

**О. М. Терентьев,
А. Й. Клещов**

ФОРМУВАННЯ ФЕМТОСТРУКТУР УЩІЛЬНЕННЯ ПРИ РУЙНУВАННІ КРИСТАЛІЧНОЇ КОЛИВАЛЬНОЇ СЕРЕДИ

У статті запропоновані математичні моделі висоти ядра ущільнення та роботи буріння свердловини, що враховують коливальний стан кристалічної структури середовища, що руйнуються. Наведені результати аналізу залежностей висоти ядра ущільнення від фізико-механічних параметрів середовища на атомарному рівні та від технологічних параметрів зовнішнього енергетичного середовища.

Ключові слова: ядро ущільнення, атомарна структура середовища, частота власних коливань, енергетичне середовище

1. Вступ

У зоні контакту інструмента з середовищем, до зруйнування формується ядро ущільнення. На ущільнення і збільшення об'єму ядра, який змінює геометрію інструменту, витрачається значна (більше 50 %) частина енергії привода. При цьому забій руйнує не ріжуча кромка інструменту, а ядро ущільнення. Внаслідок, енергоємність руйнування збільшується, енергоефективність процесу знижується. Згідно з Директивою Європейського Парламенту та Ради «Про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичних послугах, а також про скасування Директиви Ради 93/76/ЄЕС» від 5 квітня 2006 2006/32/ЄС [1], збільшення енергоефективності процесу руйнування породних масивів є актуальною завданням.

2. Постановка проблеми

Аналіз формування ядра ущільнення, що враховує змінні фізико-механічні властивості вибоїв і їх атомарну структуру. Визначення залежності фізико-механічних зовнішніх характеристик вибоїв від параметрів руйнуючих джерел (діаметра руйнуючого інструменту і швидкості різання). Розробка математичних моделей руйнування гірської породи, як системи коливального контуру на атомарному рівні при бурінні. Виділення параметру, що має домінуючий вплив на висоту ядра ущільнення та енергоефективність процесу руйнування. Розробка математичної моделі об'ємної роботи руйнування вибоїв. Новим є перехід від класичної теорії механіки руйнування до моделі руйнування на рівні атомарних структур середовища із додержанням основних законів квантової механіки.

3. Основна частина

3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження. В роботах [2, 3] запропоновані нові мате-

матичні моделі визначення граничних навантажень клиновидних свердловин, що враховують додаткові чинники руйнування (наявність концентраторів навантажень, кількість та розміщення свердловин у сітці буріння). Конструктивна зміна та математичні моделі дають змогу змоделювати утворення магістральних тріщин між свердловинами.

В роботах [4–5] за допомогою нових математичних моделей та досліджень із стендами [6] досягнуто оптимізації обладнання та використання внутрішніх енергетичних джерел для підвищення енергоефективності промислового обладнання.

Проаналізувавши дослідження [2–6], можна зробити висновок, що на сучасному рівні науки доцільним буде пошук альтернативних джерел внутрішньої енергії середовищ для використання їх у промислових процесах.

Аналізуючи сучасні теорії руйнування, до основоположників можна віднести Н. Н. Kausch [7], Рейгеля [8], І. Narisava [9] та інших. Згідно з їхніми дослідженнями, потенційна енергія кристалічної решітки розраховується через зсув атомів з положення рівноваги, сили взаємодії між атомами і енергію вільних електронів. Це дає можливість перейти від класичних до молекулярно-хвильовим теорій руйнування. Вони виражають взаємодію структур вибоїв, як сукупність сил пластичності та пружності, і являють сталість фізико-механічних констант середовища, яка руйнується. Недоліком розглянутих теорій є сталість фізико-механічних констант, які не піддаються акомодатії до різних умов роботи енергетичних джерел і зміні станів атомарних структур середовища.

3.2. Результати досліджень. Для аналізу руйнування, вибій розглянуто на атомарному рівні. Наявність зовнішніх і внутрішніх збуджуючих факторів (гравітація, реологічні властивості між-атомних зв'язків, деформований стан середовища, яка руйнується, силові слабкі і сильні взаємодії) викликають коливання атомів структури.

Частота власних коливань частинки (атому) ω , c^{-1} , визначається моделлю Ейнштейна [10]:

$$\omega = \epsilon / \hbar, \tag{3.1}$$

де ϵ – енергія елементарної частинки (атому), Дж; $\hbar = 1,054571726 \cdot 10^{-34}$ – постійна Дірака, Дж·с.

