10, тобто таким шляхом ідентифікується операція «черпання». Сигнал з (ЛЕ) 6, пропорційний кількості електроенергії, яка споживається з моменту рекуперації, надходить на другий вхід ПП 12, на перший вхід якого надходить сигнал від (ЗЕ) 13, величина якого дорівнює W_{\min} , коли сигнал з ЛЕ 6 стане більшим, ніж (ЗЕ) 13, на виході (ПП) 12 з'явиться сигнал, рівний логічній «1», який надходить на третій вхід логічного елемента (І) 10 тобто таким чином реалізується ще одна умова ідентифікації процесу черпання ($W > W_{\min}$). Після цього на другому і третьому входах цього елемента І 10 присутні сигнали логічної «1», і коли пройде наступний режим рекуперації (після тієї рекуперації, коли запустились таймер 5 і (ЛЕ) 6), на виході ПП 2 з'явиться сигнал логічна «1», який надійде на перший вхід логічного елемента (І) 10 з'явиться сигнал, рівний логічній «1», який надходить на перший керований вхід (ОП) 14. За цим сигналом (ОП) 14 зчитує інформацію з (РТЗ) 15 і видає сигнал на перший керований вихід, який надходячи на керуючий вхід (РТЗ) 15, скидає його в нульовий вихідний стан, тобто готує його до нового етапу роботи. Сигнал з виходу (ПП) 2, який викликав спрацювання (ОП) 14, надходить на вхід одновібратора, який виробляє імпульс. Даний імпульс надходить на керуючі входи таймера 5 і (ЛЕ) 6 скидає їх у вихідний нульовий стан і процес зчитування часу і електроенергії починається спочатку, а інформація про величину електроспоживання буде входити в (ОП) 14 тільки при виконанні двох умов ідентифікації режиму черпання.

Оскільки питома енергоємність операції черпання складає до 70 % від загальної енер-

гоємності циклу екскавації, то можна побудувати пристрій контролю категорії порід, обліку електроенергії і кількості ковшів за повною питомою енергоємністю циклу. На рис. 3 представлена структурна схема. В обчислювальному пристрої окремо визначається енергія за кожний цикл, і зміну.

Вихід датчика струму (ДС) 1, який встановлений в мережі живлення приводного двигуна перетворювального агрегату, з'єднаний з першим входом лічильника електроенергії (ЛЕ) 7. До другого входу (ЛЕ) 7 підключений вихід датчика напруги, який теж встановлено в мережі приводного двигуна перетворювального агрегату. Вихід з (ЛЕ) 7 з'єднаний з інформаційним входом реєстра тимчасового збереження (РТЗ) 8, вихід якого з'єднаний з другим інформаційним входом обчислювального пристрою (ОП) 9. Відповідно перший інформаційний вхід з'єднаний з виходом пристрою порівняння (ПП) 6, другий – з лічильником ковшів (ЛК) 13, перший інформаційний вихід (ОП) 9 з'єднаний з пристроєм відображення інформації (ПВІ) 10, другий – з пультом управління (ПУ) 11. Перший вхід (ПП) 6 з'єднаний з виходом задавача часу (ЗЧ) 2, відповідно другий інформаційний вхід з'єднаний з таймером (Т) 5, до входу якого підключений вихід генератора імпульсів (ГІ) 3. Другий вихід (Т) 5 з'єднаний з третім входом (ЛЕ) 7. Вихід (ПП) 6 також з'єднаний з входом одновібратора (ОВ) 4, вихід якого з'єднаний з входом (ЛЕ) 7.

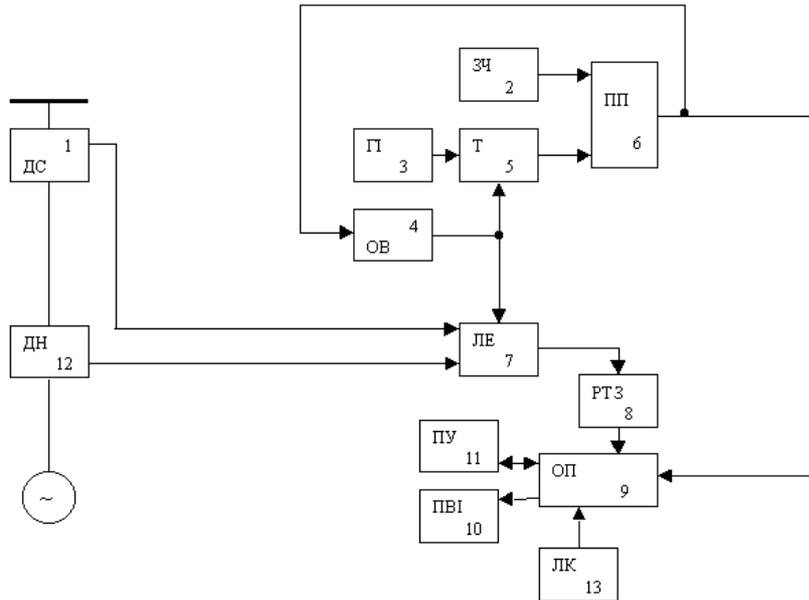


Рис. 3. Структурна блок-схема автоматичного вимірювання категорії гірських порід за труднощами екскавації

