

О. М. Терентьев, д-р.техн.наук, О.А. Можаровська, О. В.Трушевський, А.П. Тростюк, Ф.В. Фещенко

(Україна, Київ, НТУУ „Київський політехнічний інститут”)

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНОСТІ ПРОЦЕСУ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВЕРСТАТОМ СБШ – 250 МНА–32 ЗА РАХУНОК ПЕРЕРЕЗПОДІЛУ ЕНЕРГІЇ НА ФОРМУВАННЯ ЯДРА УЩІЛЬНЕННЯ Й УТВОРЕННЯ СТРУЖКИ

Відсутність урахування функціонального зв'язку між фізико–механічними властивостями породного масиву, параметрами робочого органа і приводу машини, витратами енергії на формування ядра ущільнення і руйнування породного масиву не дає можливості використовувати результати проведених промислових випробувань у конкретних умовах без додаткового коригування цих параметрів. Математична модель, яка б достовірно описувала структуру та параметри ядра ущільнення на сьогоднішній день повністю не розкрито.

Провідними фахівцями у розгляді цього питання **вважаються** Л.І. Барон, Р.М. Ейгелес, А.П. Кічигін, Н.Н. Павлова, В.В. Царіцин, О. Шрейнер та ін.

Актуальною науково – технічною задачею є мінімізація ядра ущільнення для збільшення економічної ефективності руйнування породного масиву.

Обчислення об'єму стружки ядра ущільнення гірського масиву

Об'єм тіла обертання, (м³) згідно з роботами [1; 2].

$$V = \int_a^b S(x)dx = p \cdot \int_a^b g^2(y)dy \tag{1}$$

де а і b–точки, що обмежують тіло обертання, тобто його межі, як це зображено на рис. 1.

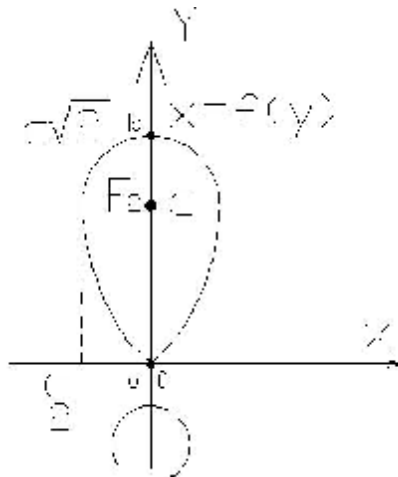


Рис. 1. До розрахунку тіла обертання

За проведеними дослідженнями зруйновані шматки найчастіше мають форму, яку можливо описати рівнянням Кассіні (рис. 2). Для спрощення розрахунків за формулою (1) достатньо визначити половину об'єму в межах $a=0$, $b=c\sqrt{2}$, а потім подвоїти результат.

$$V_y = p \cdot \int_a^b g^2(y) dy = \left(\left(\sqrt{a^4 + 4x^2 c^2} \right) c\sqrt{2} - x^2 c\sqrt{2} - c^3 \sqrt{2} \right). \quad (2)$$

Тоді об'єм двох частин стружки

$$V_c = 2V_y = 2p \left(\left(\sqrt{a^4 + 4x^2 c^2} \right) c\sqrt{2} - x^2 c\sqrt{2} - c^3 \sqrt{2} \right), \quad (3)$$

де V_y – об'єм однієї частини стружки, m^3 .

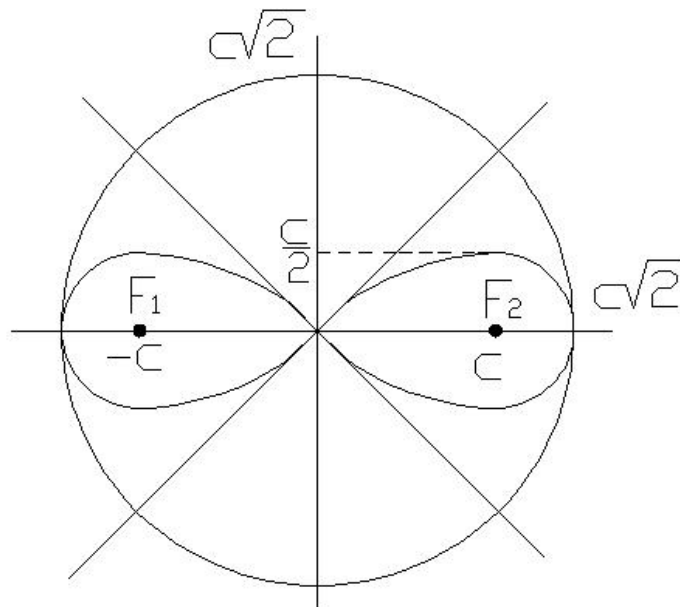


Рис. 2. Вигляд лінії Кассіні

Для розрахунку прийнято, що $a = c$, де c – фокусна відстань (див. рис. 2):
Тоді після підстановки у вираз (3) отримаємо:

$$V_c = 2p \left(\left(\sqrt{c^4 + 4x^2 c^2} \right) c\sqrt{2} - x^2 c\sqrt{2} - c^3 \sqrt{2} \right). \quad (4)$$

З рис. 2 видно, що $x=c/2$, тоді об'єм двох частин стружки:

$$V_c = 2p \left(\left(\sqrt{c^4 + \frac{4c^2}{4} c^2} \right) c\sqrt{2} - \frac{c^2}{4} c\sqrt{2} - c^3 \sqrt{2} \right) = 2pc^3(0,233) = 1,46 c^3. \quad (5)$$

Розрахунок технологічних параметрів буріння

Площа свердловини

$$S_p = \frac{p \cdot d^2}{4} = \frac{p \cdot 0,2445^2}{4} = 0,04695 \text{ м}^2, \quad (6)$$

де $d=0,2445$ – діаметр долота, м [3].

Продуктивність теоретична верстата [4] буде:

$$\Pi = S_p \cdot u_c = 0,04695 \cdot 60 = 2,82 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (7)$$

де $u_c=60$ – швидкість подачі буріння верстата, м/год [4].

Розрахунковий об'єм при максимально нарощеній штанзі

$$V_{обр} = S_p \cdot h = 0,04695 \cdot 32 = 1,502 \text{ м}^3, \quad (8)$$

де $h=32$ – максимально можлива глибина буріння СБШ–250МНА–32 при нарощенні штанги, м.

Використавши дані виразів (7) і (8), розрахуємо теоретичний час, витрачений на буріння максимально можливого об'єму $V_{обр}$ породного масиву

$$T_{обр} = \frac{\Pi}{V_{обр}} = \frac{2,82}{1,502} = 1,88 \text{ год.} \quad (9)$$

За даними робіт [5, 6] знаходимо глибину ядра ущільнення $h_{я}$, а потім об'єм ядра ущільнення:

$$h_{я_1} = \frac{\sqrt{N_{\Pi}^2 + N_P^2} \cdot \ln \left[(0,00013 \cdot E)^{1,67} p (1-u^2) / (0,152E) \right]}{28,2 \cdot a_{K1} \cdot (0,0083 \cdot Eh_P N_i \sqrt{V_{\Pi}^2 + V_P^2})} =$$
$$= \frac{\sqrt{353000^2 + 465000^2} \cdot \ln \left[(0,00013 \cdot 8 \cdot 10^8)^{1,67} p \cdot (1-0,3^2) / (0,152 \cdot 8 \cdot 10^8) \right]}{28,2 \cdot 0,9 \cdot (0,0083 \cdot 8 \cdot 10^8 \cdot 0,16 \cdot 90 \cdot \sqrt{0,017^2 + 0,0047^2})} =$$
$$= 0,023 \text{ м}, \quad (10)$$

де $N_{\Pi}=353000$, $N_P=465000$ – відповідно середнє значення потужності приводу подачі і різання, Вт [4]; E – модуль пружності першого роду, Па [6]

$$E = 160s_0 = 160 \cdot 5000000 = 8 \cdot 10^8 \text{ Па} = 0,8 \text{ ГПа}, \quad (11)$$

де згідно з роботою [6] $\sigma_0=5$ – межа міцності забою на стиснення, МПа; $\nu = 0,3$ – коефіцієнт Пуассона; a_{K1} – ширина контакту інструмента з масивом, м,

$$a_{K1} = dk_p m = 0,01 \cdot 30 \cdot 3 = 0,9 \text{ м}, \quad (12)$$

де $d=0,01$ м – діаметр різальної вставки, м; $k_p=30$ – кількість вставок шарошки, що руйнують масив в одиницю часу, шт.; $m=3$ – кількість шарошок у долоті, шт. [4]; h_p – коефіцієнт корисної дії різання,

$$h_p = A_k / A_c = 1537,84 / 9414 = 0,16, \quad (13)$$

де A_k , A_c – відповідно корисна і сумарна робота, кДж [4],

$$A_k = N \cdot T_{OBR} = (N_P + N_{II}) \cdot T_{OBR} = (465000 + 353000) \cdot 1,88 = 1537,84 \text{ кДж} \quad (14)$$

$$A_c = F \cdot h = 294,2 \cdot 32 = 9414 \text{ кДж}, \quad (15)$$

де $F=294,2$ – верхня межа зусилля подачі, кН [2]; $h=32$ – максимальна допустима глибина буріння, м [4].

Кількість інструментів по схемі руйнування масиву

$$N_i = k_p \cdot m = 30 \cdot 3 = 90 \text{ шт.}, \quad (16)$$

де $V_n=0,017$ – середня швидкість подачі, м/с [4].

Швидкість різання

$$V_P = \frac{h}{T_{OBR}} = \frac{32}{1,88} = 17 \text{ м/год} = 0,0047 \text{ м/с}. \quad (17)$$

Об'єм ядра ущільнення

$$V_c = c^3 1,45 k m = h \kappa_1^3 1,45 k m = 0,016^3 \cdot 1,45 \cdot 91 \cdot 3 = 0,0049 \text{ м}^3, \quad (18)$$

де $\kappa=91$ – кількість вставок на шарошці, що притискаються до масиву в i -й момент часу, шт.; $m=3$ – кількість шарошок в долоті, шт.

Енерговитрати на буріння породного масиву

$$q = \frac{\sqrt{N_{II}^2 + N_P^2} \cdot T_{обр}}{(V_{обр} - V_c)} = \frac{\sqrt{353^2 + 465^2} \cdot 1,88}{(1,502 - 0,0049)} = 732,9 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3. \quad (19)$$

Продуктивність буріння породного масиву

$$П = \frac{V_{обр} - V_c}{T_{обр}} = \frac{1,502 - 0,0049}{1,88} = 0,7966 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (20)$$

Подальші розрахунки для різних режимів буріння зведені в таблицю.

Залежність енерговитрат від швидкості буріння

Розрахункові параметри	Номер дослідю						
	1	2	3	4	5	6	7
Середня швидкість подачі $V_{п}$, м/с	–	0,003	0,006	0,008	0,011	0,014	0,017
Середня глибина ядра ущільнення $h_{я}$, м	0,005	0,086	0,074	0,056	0,042	0,034	0,028
Об'єм ядра ущільнення V_c , м ³	0,254	0,162	0,069	0,030	0,015	0,009	0,005
Енерговитрати на буріння породного масиву q , кВт·год/м ³	878,86	819,14	765,70	745,64	737,99	734,67	732,90
Продуктивність буріння $П$ м ³ /год	0,6643	0,7127	0,7624	0,7830	0,7911	0,7947	0,7966

Залежності продуктивності та енерговитрати від швидкості буріння зображені на рис. 3.

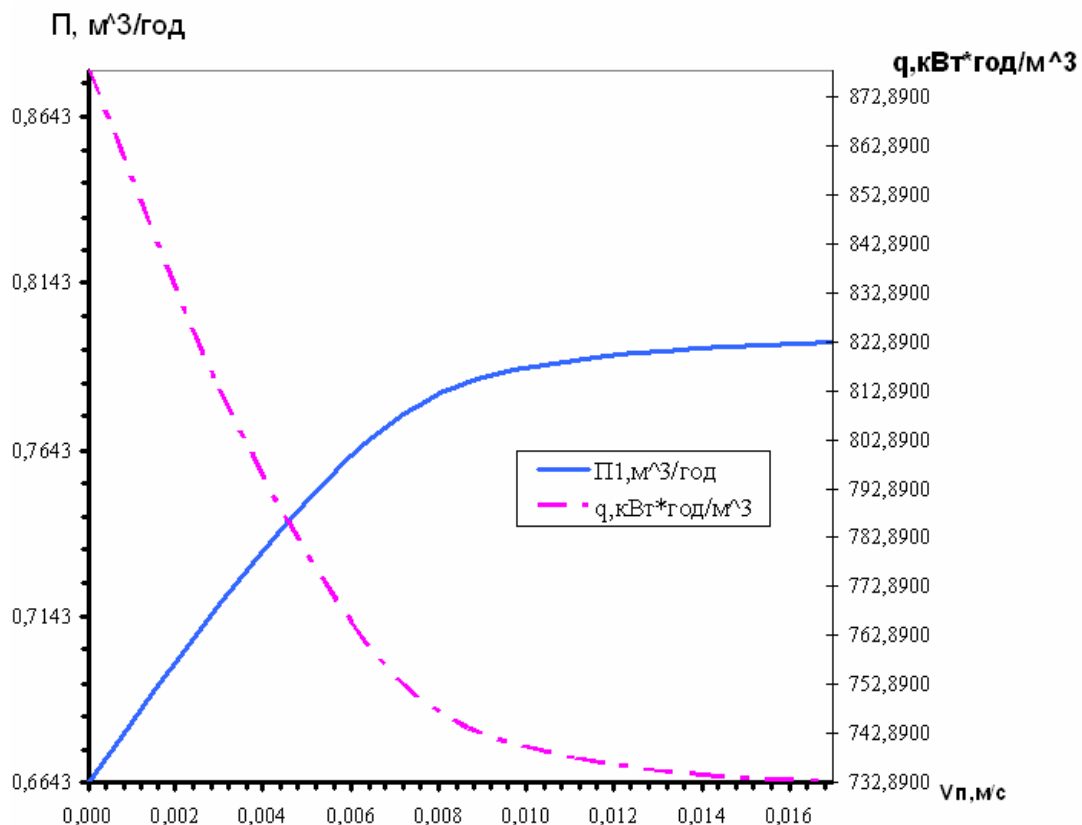


Рис. 3. Залежності продуктивності та енерговитрати від швидкості подачі

Висновки

1. Розроблено математичну модель, яка відрізняється тим, що дає можливість визначати геометричні параметри стружки і ядра ущільнення вибою, які дозволили покращити технологічні показники і знизити питому енергоємність буріння свердловин за рахунок мінімізації ядра ущільнення.