Згідно з технічними характеристиками, станки СБШ призначені для буріння порід з коефіцієнтом міцності $f = 12-18$ за шкалою Протодьяконова [11]. Для моделювання обрані породи з $f = 12, 16, 18$ (кварц, діабаз, порфір). За їх хімічним складом виділені основні атомарні структури, зв'язки яких підлягають руйнуванню. Значення енергії складових структури атомів зведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Показники власної енергії атомів

Атом	Власна енергія, ϵ , еВ	Власна енергія, Дж	Джерело
Кремній (Si)	1,119	$1,119 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$	[14]
Залізо (Fe)	2,2	$2,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$	[13]
Кальцій (Ca)	5	$5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$	[12]

Для кремнію, частота власних коливань атомарної решітки, c^{-1} :

$$h_{я} = \frac{\sqrt{N_{\Pi}^2 + N_{P}^2} \cdot \eta_{\Pi} \cdot \ln((0,00013 \cdot E)^{1,67} \cdot (h / 2\hbar) \cdot (1 - v^2) / (0,152 \cdot E))}{28,2 \cdot a_k \cdot 0,0083 \cdot E \cdot \eta_P \cdot N_i \cdot \sqrt{V_{\Pi}^2 + V_P^2}} \tag{3.4}$$

$$\omega = 1,119 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} / 1,054571726 \cdot 10^{-34} = 1,697750808085 \cdot 10^{15}.$$

Результати розрахунків по (3.1) для кремнію та інших атомів зведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Частота власних коливань атомів

Атом	Частота власних коливань атомів, ω_0 , c^{-1}
Кремній (Si)	1697750808085000
Залізо (Fe)	3337847880060000
Кальцій (Ca)	7586017909227000

Висота ядра ущільнення при руйнуванні забою в системі «Зовнішнє джерело – середа» [15]:

$$h_{я} = \frac{\sqrt{N_{\Pi}^2 + N_{P}^2} \cdot \eta_{\Pi} \cdot \ln((0,00013 \cdot E)^{1,67} \cdot \pi \cdot (1 - v^2) / (0,152 \cdot E))}{28,2 \cdot a_k \cdot 0,0083 \cdot E \cdot \eta_P \cdot N_i \cdot \sqrt{V_{\Pi}^2 + V_P^2}}, \tag{3.2}$$

де N_{Π} , N_P – середнє значення потужності приводів подачі та різання, відповідно, Вт; η_{Π} – коефіцієнт корисної дії приводів подачі і різання, в. о.; E – модуль пружності першого роду, Па; v – коефіцієнт Пуассона, в. о.; a_k – ширина контакту інструмента з вибоєм, м; η_P – коефіцієнт корисної дії редуктора, в. о.; N_i – кількість ріжучих інструментів, шт.; V_{Π} , V_P – середня швидкість подачі та різання, відповідно, м/с.

Недоліком наведеної моделі є відсут-

ність впливу внутрішньої енергії атомів і їх власної частоти коливань на висоту виникаючого ядра ущільнення. Перехід на атомарний рівень здійснюється відповідно до законів квантової механіки. Особливістю використання законів квантової механіки є наявність постійної Планка. При переході до постійної квантової механіки – Планка, була використана постійна Дірака [16].

$$h = \hbar \cdot 2\pi, \tag{3.3}$$

де $\hbar = 6,62606957 \cdot 10^{-34}$ – постійна Планка, Дж·с.

Лудольфове число (число π) описує не енергетичні а геометричні властивості. У даній роботі руйнується середа, що розглядається в якості коливального контуру, системи з внутрішнім джерелом енергії, атомарної структури середовища. Тому важливо врахувати вплив енергії атомарної структури і частоти внутрішніх коливань на характеристики зовнішнього джерела. Ці властивості описує постійна Дірака.

Основні закони квантової механіки проектуються на класичну теорію руйнування. Враховуючи постійну Дірака, формула (3.4) описує досліджувану нову систему «Енергетичне джерело – система з внутрішнім джерелом енергії» і приймає вигляд:

З урахуванням моделі Ейнштейна (3.1), висота ядра ущільнення в системі «Енергетичний джерело – система з внутрішнім джерелом енергії»:

$$h_{я} = \frac{\sqrt{N_{\Pi}^2 + N_{P}^2} \cdot \eta_{\Pi} \cdot \ln((0,00013 \cdot E)^{1,67} \cdot (h\omega / 2\epsilon) \cdot (1 - v^2) / (0,152 \cdot E))}{28,2 \cdot a_k \cdot 0,0083 \cdot E \cdot \eta_P \cdot N_i \cdot \sqrt{V_{\Pi}^2 + V_P^2}} \tag{3.5}$$

Для проведення аналізу математичної моделі, використані характеристики бурових верстатів СБШ-250МН-32, СБШ-250МН-32Д, СБШ-250МН-32КП-18, СБШ-160/200-40, СБШ-160/200-40Д з каталогів ВАТ «Рудгормаш» [11], і зведені в табл. 3.3. Лінійна швидкість різання, [17]:

$$V_P = \omega_p \cdot 0,5 \cdot a_k. \tag{3.6}$$

Потужність [18] привода подачі:

$$N_{\Pi} = F_{\Pi} \cdot V_{\Pi}. \tag{3.7}$$

Потужність привода [19] різання:

$$N_P = M \cdot \omega_p. \tag{3.8}$$

Підставивши (3.6)–(3.8) в (3.5), висота ядра ущільнення:

$$h_{я} = \frac{\sqrt{(F_{\Pi} \cdot V_{\Pi})^2 + (M \cdot \omega)^2} \cdot \eta_{\Pi} \cdot \ln((0,00013 \cdot E)^{1,67} \cdot (h\omega / 2\epsilon) \cdot (1 - v^2) / (0,152 \cdot E))}{28,2 \cdot a_k \cdot 0,0083 \cdot E \cdot \eta_P \cdot N_i \cdot \sqrt{V_{\Pi}^2 + (\omega_p \cdot 0,5 \cdot a_k)^2}} \tag{3.9}$$

Таблиця 3.3

Характеристики бурових станків СБШ

Модель бурового станка	СБШ-250МНА-32	СБШ-250 МНА-32Д	СБШ-250МНА-32КП-18	СБШ-160/200-40	СБШ-160/200-40Д
Коефіцієнт міцності за Протодьяконовим, f	6—20	6—20	6—20	6—18	6—18
Діаметр свердловини, a_k , мм	160, 170, 190, 215, 250, 270	170...311	250, 270, 300	160, 171, 215	160, 171, 215
Верхня границя зусилля подачі, F_{Π} , кН	294	340	350	235	235
Верхня границя частоти обертання, $\omega_{\text{р}}$, хв ⁻¹	120	150	120	120	140
Максимальний обертаючий момент, M , Н · м	17400	13000	21000	7000	7000
Швидкість спуску/підйому інструмента, V_{Π} , м/хв	15/15	20/20	25/25	15/15	15/15

Вперше запропоновано математичну модель, яка відрізняється від існуючих тим, що враховує фізико-механічні властивості порід з урахуванням атомарної структури середовища, і визначає їх залежність від зміни характеристик різних моделей бурових станків за паспортними даними. Для аналізу запропонованої моделі, необхідні дані зведені до табл. 3.4 і 3.5.

Таблиця 3.4

Фізичні властивості атомів

Атом	Коефіцієнт Пуассона, в. о.	Джерело	Модуль Юнга, ГПа	Джерело
Кремній (Si)	0,266	[20]	109	[23]
Залізо (Fe)	0,28—0,29	[21]	190—210	[24]
Кальцій (Ca)	-0,27	[22]	26	[25]

Таблиця 3.5

Технічні характеристики приводів бурових станків СБШ

ККД привода різання, в. о.	Джерело	ККД привода подачі, в. о.	Джерело	ККД редуктора, в. о.	Джерело
0,65	[26]	0,7	[27]	0,95	[28–29]

Висота ядра ущільнення при роботі СБШ-250МН-32 із забоем з атомарної структурою кремнію, м:

$$h_{\text{я11}} = \frac{\sqrt{(294000 \cdot 15 / 60)^2 + (17400 \cdot 120 / 60)^2} \cdot (0,65 \cdot 0,7) \cdot \ln((0,00013 \cdot 109 \cdot 10^9)^{1,67}}{28,2 \cdot 0,160 \cdot 0,0083 \cdot 109 \cdot 10^9} \times$$

$$\times \frac{(6,62606957 \cdot 10^{-34} \cdot 1697750808085000 / 21,054571726 \cdot 10^{-34} \cdot 1,119 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})}{0,95 \cdot 1} \times$$

$$\times \frac{(1 - 0,266^2) / (0,152 \cdot 109 \cdot 10^9)}{\sqrt{(15 / 60)^2 + ((120 / 60) \cdot (0,160 / 2))^2}} = 1,62 \cdot 10^{-4}.$$

Висота ядра наведеної вище моделі для розмірного ряду бурових верстатів при взаємодії з різними атомарними структурами визначається аналогічно.

Порівняння значень висоти ядра ущільнення при роботі СБШ-250МН з породами різноманітних атомарних структур зі зміною діаметра свердловини і швидкості різання наведено на рис. 3.1–3.3.

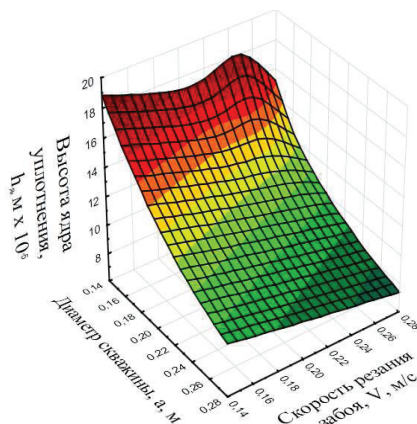


Рис. 3.1. Графіки залежностей висота ядра ущільнення середовища з переважною атомарною структурою кремнію від швидкості різання і діаметра свердловини СБШ-250МНА-32

Висота ядра ущільнення атомарних структур заліза, 56 мкм, менше ніж у кремнію, через більшого модуля пружності. Порівняння висоти ядра ущільнення при роботі СБШ-250МН-32Д, і СБШ-160/200-40Д з породами різноманітних атомарних структур, зміною швидкості різання і радіусу свердловини, наведені на рис. 3.4–3.5.

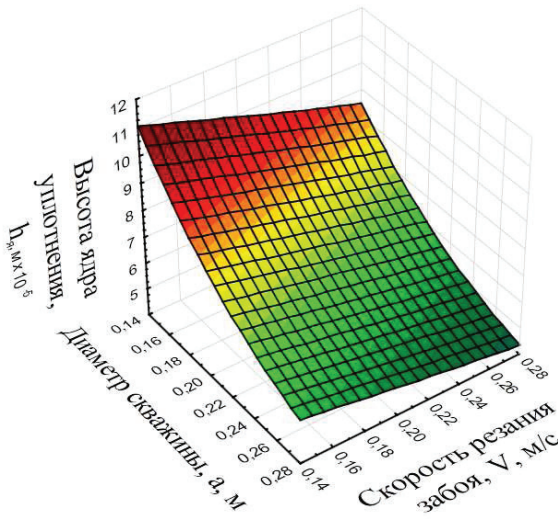


Рис. 3.2. Графіки залежностей висота ядра ущільнення середовища з переважною атомарною структурою заліза від швидкості різання і діаметра свердловини СВШ-250МНА-32

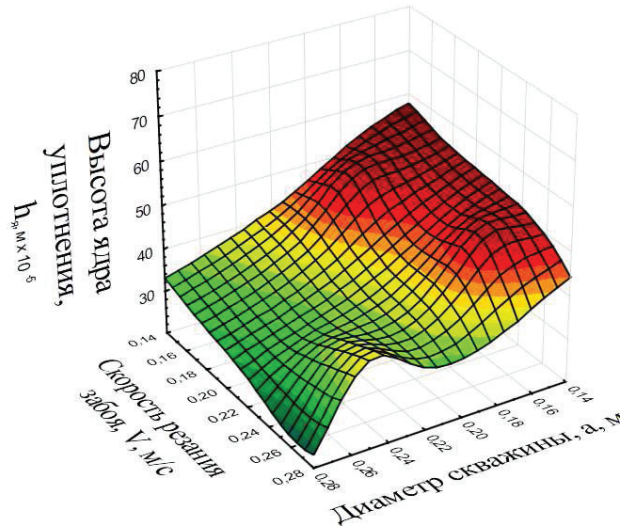


Рис. 3.3. Графіки залежностей висота ядра ущільнення середовища з переважною атомарною структурою кремнію від швидкості різання і діаметра свердловини СВШ-250МНА-32

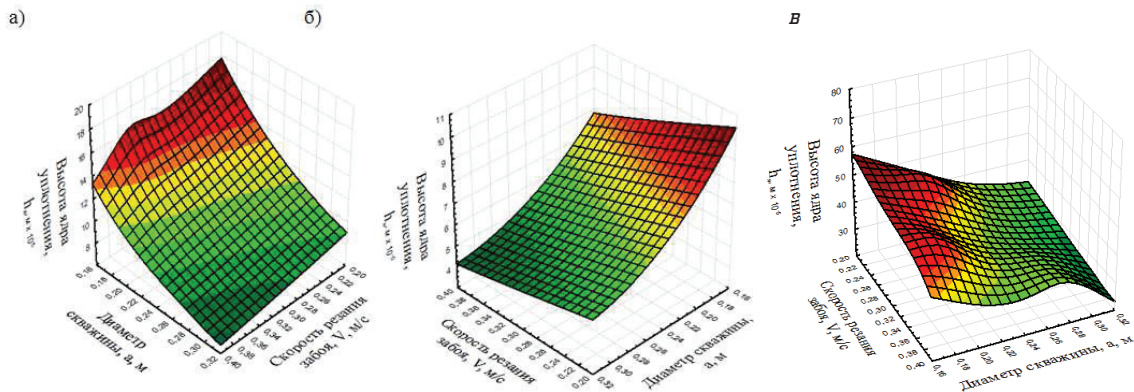


Рис. 3.4. Графіки залежностей висоти ядра ущільнення на проекцію швидкості різання і діаметра свердловини СВШ-250МН-32Д; а — кремній; б — залізо; в — кальцій

