

Висновки

1. Найраціональніший робочий діапазон кавітаційного диспергатора по коефіцієнту затискання (з точки зору мінімальних гідравлічних опорів) знаходиться в межах 0,6–0,8.
2. Коефіцієнт замикання потоку не повинен перевищувати 0,8, інакше може статися різкий скачок тиску в нагнітальній лінії, що, у свою чергу, приведе до аварійної ситуації;
3. Частотний спектр роботи кавітаційного диспергатора знаходиться в діапазоні 84–1658 Гц.

Обосновано частоту кавитационных колебаний устройства для обработки промывочных жидкостей при бурении скважин.

Ключевые слова: бурение скважин, скважина, промывочная жидкость, гидродинамическая суперкавитация, кавитационный диспергатор.

GROUND FREQUENCY SPECTRUM DEVICE FOR TREATMENT OF DRILLING FLUID IN DRILLING WELLS

Grounded oscillation frequency cavitation device for treatment of drilling fluid.

Key words: drilling, borehole, drilling fluid, hydrodynamic supercavitation, cavitation dispersant.

Література

1. Давиденко А. Н., Камышацкий А. Ф., Судаков А. К. Инновационная технология приготовления промывочных жидкостей при бурении скважин // *Naukainnov.* – 2015. – № 11(5). – С. 11–21.
2. Давиденко А. Н., Камышацкий А. Ф. Совершенствование конструкции кавитационного диспергатора / *Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения* : сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2015. – № 18. – С. 113–114.

Надійшла 23.05.16

УДК 622.24

О. А. