

ГІРНИЧІ МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ

УДК 622. 232

КРИТЕРІАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГІРНИЧИХ СИСТЕМ

О.М. Терентьєв, канд. техн. наук (НТУУ "КПІ", ІЕЕ)

Проведено качественное и количественное сравнение производительности, удельной энергоёмкости, коэффициента полезного действия и качества процессов разрушения забоев с точки зрения классического и молекулярно-волнового подходов.

У статті вибрано та обґрунтовано критеріальні параметри раціонального функціонування гірничих систем. Виконано порівняння виробничих граничних умов (ВГУ) функціонування гірничих систем вибій-виконавчий орган-привод (ВВОП), які вивчалися з точки зору класичного і молекулярно-хвильового підходів. Було вибрано такі виробничі граничні умови: продуктивність $\Pi = V/t$, питома енергоємність руйнування вибою $q=N/\Pi = N_i/V$, якість функціонування як відношення продуктивності до вартості робіт $K=\Pi/V_p=V/(V_p t)$, ККД руйнування вибою $\eta = A_c/(A_c+A_n)$. У цих моделях V – об'єм стружки, яка відокремлюється від вибою за один цикл руйнування, t – час функціонування системи, N – потужність, затрачена на руйнування вибою, $V_p = 12,5$ – вартість ведення робіт, грн [4], η – ККД руйнування вибою; A_c – робота, затрачена на відокремлення елементарної стружки від вибою; A_n – робота, затрачена на формування ядра ущільнення при руйнуванні вибою. ВГУ є функціями об'єму стружки, відокремленої від вибою за один цикл руйнування. В свою чергу, об'єм стружки залежить від об'єму ядра ущільнення. Тому для аналізу ВГУ складено математичний аналог об'єму ядра ущільнення вибою. На основі моделі навантаження пружнопластичного вибою [1] тиск у центрі площі контакту різального інструмента з вибоєм виражається формулою

$$P_0 = P_k e^{-f(h_n - h_1)}, \quad (1)$$

де P_k – контактна міцність вибою, Па; $f = 10/h_n$ – коефіцієнт затухання тиску по глибині [1]; h_n – глибина занурення у вибій породоруйнуючого інструмента, м; h_n і h_1 – відповідно висота ядра ущільнення і стрілка заокруглення різальної кромки інструмента, м.

Глибина занурення інструмента у вибій визначається зусиллям подачі, яке перемагає реакцію вибою і пропорційне середньому тиску, що діє на площину контакту інструмента з вибоєм:

$$h_B = F / (\sigma_0 \sqrt{2a_k}) = PS / (\sigma_0 \sqrt{2a_k} N_i), \quad (2)$$

де F – зусилля подачі, Н; σ_0 – межа міцності вибою на стискання, Па; a_k – ширина контакту інструмента з вибоєм, м; $\sqrt{2a_k}$ – напівширина контура, на якому діє контактний тиск, м; P – тиск на площі контакту S інструмента з вибоєм, Па; N_i – кількість інструментів по схемі ураження вибою, шт.

Тиск на площі контакту інструмента з вибоєм з урахуванням потужності приводу базової машини обчислюється за формулою

$$P = \sqrt{N_n^2 + N_p^2} / (\eta_p \sqrt{V_n^2 + V_p^2} S), \quad (3)$$

де N_n, N_p – середнє значення потужності приводу подачі і різання, Вт; η_p – ККД редуктора приводу, відносні одиниці; V_n, V_p – середня швидкість відповідно подачі і різання, м/с; S – площа контакту інструмента з вибоєм, м.

Після розв'язання (1) відносно h_n та підстановки значень f і P дістанемо

$$h_n = \frac{\sqrt{N_n^2 + N_p^2} \ln \left[P_k \pi (1 - \mu^2) / (2 \cdot \sqrt{2\sigma_p E}) \right]}{28.2 a_k \sigma_0 \eta_p N_i \sqrt{V_n^2 + V_p^2}}, \quad (4)$$

де μ – коефіцієнт Пуассона; σ_p – межа міцності вибою на розривання, Па; E – модуль пружності першого роду, Па; σ_0 – межа міцності вибою на стискання, Па.