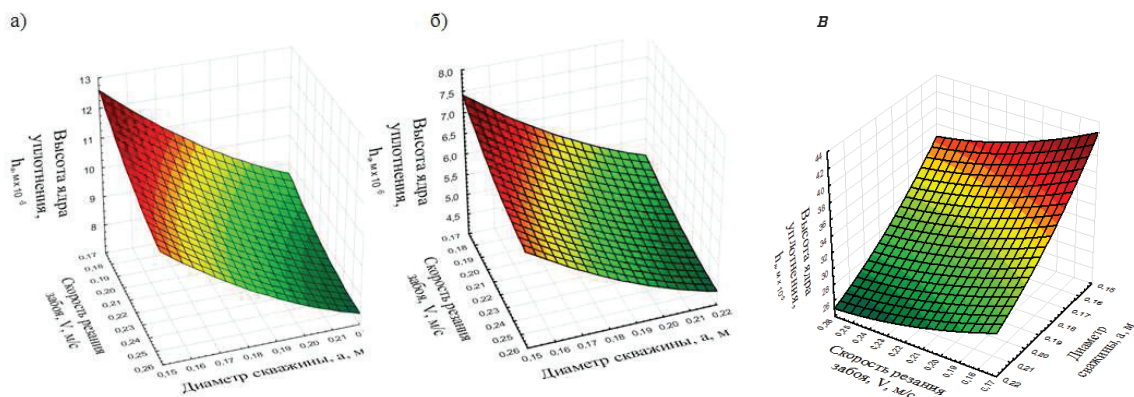


Рис. 3.5. Графіки залежностей висоти ядра ущільнення на проекцію швидкості різання і діаметра свердловини СВШ-160/200-40Д; а — кремній; б — залізо; в — кальцій

При збільшенні швидкості на 0,1 м/с, висота ядра ущільнення зменшилася на 16 мкм. При збільшенні діаметра свердловини на 55 мм, висота ядра ущільнення зменшилася на 27 мкм. Виходя-

де $N = N_n + N_p$ – потужність приводів станка, кВт; t – час руйнування, с.

Підставляючи (3.10), (3.12) та (3.13) в (3.11), отримуємо роботу руйнування

$$A_v = \frac{((N_n + N_p) \cdot t) + \left[N_p \cdot \left(\frac{\sqrt{(F_{II} \cdot V_{II})^2 + (M \cdot \omega)^2} \cdot \eta_{II} \cdot \ln((0,00013 \cdot E)^{1,67} \cdot (h\omega / 2\varepsilon) \cdot (1 - v^2) / (0,152 \cdot E))}{28,2 \cdot a_k \cdot 0,0083 \cdot E \cdot \eta_p \cdot N_i \cdot \sqrt{V_{II}^2 + (\omega_p \cdot (a_k/2))^2}} \right) / V_n \right]}{V_n - \int_0^{h_n^{1,41 \cdot 0,5 \cdot a_k}} \int_0^{\sqrt{(F_{II} \cdot V_{II})^2 + (M \cdot \omega)^2} \cdot \eta_{II} \cdot \ln((0,00013 \cdot E)^{1,67} \cdot (h\omega / 2\varepsilon) \cdot (1 - v^2) / (0,152 \cdot E))} \frac{dx dy}{28,2 \cdot a_k \cdot 0,0083 \cdot E \cdot \eta_p \cdot N_i \cdot \sqrt{V_{II}^2 + (\omega_p \cdot (a_k/2))^2}}}. \quad (3.13)$$

чи з характеру площини залежності, рис. 3.1–3.3, діаметр свердловини є доміантним параметром.

Найменше ядро ущільнення, 42,6 мкм, рис. 3.4–3.5, утворюється при роботі СБШ-250МН-32Д з вибоями з переважним вмістом заліза з максимальним діаметром свердловини 0,311 м і максимальною швидкістю різання 0,38 м/с. Висота ядра ущільнення при роботі СБШ-250МН-32Д менше, так як використовуються великі діаметри ріжучих інструментів до 311 мм.

Об'єм ядра ущільнення визначається інтегруванням висоти ядра ущільнення. Границі першого інтегралу визначаються за овалами Кассіні [30], границі другого інтегралу визначаються за висотою ядра ущільнення:

$$V_{я} = \int_0^{h_n^{1,41 \cdot 0,5 \cdot a_k}} \int_0^{\sqrt{(F_{II} \cdot V_{II})^2 + (M \cdot \omega)^2} \cdot \eta_{II} \cdot \ln((0,00013 \cdot E)^{1,67} \cdot (h\omega / 2\varepsilon) \cdot (1 - v^2) / (0,152 \cdot E))} \frac{dx dy}{28,2 \cdot a_k \cdot 0,0083 \cdot E \cdot \eta_p \cdot N_i \cdot \sqrt{V_{II}^2 + (\omega_p \cdot (a_k/2))^2}}. \quad (3.10)$$

Основним енергетичним показником процесів руйнування гірських порід є робота витрачена на руйнування м³ породи, A_v , Дж/м³, [31]:

$$A_v = A/V, \quad (3.11)$$

де $A = A_n + A_{я}$ – витрачена в процесі руйнування робота, Дж; A_n – робота, витрачена корисно на руйнування породи, Дж; $A_{я}$ – робота, витрачена на формування ядра ущільнення, Дж; $V = V_n - V_{я}$ – об'єм зруйнованої породи, м³; V_n – об'єм вилученої зі свердловини породи, м³.

