
РОЗРОБКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.232.5:622.2

Корнієнко В. Я., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ГІДРАВЛІЧНОГО ТА ГІДРОМЕХАНІЧНОГО СПОСОБІВ ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ

В роботу описані та пропонуються методологічні підходи у кількісних оцінках параметрів гідромеханічного та гідравлічного способу видобутку бурштину.

Ключові слова: бурштин, гідравлічний спосіб, гідромеханічний спосіб, видобуток.

Експериментальні дослідження з видобутку бурштину гідромеханічним способом дозволили об'єднати та систематизувати наукові теоретичні напрацювання та запропонувати методiku з підйому бурштину на поверхню піщаного родовища.

Системний підхід дозволяє розглядати об'єкт як систему, що складається з багатьох елементів, об'єднаних між собою внутрішніми зв'язками та є методологічним принципом наукового аналізу.

В багатьох дослідженнях науковців процеси розглядаються в статичній формі, що не дають повної картини процесів, які відбуваються в системі, тому необхідні дослідження, що відображають не тільки фізичну сутність процесів і явищ, які протікають в елементах систем, а мають ціленаправленість, яка пов'язана з виявленням механізму утворення втрат корисного компонента в динаміці і розвитком елементів системи.

Обґрунтування та вибір раціональних систем розробок є звичайним логічним завершенням аналізу і базується на основних положеннях техніко-економічної оцінки вилучення корисних копалин з надр.

В основу відомих методик розрахунку затопленого гідромоніторного струменя покладені результати теоретичних та експериментальних досліджень особливостей течії струменя свердловинного гідромонітора.

Гідромеханічний видобуток застосовується для розробки піщаних, в основному, водонасичених, порід, міцність яких характеризується опором зрушення [1; 2]

$$\tau_s = c_0 + \sigma_e I g \varphi, \quad (1)$$

де c_0 і $tg\varphi$ – питоме зчеплення і коефіцієнт внутрішнього тертя породи; σ_e – ефективна напруга: $\sigma_e = \sigma - p_e$; σ – нормальне геостатичне навантаження на породу; p_e – поровий тиск (тиск у вільній воді, що вміщується в порах породи).

Руйнування водонасиченої піщаної породи відбувається впливом на неї питомої сили, що перевищує опір зрушення, тобто

$$P_y \geq \tau_s, \quad (2)$$

де P_y – питома сила удару.

При застосуванні гідромеханічного способу добування [3], в якому відбувається збудження масиву вібраційним способом та подачею в масив ґрунту води, або води і повітря, необхідно визначити витрати води та повітря, а саме:

- витрати води

$$Q_{pe} = \frac{ABg}{1+e} \left(\frac{(\rho_{ck}(1+W) - \rho_p(1+e))}{\rho_p - \rho_e} \right), \quad (3)$$

де ρ_p – густина робочого середовища; ρ_{ck} – густина скелета ґрунту; ρ_e – густина води; e – коефіцієнт пористості; v – швидкість процесу видобутку; W – вологість середовища; A, B – робоча площа.

- витрати повітря

$$Q_{нов} = \frac{n_1 ABg(\rho_e - \rho_p) + \frac{ABg}{1+e}(\rho_{ck}(1+W) - \rho_p(1+e))}{\rho_p}, \quad (4)$$

де n_1 – пористість середовища в природному стані.

При використанні гідравлічного способу видобутку із піщаних родовищ та дії на породу гідромоніторним струменем питома ударна сила буде

$$P_y = \frac{P_{cm}}{s}, \quad (5)$$

де P_{cm} – сила удару струменя; s – площа перерізу руйнування.

З курсу гідромеханіки відомо, що сила удару гідромоніторного струменя на плоский вибій визначається з виразу

$$P_{cm} = \frac{10\gamma_w}{g} u_0 V (1 - \cos \alpha), \quad (6)$$

де u_0 – середня швидкість потоку струменя; V – витрата води по даному перетині; γ_w – густина води; g – прискорення сили тяжіння; α – кут між віссю струменя і напрямком його розтікання після зустрічі з вибоєм.

Визначити силу удару струменя в затопленій камері на різних відстанях від насадки можна, розглянувши закономірності зміни середньої швидкості струменя і витрати води за довжиною.

Відомо, що внаслідок витікання гідромоніторного струменя в затоплену камеру швидкість потоку води по її довжині з віддаленням від насадки різко зменшується [4; 5; 6]. Експериментальні дані для різних діаметрів насадок добре описуються гіперболічним рівнянням виду

$$\frac{u_m}{u_0} = \frac{0,96}{0,29 + \frac{al}{r_n}}, \quad (7)$$

де u_m – швидкість струменя по його осі; u_0 – початкова швидкість витікання струменя із насадки з радіусом вихідного отвору r_n ; l – відстань від насадки до забою; a – коефіцієнт структури потоку струменя.