Для спрощення (4) з урахуванням [5, 6] покладемо: $\sigma_p = (0,25 \dots 0,35)\sigma_0 = 0,3\sigma_0$; $E = (120 \dots 160)\sigma_0 = 150\sigma_0$; $\sigma_0 = 63 P_K^{0,6}$, $\sigma_0 = E/120 = 0,0083E$; $P_K = 0,00013E^{1,67}$; $\sigma_p = (0,002 \dots 0,2)\sigma_0 = 0,0029E$. Тоді (4) набуде вигляду

$$h_n = \frac{\sqrt{N_n^2 + N_p^2} \ln \left[\frac{(0,00013E)^{1,67} \pi (1 - \mu^2) / (0,152E)}{28,2 a_k (0,0083E) \sqrt{I_n^2 + I_p^2}} \right]}{28,2 a_k (0,0083E) \sqrt{I_n^2 + I_p^2}} \quad (5)$$

Елементи стружки, що відокремлюються від вибою, є об'ємні фігури різноманітної форми. Для опису цих фігур використовується рівняння для тривимірних фігур, складене на основі рівняння Касіні:

$$(x^2 + y^2)^2 - 2h_n^2(x^2 - y^2) = a^4 - h_n^4 - b^2 z^2, \quad (6)$$

де a, b – параметри рівняння.

Різнманітність форм проєкцій елемента, що відокремлюється від вибою, на площини XOY і XOZ врахована співвідношенням параметрів a, h_n і b в рівнянні (6) для цих об'ємних фігур. Для просторових тривимірних фігур, до яких відносять і елементи стружки, відокремлюваної від вибою, характерною точкою є вершина ядра ущільнення. З цієї точки починається розкриття магістральної тріщини при відокремленні стружки від вибою. Параметр $C = h_n$ є проєкція на головну вісь овала Касіні вершини ядра ущільнення, яке утворюється при заглибленні різального інструмента у вибій. Оскільки інтегрування проводилось по глибині руйнування Z від 0 до $\sqrt{a^4 - h_n^4} / b$, по куту φ від 0 до $\pi/2$, то елементарний об'єм руйнування V_c подвоюється:

$$V_c = 2 \int_0^{\pi/2} \int_0^{\sqrt{a^4 + h_n^2} / b} (h_n^2 \cos 2\varphi + \sqrt{a^4 - h_n^4 \sin^2 2\varphi - b^2 z^2}) dz d\varphi. \quad (7)$$

Вивчення розподілу поля навантаження в зоні руйнування дало змогу встановити залежність геометрії елементарного об'єму руйнування від співвідношення параметрів a і h_n . Так, при $a = 0,8h_n$ моделюються кулеподібні стружки, при $a = 0,9h_n$ – еліпсоподібні, при $a = h_n$ – краплеподібні стружки, при $a = 1,1h_n$ – форми стружки, що відповідають фігурі Касіні і, за експериментальними даними, найчастіше трапляються, при $a = \sqrt{2}h_n$, $a = \sqrt{3}h_n$ – стружки відповідно призматичної та параболічної форм.

Для розв'язання рівняння (7) вибрано метод числового інтегрування Симпсона. Складено алгоритм і розроблено програму обчислення ядра ущільнення, елементарного об'єму руйнування і ВГУ для різних класів гірничих машин. Результати розрахунку ВГУ для екскаватора ЕО-4121 наведено в табл. 1.

При роботі складних гірничих систем типу ВВОП важливим показником є ККД руйнування вибою. Він представлений як відношення роботи A_c , затраченої на відокремлення стружки від масиву, до сумарної роботи, затраченої на формування ядра ущільнення A_n і утворення стружки A_c .