Робота формування ядра ущільнення [15]:

$$A_{я} = N_n \cdot h_{я} / V_n. \quad (3.12)$$

З урахуванням коефіцієнту пористості для долітів, для максимальної глибини буріння 40 м [32], питомий об'єм вибуреної породи зі свердловини діаметром 170 мм становить 0,0242 м³/м [33]. Об'єм вибуреної породи на 40 м глибини свердловини – 0,968 м³.

За 8-ми годинну зміну роботи, СБШ пробурює свердловини у долітах до 15 м глибиною [34]. Для того, щоб пробурити свердловину глибиною 40 метрів, необхідно 21,33 год роботи станку.

Робота руйнування [35]:

$$A = N \cdot t, \quad (3.13)$$

Результати розрахунків (3.13) зведені до табл. 3.6 на прикладі СБШ-250МН-32. Інші вирішуються аналогічно.

Таблиця 3.6

Об'ємна робота, витрачена на пробурення свердловини

СБШ-250МН-32	Діаметр свердловини					
	0,16	0,17	0,19	0,215	0,25	0,27
Об'ємна робота руйнування A_v , Дж/м ³	$2,5 \cdot 10^8$	$2,7 \cdot 10^8$	$3,0 \cdot 10^8$	$3,4 \cdot 10^8$	$3,9 \cdot 10^8$	$4,5 \cdot 10^8$

При підборі енергетичних параметрів бурової установки до змінних фізико-механічних власти-

востей середовища, як коливального контуру, недоліком даної моделі є неврахування зміни відсоткового складу атомарних сполук вздовж розрізу свердловини. Цю задачу можна вирішити комплексним моделюванням багатокритеріальної системи. Наведену модель розрахунку запропоновано використовувати, як базову для визначення та підбору параметрів енергетичних джерел руйнування. Базова модель виконана в однокритеріальній системі і не враховує зміни атомарних структур в розрізі свердловини. Проте наведена модель вперше представляє середовище, що руйнується як коливальний контур і розглядає його на атомарному рівні.

Висновки

1. Вперше запропоновано математичну модель формування ядра ущільнення і відрізняється від існуючих тим, що враховує змінні фізико-механічні властивості вибоїв і їх атомарну структуру.

2. Адаптовано математичну модель формування ядра ущільнення до параметрів зовнішнього енергетичного середовища.

3. При збільшенні швидкості на 0,1 м/с, висота ядра ущільнення зменшилася на 16 мкм. При збільшенні діаметра свердловини на 55 мм, висота ядра ущільнення зменшилася на 27 мкм.

4. Висота ядра ущільнення кремнію, 96 мкм, до 4 разів менша, ніж висота ядра ущільнення атомарної структури кальцію, 325 мкм. Кальцій належить до ауксетиків (має від'ємний коефіцієнт Пуассона). Висота ядра ущільнення атомарних структур заліза, 56 мкм, менше ніж у кремнію, через більший модуль пружності першого роду.

5. Найменше ядро ущільнення 42,6 мкм утворюється при роботі СБШ-250МН-32Д з вибоями з переважним вмістом заліза з максимальним діаметром свердловини 0,311 м і максимальною швидкістю різання 0,38 м/с. Також на зменшення висоти ядра ущільнення при роботі СБШ-250МН-32Д впливає те, що використовуються більші діаметри ріжучих інструментів до 311 мм.

6. Для зменшення висоти ядра на 25 мкм при роботі СБШ-250МН достатньо збільшити діаметр свердловини на 60 мм (при переважанні в породі заліза) або збільшити швидкість різання на 0,14 м/с, тобто в два рази. Тому збільшення діаметра свердловини є домінуючим параметром зміни, так як площини висоти ядра ущільнення мають більш м'який характер під час збільшення діаметра свердловини (кут нахилу площини більше в два рази).

7. Вперше запропонована математична модель об'єму вибуреної ядра ущільнення, яка розглядає середовище, що руйнується в якості коливального контуру на атомарному рівні.

8. Розроблена математична модель об'ємної роботи руйнування по методиці «Енергетичне джерело — коливальний контур», яка враховує атомарний рівень середовища.

9. Запропоновано математичний розрахунок, що враховує визначення домінуючого параметру зміни висоти ядра та адаптовано моделювання розрахунку у програмних оболонках MathCad та Statistica.