2. Запропонована математична модель дозволила на функціональному рівні визначити продуктивність, питому енергоємність і ККД буріння свердловин залежно від фізико-механічних властивостей вибою, геометрії різальних елементів робочого органа та силових і енергетичних параметрів приводу бурового верстата СБШ – 250 МНА–32.

3. Встановлено, що залежність об'єму ядра ущільнення при бурінні породного масиву з межею міцності на стиснення 5,0 МПа, модулем пружності 0,8 ГПа, коефіцієнтом Пуассона 0,3 від швидкості подачі верстата СБШ – 250 МНА–32 змінюється за зворотно пропорційним гіперболічним законом і має дві характерні ділянки. Перша ділянка – при зміні швидкості подачі від 0,001 до 0,005 м/с об'єм ядра ущільнення швидко зменшується з 0,25 до 0,05 м³. Друга ділянка – при подальшому підвищенні швидкості подачі до 0,017 м/с об'єм ядра ущільнення зменшується повільніше і досягає 0,01 м³.

4. Визначено, що залежність продуктивності буріння породного масиву з межею міцності на стиснення 5,0 МПа, модулем пружності 0,8 ГПа, коефіцієнтом Пуассона 0,3 від швидкості подачі верстата СБШ – 250 МНА–32 змінюється за законом напівкубічної параболи і має дві характерні ділянки. Перша ділянка – при зміні швидкості подачі від 0,002 до 0,006 м/с продуктивність швидко зростає з 0,66 до 0,78 м³/год. Друга ділянка – при подальшому підвищенні швидкості подачі до 0,016 м/с продуктивність збільшується повільніше і досягає 0,79 м³/год.

5. Визначено, що залежність питомої енергоємності буріння породного масиву з межею міцності на стиснення 5,0 МПа, модулем пружності 0,8 ГПа, коефіцієнтом Пуассона 0,3 від швидкості подачі верстата СБШ – 250 МНА–32 змінюється за зворотно пропорційним гіперболічним законом і має дві характерні ділянки. Перша ділянка – при зміні швидкості подачі від 0,002 до 0,006 м/с питома енергоємність швидко зменшується з 872,9 до 752,9 кВт·год/м³. Друга ділянка – при подальшому підвищенні швидкості подачі до 0,016 м/с питома енергоємність буріння зменшується повільніше і досягає 732,9 кВт·год/м³.

6. При бурінні породного масиву з межею міцності на стиснення 5,0 МПа, модулем пружності 0,8 ГПа, коефіцієнтом Пуассона 0,3 буровим верстатом СБШ – 250 МНА–32 доцільно підтримувати швидкість подачі станка 0,004 м/с, при цьому режимі продуктивність становить 0,74 м³/год, а питома енергоємність буріння не буде більша за 787 кВт·год/м³.

Список літератури

1. Математическая энциклопедия [Текст]: в 5 – т. / М.: Советская Энциклопедия, 1982.
2. Шальнев О.В., Горелик Б.М. Проектирование напорных мягких оболочечных конструкций с использованием физических и геометрических аналогий. Производство и использование

- эластомеров [Текст] / О. В. Шальнев, Б.М Горелик. – М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1994, – №6, с. 15–22.
3. Мислюк М. А. Довідник. Буріння свердловин [Текст]: в 5 т. / М.А. Мислюк, І.Й. Рибчич, Р.С. Яремійчук. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2002. Т.1: Загальні відомості. Бурові установки. Обладнання та інструмент. – 367 с.
4. Станок СБШ–250МНА–32. ТУ 2.08 2358–84 [Текст]: в 2 ч.–1993. Ч.1: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – 91–00.00.0000 ТО – 127 с.
5. Анистратов Ю. И. Технология открытых горных работ [Текст]: учеб. пособие для вузов / Ю. И. Анистратов. – М.: Недра, 1984. – 287 с.
6. Терентьев О .М. Фізико–технічні основи видобутку корисних копалин з енергоощадним руйнуванням молекулярних зв'язків гірських порід [Текст] : Автореф. дис.... д–ра техн. наук : 05.15.03 / О .М.Терентьев; [НТУУ «КПІ», ИЕЕ]. – К., 2008. – 48 с.