Робота приводу екскаватора, що витрачається на руйнування вибою, обчислюється за формулою

$$A_n = A_c + A_n = F_n X_p, \quad (8)$$

де $F_n = N_n / V_n = 126000$ – зусилля на зубах ковша екскаватора, Н [2, 3]; $N_n = 84000$ – потужність приводу різання екскаватора ЕО-4121 з дизельним двигуном А-01М, Вт [2, 3]; V_n – швидкість подачі екскаватора, м/с; X_p – лінійний розмір елемента руйнування вибою, який відповідає переміщенню різальної кромки зуба ковша екскаватора при утворенні елементарної стружки

та її відокремленні від вибою. Фізичний зміст зберігається при використанні позитивних знаків:

$$X_p = \pm \sqrt{\frac{2h_n^2 \pm \sqrt{(2h_n^2)^2 + 4((1,1h_n)^4 - h_n^4)}}{2}}. \quad (9)$$

Робота, яка затрачується на ушільнення елементів вибою, має вигляд

$$A_n = F_n h_n = 0,5k h_n^2, \quad (10)$$

де k – коефіцієнт жорсткості ядра ушільнення, Н/м; h_n – висота ядра ушільнення, м.

З наведених виразів випливає, що жорсткість ядра ушільнення обчислюється за формулою

$$k = \frac{A_n}{h_n^2} = \frac{0,5k h_n^2}{h_n^2} = 0,5k \text{ Мн/м}.$$

Щільність ядра визначена з умови рівності тиску, який діє на вибій і охоплює об'єм ядра ушільнення і об'єм стружки: $\rho_n h_n g = \rho_p X_p g$, звідки $\rho_n = \rho_p X_p / h_n = 1,4 \times 0,685 / 0,287 = 3,34 \text{ т/м}^3$, де ρ_n і $\rho_p = 1,4$ – щільність ядра і елемента стружки, який відокремлюється від вибою за один цикл руйнування, т/м^3 ; $X_p = h_c + h_n = 0,398 + 0,287 = 0,685$ – проекція на площину XOY висоти елемента, що відокремлюється від вибою за один цикл руйнування, м; $h_c = 0,398$ – висота стружки, м.

Робота, що затрачується на утворення стружки, пропорційна роботі на утворення нових поверхонь, оскільки ступінь подрібнення елементів руйнування вибою малий:

$$A_c = F_n (X_p - h_n) K_v = F_n (X_p - h_n) (V_p - V_n) / V_p, \quad (11)$$

де $K_v = (V_p - V_{я}) / V_p$ – коефіцієнт, що враховує утворення нових об'ємів при руйнуванні вибою; V_p – об'єм елемента, що відокремлюється від масиву за один цикл руйнування, m^3 ; $V_{я}$ – об'єм ядра ущільнення, m^3 .

Робота, яка затрачується на формування ядра ущільнення з урахуванням (8), така:

$$A_{я} = A_{п} - A_{с}. \quad (12)$$

Коефіцієнт корисної дії при руйнуванні вибою з урахуванням (8) і (11) визначається за формулою

$$\eta = \frac{A_{с}}{A_{с} + A_{я}} = \frac{A_{с}}{A_{п}} = \frac{(X_p - h_{я})(V_p - V_{я})}{V_p X_p} 100[\%]. \quad (13)$$

Реалізація програми розрахунку ВГУ на ЕОМ дала можливість отримати результати, наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати розрахунку ВГУ роботи екскаватора ЕО-4121 при управлінні швидкістю різання (класичний підхід)

Швидкість різання V_p , м/с	Висота ядра ущільнення $h_{я} \cdot 10^{-3}$, м	Довжина стружки $X_p \cdot 10^{-3}$, м	Об'єм ядра ущільнення $V_{я} \cdot 10^{-6}$, m^3	Об'єм стружки $V_{с} \cdot 10^{-5}$, m^3	Продуктивність P_e , $m^3/год$	Питома енергоємність q , Вт·год/ m^3	ККД екскавації η , %	Якість функціонування K , $m^3/(год·грн)$
0,2	58,71	92,60	72,435	12,84	19,89	4223	15,96	1,5850
0,3	56,42	88,99	69,605	14,69	23,69	3546	19,26	1,8876
0,4	53,61	84,57	66,147	14,47	24,55	3422	19,87	1,9560
0,5	50,56	79,74	62,376	30,68	55,20	1522	29,16	4,3982
0,6	47,45	74,84	58,539	27,87	53,43	1572	28,91	4,2570
0,7	44,42	70,06	54,805	25,47	52,14	1611	28,73	4,1548
0,8	41,55	65,55	51,273	23,48	51,38	1635	28,61	4,0937

На основі табл. 1 побудовано залежності продуктивності P_e , питомої енергоємності q , ККД і якості функціонування K від швидкості різання V_p (рис. 1).