Література

1. Директива європейського парламенту і совета «об ефективності використання енергії і енергетичних услугах, а також об отмене Директиви Совета 93/76/ЕЭС» от 5 апреля 2006 года 2006/32/ЕС [Текст]. — Введ. 2006-04-27. — 17 с.
2. Терентьев О. М. Урахування міцності молекулярних зв'язків гірських порід при виборі робочих органів для їх руйнування [Текст] / О. М. Терентьев // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». — 2011. — № 20. — С. 132—139.
3. Terentiev O. The Definition of the Boundary Stress in the Wedge-Shaped Wells [Текст] / O. Terentiev, I. Semenucha // Innovations and Technologies news. — 2011. — № 2. — Р. 11—15.
4. Терентьев О. М. Теоретичні та методологічні аспекти створення нових енергоощадних технологій і засобів механізації руйнування гірських порід [Текст] / О. М. Терентьев // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. — 2008. — № 2. — С. 70—77.
5. Терентьев О. М. Математична модель руйнування міцних порід клиновидними свердловинами [Текст] / О. М. Терентьев, I. Semenucha // Карпатська конференція з проблем охорони довкілля. — 2008. — № 2. — С. 371—372.
6. Terentiev O. The Optimal Working Regime of Ultrasonic Magnetic Adsorptive System of Water Defferaziton [Текст] / O. Terentiev, I. Semenucha, A. Vorfolomeiev, V. Kravets // The Advanced Science. — 2011. — Special Issue for China. — Р. 30—33.
7. Kausch H. N. Polymere Fracture [Text] / H. N. Kausch. — Berlin, Heidelberg, New York : Springer-Verlag, 1978. — 441 p.
8. Регель В. Р. Кинетическая природа прочности твердых тел [Текст] : учеб. пособие / В. Р. Регель, А. И. Слупер, Э. Е. Томашевский ; под общ. ред. Д. А. Миртовой. — М. : Наука, 1974. — 560 с.
9. Narisava I. Polymere Strength [Text] / I. Narisava. — Japan : OHMSHA, 1982. — 399 p.
10. Иродов И. Е. Квантовая физика. Основные законы. [Текст] / И. Е. Иродов. — М. : Высш. шк., 1985. — 271 с.
11. СБШ 250 / Характеристики [Электронный ресурс] / Станок буровой шарошечный. — Режим доступа : http://sbsh-250.ru/sbsh250/performance_attributes/. — 2010 г. — Загл. с экрана.
12. Сульфид — щелочноземельный металл [Электронный ресурс] / Большая энциклопедия нефти и газа. — Режим доступа : <http://www.ngpedia.ru/id492444p1.html>. — 13.06.2011 г. — Загл. с экрана.
13. Классический вид таблицы Менделеева. Свойства химических элементов [Электронный ресурс] / © ChemPort.Ru, ММП-ММХІ. — Режим доступа : <http://www.chemport.ru/pertable/>. — 13.06.2011 г. — Загл. с экрана.
14. Харламова М. В. Оптические свойства наночастиц g-оксида железа в матрице мезопористого оксида кремния [Текст] / М. В. Харламова, Н. А. Саполетова, А. А. Елисеев, А. В. Лукашин // Журн. Письма в ЖТХ. — 2008. — Т. 34, № 7. — С. 36—43.
15. Терентьев О. М. Физико-технические основы добычи полезных ископаемых с энергосберегающим разрушением молекулярных связей горных пород [Текст] : дис. докт. техн. наук / О. М. Терентьев. — К., 2008. — 304 с.
16. Постоянная Дирака [Электронный ресурс] / Википедия. Свободная энциклопедия. — Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%94%D0%B8%D1%80%D0%B0%D0%BA%D0%B0/. — 13.06.2011 г. — Загл. с экрана.
17. Савельев И. В. Курс общей физики, том I. Механика, колебания и волны, молекулярная физика [Текст] / И. В. Савельев. — М. : Наука, 1970. — 511 с.
18. Иродов И. Е. Основные законы механики [Текст] / И. Е. Иродов. — М. : Высш. шк., 1985. — 250 с.
19. Китаева В. В. Электрические машины. Часть 2. Машины переменного тока. [Текст] : учеб. пособие / В. В. Китаева, Ю. М. Корхова, В. К. Свирина ; под общ. ред. В. Е. Китаева ; М. : Высш. шк., 1978. — 184 с.
20. Материалы и покрытия. Материалы для пропускающей оптики. Кремний. [Электронный ресурс] / ЗАО «Тидекс». — Режим доступа : http://www.tydexoptics.com/ru/materials_for_transmission_optics/silicon/. — 01.07.2012 г. — Загл. с экрана.
21. Лещева О. А. Электронная структура и физико-механические свойства наноразмерных кластеров [Текст] / О. А. Лещева, И. В. Бажин // Журн. Фазовые переходы, упорядоченные состояния и новые материалы. — 02.03.2009. — С. 4—7.
22. Коэффициент Пуассона [Электронный ресурс] / Википедия. Свободная энциклопедия. — Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%9F%D1%83%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B0/. — 20.07.2012 г. — Загл. с экрана.

23. Кремний [Электронный ресурс] / © ChemPort.Ru, ММП-ММХІ. — Режим доступа : <http://www.chemport.ru/pertable/elinfo.php?el=14/>. — 13.06.2011 г. — Загл. с экрана.
24. Железо [Электронный ресурс] / © ChemPort.Ru, ММП-ММХІ. — Режим доступа : <http://www.chemport.ru/pertable/elinfo.php?el=26/>. — 13.06.2011 г. — Загл. с экрана.
25. Кальций [Электронный ресурс] / © ChemPort.Ru, ММП-ММХІ. — Режим доступа : <http://www.chemport.ru/pertable/elinfo.php?el=20/>. — 13.06.2011 г. — Загл. с экрана.
26. Алексеев В. В. Автоматизированный привод станков шарошечного бурения [Текст] : учеб. / В. В. Алексеев, А. С. Соловьев ; Санкт-Петербургский горный институт. — СПб, 1997. — 49 с. — ISBN 5-230-19609-2.
27. Демченко И. И. Методические указания по выполнению курсовых проектов на тему «Выбор, обоснование и расчет буровых и выемочно-погрузочных машин» [Текст] : канд. техн. наук / И. И. Демченко. — Красноярск, 2003. — 34 с.
28. Краткое описание электронного каталога деталей и сборочных единиц бурового станка СБШ-250МНА-32. [Электронный ресурс] / Электронные и печатные каталоги деталей для СПЕЦТЕХНИКИ. — Режим доступа : http://katalogekg.narod.ru/e_sbsh250.html/. — 14.05.2009 г. — Загл. с экрана.
29. Планетарные редукторы [Электронный ресурс] / © Copyright Детали Машин. — Режим доступа : http://detali-mashin-na-5.narod.ru/Planetaryny_ye_reduktory.html/. — 2010 г. — Загл. с экрана.
30. Овал Кассини [Электронный ресурс] / Сайт геометрического образования. — Режим доступа : http://geometrie.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=62:2009-05-12-06-56-25&catid=10:differenc&Itemid=19/. — 2012 г. — Загл. с экрана.
31. Спивак А. И. Механика горных пород [Текст] / А. И. Спивак. — М. : Недра, 1967. — 192 с.
32. Станок буровой шарошечный [Электронный ресурс] / ЗАО Горные машины. — Режим доступа : http://www.zaogm.ru/ru/catalogue/01/035/040/sbs_h160_200-40/. — 2011 г. — Загл. с экрана.
33. Объем скважины с учетом коэффициента каверзости. [Электронный ресурс] / Все о бурении. Информационный ресурс. — Режим доступа : <http://www.oburen.ru/content/obem-skvazhiny-s-uchetom-koefficienta-kavernoznosti/>. — 2012 г. — Загл. с экрана.
34. Буровые станки для открытых горных работ [Электронный ресурс] / ММНС RUDGORMASH Mining Machinery Holding Company. — Режим доступа : <http://www.mmhc-rudgormash.com/printa.php?viewarch=375&arhiv=4/>. — 2012 г. — Загл. с экрана.
35. Работа. Все формулы [Электронный ресурс] / Физика. — Режим доступа : http://raal100.narod.ru/fizika/rabota_vse_formuli/. — 2012 г. — Загл. с экрана.

ФОРМИРОВАНИЕ ФЕМТОСТРУКТУР УПЛОТНЕНИЯ ПРИ РАЗРУШЕНИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

О. М. Терентьев, А. И. Клещев

В статье предложены математические модели высоты ядра уплотнения и работы бурения скважин, которые учитывают колебательное состояние кристаллической структуры среды, которая разрушается. Приведены результаты анализа зависимостей высоты ядра уплотнения от физико-механических параметров среды на атомарном уровне и от технологических параметров внешнего энергетического источника.

Ключевые слова: ядро уплотнения, атомарная структура среды, частота собственных колебаний, энергетическая среда.

Олег Маркович Терентьев, профессор кафедры электро-механического оборудования геотехнических производств Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт», тел.: (098) 081-91-92, e-mail: OLTR_1@ukr.net.

Антон Иосифович Клещев, магистрант кафедры электро-механического оборудования геотехнических производств Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт», тел.: (093) 774-90-61, e-mail: anthony_joseph@bigmir.net.

COMPACTION FEMTOSTRUCTURES FORMATION WHEN CRYSTALLINE VIBRATIONAL MEDIUM FAILURE

O. Terentiev, A. Kleshchov

This article describes compaction core height mathematical models and well-drilling operation mathematical models that consider vibrational state of crystalline medium structure under failure. Also this article provides results of the compaction core height dependencies on physical-mechanical medium parameters at the atomic level and on technological parameters of an external energy source.

Keywords: compaction core, medium atomic structure, natural vibration frequency, energy medium.

Oleg Terentiev, professor of the department of electromechanical equipment of geotechnical production, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», tel.: (098) 081-91-92, e-mail: OLTR_1@ukr.net.

Anton Kleshchov, postgraduate student of the department of electromechanical equipment of geotechnical production, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», tel.: (093) 774-90-61, e-mail: anthony_joseph@bigmir.net.