Значення коефіцієнта $a=0,0625$ (для затопленого вільного струменя при відсутності додаткового гідростатичного тиску (p_z)). Значення коефіцієнта a в залежності від p_z за експериментальними даними визначається за формулою

$$a = \frac{1}{m - np_z}, \quad (8)$$

де $m=1/a$; n – експериментальна величина, обумовлена залежністю від значення p_z . Отримані дані зведені в таблицю 1.

Таблиця 1

Залежність експериментальної величини n від значення p_z

p_z , МПа	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
n	1,870	1,471	1,002	0,561	0,20

Тиск струменя на виході з насадки визначається

$$p_0 = p - \Delta p_c + p_z - \Delta p_z, \quad (9)$$

де p – тиск води, що створюється насосом; Δp_c – втрати тиску, викликані гідравлічним опором при течії води по трубопроводу

$$\Delta p_c = R_c Q^2, \quad (10)$$

де R_c – коефіцієнт гідравлічного опору різних елементів трубопровода; Q – подача насоса; p_z – тиск стовпа води;

$$p_z = \gamma_v H, \quad (11)$$

де H – геодезичне перевищення насоса над насадкою; γ_v – питома вага води; Δp_z – втрати напору в гідромоніторі, що визначаються або експериментально, або обчислюються як сума складових втрат напору в різних його елементах.

Швидкість потоку струменя визначається

$$u=0,5u_m, \quad (12)$$

де u_m – осьова швидкість потоку.

Розподіл швидкості потоку за різними перерізами струменя представляється у вигляді безрозмірної залежності за його радіусами (r_{cm})

та $r_{0,5u_m}$

$$\frac{u}{u_m} = e^{-\left(\frac{r_{cm}}{r_{0,5u_m}}\right)^2} \ln 2, \quad (13)$$

де в межах основної ділянки струменя існує співвідношення

$$r_{cm} = 2,27r_{0,5u_m}.$$

Витрата води по перерізу визначається

$$Q_{вод} = \frac{\pi u_m r_{0,5u_m}^2}{\ln 2} \left(e^{-\frac{r_{cm}^2}{r_{0,5u_m}^2}} - 1 \right). \quad (14)$$

Відстань від насадки до забою, де можливе руйнування із застосуванням гідромонітора і насоса можна визначити, коли відомі закономірності зміни середньої швидкості u , витрати потоку V і перерізу струменя s за його довжиною для конкретних гірських порід.

Методика розрахунку продуктивності гідравлічного руйнування

Продуктивність гідравлічного руйнування визначається як відношення витраченої енергії струменя води за одиницю часу до питомої енергоємності процесу руйнування порід даної міцності

$$\Pi = \frac{Qp_o}{E}, \quad (15)$$

де Q – витрата води; p_o – тиск води; E – питома енергоємність процесу руйнування порід.

Для конкретних порід дослідним шляхом в натурних умовах отримують залежність продуктивності руйнування від тиску і витрати води.

При дослідженні Клесівського родовища бурштину можна використати залежність продуктивності руйнування від тиску води

$$\Pi = kp_o, \quad (16)$$

де k – дослідний коефіцієнт, залежний від діаметру насадки; для $d_n=11, 15, 23$ мм k відповідно дорівнює 1,2; 2; 4,8.

Питома витрата води (q) на руйнування визначається за залежністю від питомого динамічного тиску струменя (p_m) на контакт з забоем

$$q = \frac{M}{p_m^n}, \quad (17)$$

де M – дослідний коефіцієнт, залежний від умов застосування гідравлічного руйнування в забої; n – дослідний показник ефективності гідравлічного руйнування.

Методика розрахунку продуктивності гідромеханічним способом

Для визначення об'єму обробки масиву ґрунту приймається продуктивність установки з видобутку бурштину.

Продуктивність установки визначається

$$P_{уст} = 3600 \cdot \frac{nV_e K_e K_{пер}}{t_u}, \quad (18)$$

де V_e – об'єм масиву ґрунту, що обробляється; t_u – час роботи установи; n – кількість циклів заглиблення і виглиблення з масиву ґрунту; K_e – коефіцієнт, що враховує використання робочого часу; $K_{пер}$ – коефіцієнт, що враховує час на перестановку установки.

Методика розрахунку ґрунтового насоса для гідротранспортування закладкового матеріалу у вироблені простори виїмних камер

Годинною продуктивністю по твердому задаються. Дальність транспортування, рельєф місцевості, гранулометричний склад закладкового матеріалу і показники його властивостей є величинами, визначеними для конкретного родовища. Знаючи гранулометричний склад, густину і міцнісні показники, можна задатися питомими витратами води на руйнування одиниці об'єму [7].

Годинна продуктивність насоса по гідросуміші

$$Q_z = Q_{mv} [(1-m) + q], \quad (19)$$

де Q_{tv} – годинна продуктивність по твердому; m – пористість закладкового матеріалу; q – питома витрата води.