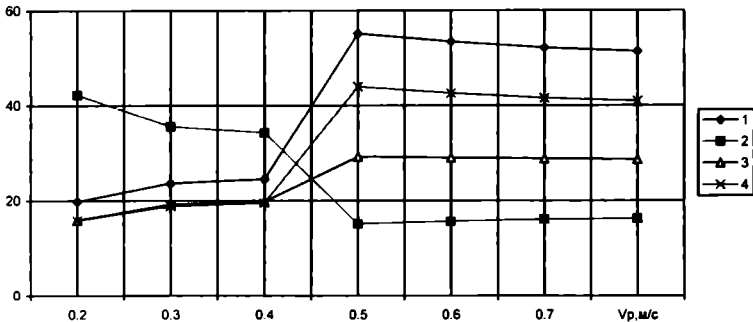


Рис. 1. Залежність продуктивності P (1), питомої енергоспоживності q (2), ККД (3) і якості екскавації K (4) ґрунтів V – VIII категорій екскаватором EO-4121 від швидкості різання (класичний підхід)

Максимальну продуктивність $55,20 \text{ м}^3/\text{год}$, ККД $29,16\%$ і якість функціонування $4,398 \text{ м}^3/(\text{год}\cdot\text{грн})$ при мінімальній питомій енергоспоживності $1521,8 \text{ Вт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$ було досягнуто при швидкості різання $0,5 \text{ м/с}$. При збільшенні швидкості понад $0,5 \text{ м/с}$ зміни ВГУ не перевищували 10% , тобто настала стабілізація ВГУ.

Порівняння результатів дослідження поведінки системи з точки зору класичного і молекулярно-хвильового підходів забезпечило підготовку об'єктивніших практичних рекомендацій.

У кристалічному тілі молекули утворюють правильні та періодично подібні структури. Щільність молекул у різних напрямках різна. При розгляданні монокристала під різними кутами видно, що поверхні розділу характеризуються різною щільністю атомів і можуть трактуватися як атомні площини [7, 8]. У гранецентрованій і об'ємноцентрованій системах є три головні площини з індексами площин (або індексами Міллера) (100), (110) і (111) [8]. Гірські породи являють собою неоднорідні анізотропні тіла. При контакті неоднорідних матеріальних середовищ міцність адгезійних зв'язків вища від когезійної міцності найслабшого з матеріалів. Тому руйнування

зв'язків носить когезійний характер. Тривалість дії зовнішніх навантажень визначають сили адгезії. Адгезійна взаємодія твердих тіл, а також їхня взаємодія з навколишнім середовищем визначається поверхневою енергією твердого тіла, тобто роботою, яку необхідно затратити для створення нових поверхонь. Структура більшості гірських порід є кристалічною. Питанням руйнування кристалічних структур достатня увага приділялась у працях [7–9]. Джоном Гілманом [7] запропоновано, а І.В. Обреїмовим [9] експериментально підтверджено вираз для обчислення кількісного значення поверхневої енергії площин спайності різноманітних тіл:

$$\gamma = \frac{E}{y_0} \left(\frac{a_0}{\pi} \right)^2 10^{-3} \text{ [Дж/м}^2\text{]}, \quad (14)$$

де γ – поверхнева енергія; E – модуль пружності першого роду, Па; y_0 – відстань між сусідніми площинами розщеплення, м; a_0 – радіус дії міжмолекулярних сил притягання, м.

Поверхнева енергія площин спайності мінімальна [8, 9]. Об'ємноцентровані кубічні ґратки різноманітних матеріалів розщеплюються вздовж площин з індексами Міллера (110), тобто поводять себе відповідно до гіпотези про мінімальну поверхневу енергію площин спайності. Гілман [7], використовуючи наведене вище рівняння, обчислив кількісне значення поверхневої енергії площин спайності різноманітних кристалічних тіл. Дослідженнями [7–9] теоретично встановлено і експериментально підтверджено наявність функціональних зв'язків між питомою поверхневою енергією γ , модулем пружності першого роду E , радіусом дії міжмолекулярних сил притягання a_0 і відстанню між сусідніми площинами розщеплення y_0 . На основі цих досліджень розроблено математичну модель висоти ядра ущільнення з точки зору молекулярно-хвильового підходу:

$$h_n = \sqrt{N_n^2 + N_p^2} \eta_n \ln \left[\left(1,3 \cdot 10^{-4} \gamma y_0 \pi^2 / a_0^2 \right)^{1,67} \pi (1 - \nu^2) / \left(1,524 \cdot 10^{-3} \gamma y_0 \pi^2 / a_0^2 \right) \right] \quad (15)$$

$$28,2 a_n \cdot 0,0083 \left(\gamma y_0 \pi^2 / a_0^2 \right) \eta_p \eta_j \sqrt{V_n^2 + V_p^2}$$

Підставивши (15) у (7), одержимо об'єм одиничної стружки за елементарний акт руйнування вибою. Інтегруванням (7) з урахуванням (14) і (15) визначимо ВГУ. Результати розрахунку ВГУ екскаватора ЕО-4121 на ЕОМ зведено в табл. 2. Графічні залежності показано на рис. 2.

Таблиця 2. Результати розрахунку ВГУ роботи екскаватора ЕО-4121 при управлінні швидкістю різання (молекулярно-хвильовий підхід)

Швидкість різання V_p , м/с	Висота ядра ущільнення h_n , см	Довжина стружки $X_p \cdot 10^{-3}$, м	Об'єм ядра ущільнення $V_1 \cdot 10^{-6}$, м ³	Об'єм стружки $V_c \cdot 10^{-5}$, м ³	Продуктивність P_e , м ³ /год	Питома енергоємність q , Вт·год/м ³	ККД екскаватора η , %	Якість функціонування K , м ³ /(год·грн)
0,2	5,605	91,68	69,148	11,17	18,13	4633,8	13,95	1,4444
0,3	5,386	87,93	66,446	12,78	21,59	3891,1	17,58	1,7201
0,4	5,118	82,53	63,145	12,59	22,37	3754,9	18,24	1,7825
0,5	4,826	75,54	59,545	26,69	50,30	1669,9	28,44	4,0081
0,6	4,529	71,34	55,883	24,25	48,69	1725,3	28,17	3,8794
0,7	4,240	68,46	52,318	22,16	47,52	1767,8	27,96	3,7863
0,8	3,697	62,85	48,946	20,42	46,83	1794,2	27,83	3,7306

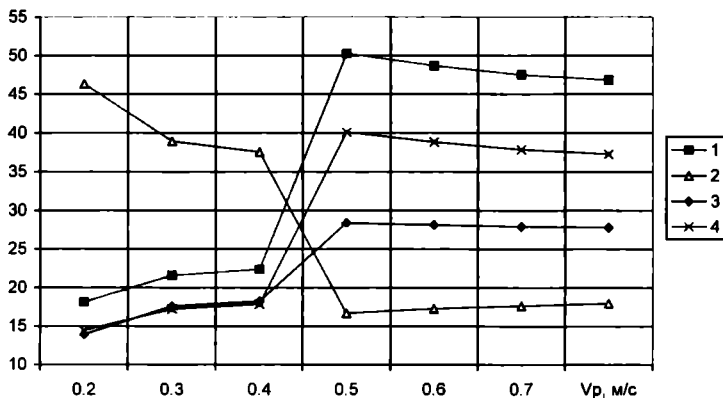


Рис. 2. Залежність продуктивності P (1), питомої енергоємності q (2), ККД (3) і якості функціонування K (4) від швидкості різання екскаватора ЕО-4121 (молекулярно-хвильовий підхід)

Максимальну продуктивність 50,30 м³/год, ККД 28,44 % і якість функціонування 4,008 м³/(год·грн) при мінімальній питомій енергоємності 1669,9 Вт·год/м³ досягнуто при швидкості різання 0,5 м/с. При збільшенні швидкості понад 0,5 м/с зміни ВГУ були незначними, тобто настала їх стабілізація.