Пристрій працює таким чином: на вході (ДС) 1 формується сигнал, пропорційний величині струму, яка споживається приводним двигуном екскаватора і даний сигнал подається на перший вхід (ЛЕ) 7. На другий вхід (ЛЕ) 7 подається сигнал від (ДН) 12. До третього інформаційного входу (ЛЕ) 7 приєднаний таймер (Т) 5, до якого приєднаний генератор імпульсів (ГІ) 3, який видає імпульси, частота проходження яких 1 секунда. Таким чином таймер лічить час, а (ЛЕ) 7 – кількість електроенергії.

Для ідентифікації операції «циклу» сигнал з таймера (Т) 5 надходить на другий вхід (ПП) 6, на перший вхід якого надходить сигнал з задавача часу (ЗЧ) 2, величина якого дорівнює $t_{ц.мін}$, коли сигнал від таймера (Т) 5 стане більшим, ніж сигнал від (ЗЧ) 2, на виході (ПП) 6 з'явиться сигнал рівний лог. 1, який надходить на вхід (ОП) 9. Одночасно сигнал лог. 1 подається на вхід одновібратора (ОВ) 4, внаслідок чого одновібратор виробляє імпульс, який надходить на керуючі входи (ЛЕ) 7, скидає їх попередні покази в нуль і починає новий цикл рахунку.

Висновки

1. Обґрунтовано, що для гірських машин з огляду на пересувний характер їх роботи і можливості отримувати інформацію про породи необхідно створювати спеціалізовані системи обліку і контролю електроспоживання і технологічних властивостей гірських порід.

2. Обґрунтовано, що найбільш об'єктивним і інтегральним критерієм оцінки категорій порід за труднощами екскавації є енергоємність операції «черпання». При цьому враховуються всі показники, які прийняті у відомому методі (об'ємна вага, питомий опір черпанню, тривалість циклу екскавації). Основною перевагою є можливість автоматизації процесу вимірювання.

3. Запропоновано спосіб і систему обліку і контролю електроспоживання екскаваторів і категорій порід за труднощами екскавації гірських порід з урахуванням впливу на енергоємність операції «черпання», якості подрібнення гірничої маси.

4. Обґрунтовано можливість і створено пристрій контролю електроспоживання і технологічних властивостей гірських порід (за труднощами екскавації) за критерієм повної енергоємності циклу.

5. Встановлено, що питома енергоємність екскавації породи, розпушеної вибухом, залежить від якості вибухових робіт (тобто від вмісту кусків породи в гірничій масі, які не проходять в ковш екскаватора, наявності заколів, порогів, «козирків»).

6. Запропоновано критерій і шкалу оцінки якості масових вибухів за повною питомою енергоємністю екскавації, які дозволяють диференціювати вартість буровибухових робіт в залежності від їх якості і стимулювати таким чином її підвищення і, відповідно, зменшення енергоємності екскавації.

7. Впровадження запропонованих систем у виробництво дозволяє здійснювати облік і контроль електроспоживання гірничих машин і технологічних властивостей порід, підвищувати ефективність гірничих робіт і електроспоживання. Запропоновані розробки розвивають новий напрямок оцінки технологічних властивостей порід за питомою енергоємністю технологічного процесу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рогальський Б. С., Войтюк Ю. П. Облік і контроль електроспоживання гірничих машин та технологічних властивостей гірських порід // Вісник НТУУ «КПІ» Серія «Гірництво». — 2001, — Вип. 5. — С. 104—111.
2. Рогальський Б. С., Свїрїдов М. П., Войтюк Ю. П. Системи контролю електроспоживання бурових станків і буримості гірських порід // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2003. — С. 38—40.
3. Рогальський Б. С., Бірюков О. О., Войтюк Ю. П. Використання технологічних шкал буримості гірських порід для планування енергетичних і матеріальних ресурсів на гірничі роботи // Матеріали сьомої міжнародної наук.-техн. конференції КУСС — 2003. — м. Вінниця, 8-11 жовтня 2003. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. — С. 125—128.

Матеріали статті рекомендовані до опублікування оргкомітетом VIII Міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2005, 24—27.10.2005 р)

Надійшла до редакції 10.11.05
Рекомендована до друку 22.11.05

Рогальський Броніслав Станіславович — професор, **Войтюк Юрій Петрович** — завідувач лабораторіями.

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергозбереження, Вінницький національний технічний університет