Густина гідросуміші

$$\rho_{zc} = \frac{q + \rho_{mv}(1-m)}{q + (1-m)}, \quad (20)$$

де ρ_{mv} – густина масиву закладкового матеріалу.

Перевірка величини критичної швидкості гідросуміші здійснюється за наступною залежністю

$$v_{кр} = \sqrt{gD} \sqrt{\frac{\rho_z - \rho_e}{K\psi\lambda_0\rho_z}} C, \quad (21)$$

де g – прискорення вільного падіння; ρ_e, ρ_z – густини води і гідросуміші; K – емпіричний коефіцієнт для породи; ψ – коефіцієнт опору (при вільному падінні в середовищі густиною ρ_{cp} твердої частки діаметром D , густиною $\rho_{тв}$ зі швидкістю v).

$$\psi = \frac{\pi q D (\rho_{тв} - \rho_e)}{C v^2 \rho_e}. \quad (22)$$

Коефіцієнт гідравлічного опору (λ_0) при русі чистої води трубопроводом для відшліфованих ґрунтом труб складає

$$\lambda_0 = \frac{1}{(1,81g R_e - 1,8)^2}, \quad (23)$$

де R_e – число Рейнольдса. C – коефіцієнт вагового вмісту дрібних класів.

При транспортуванні кускового матеріалу значення $v_{кр}$ слід збільшувати на 15-20%.

Значення швидкості транспортування (v) визначається за формулою Ріттенгера

$$v = a\sqrt{d(\rho_{T_6} - \rho_6)}, \quad (24)$$

де $a=29$ (для кварцу).

Розрахунковий діаметр пульпопроводу

$$D_{II} = \sqrt{\frac{4Q_c}{\pi v_{кр}}}. \quad (25)$$

Коли задана продуктивність по гідросуміші Q_c , обраний діаметр пульпопроводу повинен забезпечити гідротранспортування гідросуміші зі швидкістю більшою за критичну.

Величина фактичної швидкості гідросуміші в пульпопроводі складає

$$v = \frac{4Q_c}{\pi D_{II}^2}. \quad (26)$$

Якщо $v > v_{кр}$, то приймається попередньо обраний діаметр пульпопроводу, а при $v < v_{кр}$, то розрахунками підбирається D_{II} так, щоб $v > v_{кр}$.

Таким чином, можливо представити кількісну оцінку параметрів для гідравлічного та гідромеханічного способу видобутку бурштину.

1. Абрамович Г. Н. Теория турбулентных струй / Г. Н. Абрамович. – М. : Физматгиз, 1960. – 776 с.
2. Аренс В. Ж. Скважинная гидродобыча полезных ископаемых / В. Ж. Аренс, Б. В. Исмагилов, Д. Н. Шпак. – М. : Недра, 1980. – 227 с.
3. Романовський О. Л. Дослідження витрат води і повітря штангового віброгідравлічного витягача / О. Л. Романовський, В. Я. Корнієнко // Вісник НУВГП. № 2 (46). – Ч. 1. – Рівне : НУВГП, 2009. – С. 330–336.
4. Иванов П. И. Исследование процесса подводной разработки песчано-гравийных грунтов земснарядами с вибрационно-гидравлическими разрыхлителями: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук / П. И. Иванов. – М., 1972. – 40 с.
5. Маланчук З. Р. Фізико-технічні основи свердловини гідротехнології видобутку важких металів розсіпних родовищ і техногенних розсіпів: дис. ...доктора техн. наук / З. Р. Маланчук. – Дніпропетровськ, 2003. – 482 с.
6. Лустюк М. Г. Теоретичні та прикладні основи механо-гідравлічної технології опробування, проектування та розробки родовищ бурштину в Україні / І. О. Садовенко,

М. Г. Лустюк. – Рівне, 2008. – 280 с. 7. Смолдырев А. Е. Трубопроводный транспорт / А. Е. Смолдырев. – М. : Недра, 1980. – 293 с.

Рецензент: д.т.н., професор Маланчук З. Р. (НУВГП)

Korniienko V. Y., Candidate of Engineering, Associate Professor
(National University of Water Management and Nature Resources Use,
Rivne)

QUANTITATIVE EVALUATION PARAMETERS HYDRAULIC AND HYDRO MECHANICAL AMBER PRODUCTION METHODS

**In the work described and offered methodological approaches to
quantitative estimates of parameters of hydro mechanical and hydro-
?lic mining method amber.**

**Keywords: amber, hydraulic method, hydro mechanical method,
mining.**

Корниенко В. Я., к.т.н., доцент (Национальный университет водного
хозяйства и природопользования, г. Ровно)

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО И ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО СПОСОБОВ ДОБЫЧИ ЯНТАРЯ

**В работе описаны и предлагаются методологические подходы к
количественным оценкам параметров гидромеханического и гид-
равлического способа добычи янтаря.**

**Ключевые слова: янтарь, гидравлический способ, гидромеханиче-
ский способ, добыча.**