Результати порівняння ВГУ функціонування екскаватора ЕО-4121 з точки зору класичного і молекулярно-хвильового підходів наведено в табл. 3. Розбіжність кількісних значень ВГУ і основних параметрів системи ВВОП лежить у такому діапазоні: висота ядра ущільнення h_n – від 4,63 до 5,19 %; довжина елемента руйнування X_p – від 4,71 до 5,62 %; продуктивність П екскаватора ЕО-4121 – від 9,72 до 9,75 %; питома енергоємність q екскавації – від 9,67 до 9,75 %; ККД екскавації ґрунтів V–VIII категорій – від 2,53 до 14,41 %; якість функціонування $K = П/В_p$ – від 9,70 до 9,76 %.

Таблиця 3. Порівняння кількісних значень ВГУ і основних параметрів системи ВВОД з точки зору класичного і молекулярно-хвильового підходів

V_p , м/с	Висота ядра ущільнення h_n , см			Довжина стружки X_p , см			Продуктив- ність П, м ³ /год			Питома енергоємність $q \cdot 10^2$, Вт·год/м ³			ККД, %			Якість екса- кавації K , м ³ /(год·грн)		
	кл	мх	р	кл	мх	р	кл	мх	р	кл	мх	р	кл	мх	р	кл	мх	р
0,2	5,87	5,61	4,63	9,26	8,84	4,75	19,9	18,1	9,71	42,2	46,3	9,73	15,9	13,9	14,4	1,59	1,44	9,76
0,3	5,67	5,39	5,19	8,89	8,49	4,71	23,7	21,6	9,73	35,5	38,9	9,73	19,3	17,6	9,56	1,89	1,72	9,76
0,4	5,36	5,12	4,68	8,46	8,01	5,62	24,6	22,4	9,75	34,2	37,6	9,73	19,9	18,2	8,94	1,96	1,78	9,70
0,5	5,06	4,83	4,76	7,97	7,61	4,73	55,2	50,3	9,74	15,2	16,7	9,67	29,2	28,4	2,53	4,39	4,01	9,73
0,6	4,74	4,53	4,64	7,48	7,14	4,76	53,4	48,7	9,74	15,7	17,3	9,73	28,9	28,2	2,63	4,25	3,88	9,74
0,7	4,44	4,24	4,72	7,01	6,69	4,78	52,1	47,5	9,72	16,1	17,7	9,75	28,7	27,9	2,75	4,16	3,79	9,75
0,8	4,16	3,97	4,60	6,56	6,26	4,79	51,4	46,8	9,74	16,4	17,9	9,72	28,6	27,8	2,80	4,09	3,73	9,73

Примітка. кл – класичний підхід; мх – молекулярно-хвильовий підхід; р – розбіжність, %.

Найбільша розбіжність виникає при обчислюванні ККД – від 2,53 до 14,41 %. Це пояснюється чутливістю математичного аналога обчислювання ККД до невідповідності енергії випромінювання у вибій енергії поглинання вибоєм енергетичного потоку системи ВВОД.

Висновки

1. Виконано порівняння виробничих граничних умов функціонування гірничих систем вибій–виконавчий орган–привод, які вивчалися з точки зору класичного і молекулярно-хвильового підходів. За ВГУ взято продуктивність, питому енергоємність, ККД руйнування вибоєм та якість функціонування як відношення продуктивності до вартості робіт.

2. Виробничі граничні умови є функціями об'єму стружки, відокремленої від вибоєм за один цикл руйнування. В свою чергу, об'єм стружки залежить від об'єму ядра ущільнення. Тому для аналізу ВГУ складено математичний аналог об'єму ядра ущільнення вибоєм, до якого увійшли і функціонально упорядковані параметри всіх підсистем "вибій", "виконавчий орган", "привод".

3. Математичне зображення об'ємних тривимірних фігур різноманітної форми виконано за допомогою рівняння четвертого порядку, в правій частині якого наведено параметри, що визначають об'ємну форму стружки.

4. Складено математичну модель ККД системи вибій–виконавчий орган–привод, особливістю якої є врахування співвідношення між об'ємом руйнування вибоєм і об'ємом ядра ущільнення, яке утворюється при зануренні різального інструмента у вибій.

5. Розроблено математичні моделі ВГУ на основі використання молекулярно-хвильового підходу, особливістю яких є наявність функціональних зв'язків між питомою поверхневою енергією, модулем пружності першого роду, радіусом дії міжмолекулярних сил притягання і відстанню між сусідніми площинами розщеплення руйнованого матеріалу.

6. Проведено порівняння виробничих граничних умов функціонування гірничих систем з точки зору класичного і молекулярно-хвильового підходів на

прикладі екскаватора ЕО-4121. Визначено діапазон розбіжності кількісних значень ВГУ і основних параметрів системи ВВОП.

Практичні рекомендації

1. Для забезпечення максимальної продуктивності 50,30 м³/год, максимального ККД 28,56 % і якості функціонування ЕО-4121 4,0 м³/(год-грн) при мінімальній питомій енергоємності 1669,9 Вт-год/м³ необхідно підтримувати швидкість різання 0,5 м/с.

2. Рациональні виробничі граничні умови для розробки ґрунтів V–VIII категорій забезпечуються діапазоном швидкостей різання від 0,5 м/с.

3. Для забезпечення робочого діапазону швидкостей різання від 0,5 м/с необхідна розробка і вдосконалення автоматизованої системи керування і підтримання швидкості різання в зазначеному діапазоні. Це забезпечить зниження питомої енергоспоживності руйнування вибоїв у 2,3 рази і підвищення ККД системи вдвічі за рахунок енерго- і ресурсозбереження при функціонуванні системи в складних гірничо-геологічних умовах.

1. *Протасов Ю.И.* Теоретические основы механического разрушения горных пород. – М.: Недра, 1985. – 242 с.

2. *Справочник молодого машиниста экскаватора /* Под ред. А.А. Изаксона, В.М. Донского, И.А. Филатова. – М.: Высшая школа, 1985. – 223 с.

3. *Экскаватор* одноковшовый универсальный гусеничный гидравлический ЭО-4121. Формуляр 4121-00.00.000 ФС.

4. *Рекомендации* составления планово-расчетных цен на строительные материалы, конструкции и изделия, эксплуатацию строительных машин и механизмов, услуги автотранспорта и продукцию подсобного производства. (1 этап). – Министерство транспортного строительства. – Главное научно-техническое управление. Всесоюзный проектно-технологический институт транспортного строительства. ВНИТТРАНССТРОЙ, 1990. – 229 с.

5. Суриков В.В. Механика разрушения мерзлых грунтов. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд., 1978. – 128 с.
6. Солод В.И., Зайков В.И., Первов К.М. Горные машины и автоматизированные комплексы. – М.: Недра, 1981. – 503 с.
7. Gilman John J. Direct Measurements of the Surface Energy of Crystals // J. of Appl. Phys. – 1960. – V. 31. – № 12. – P. 2208–2219.
8. Бакли Д. Поверхностные явления при адгезии и фрикционном взаимодействии / Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1986. – 360 с.
9. Obreimoff J.W. The Splitting Strength of Mica // Proc. Roy. Soc. – London. – 1930. – V. 127. – № 804. – P. 290–297.

УДК 622.245.54:532.595.2

ОБРОБКА СЕРЕДОВИЩ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПОТОКАМИ ІМПУЛЬСНО-ХВИЛЬОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

В.М. Вигівський, асп. (НТУУ "КПІ", ІЕЕ)

Исследован процесс взаимодействия исполнительного органа с обрабатываемым материалом при управлении энергетическими потоками с помощью импульсно-волнового трансформатора. Установлено оптимальное соотношение между энергией излучения исполнительного органа и энергией поглощения обрабатываемым материалом.

Створення нових гірничих систем та підвищення продуктивності існуючих потребує врахування властивостей оброблюваного середовища, його власної частоти коливань, відповідності енергії випромінювання зовнішнього джерела енергії поглинання матеріалу.

У даній статті розв'язується наукова задача дослідження процесу взаємодії виконавчого органу з оброблюваним середовищем за допомогою імпульсно-хвильового трансформатора (ІХТ).

Керування енергетичними потоками системи оброблюване середовище-імпульсно-хвильовий трансформатор (СІХТ) реалізоване з метою підвищення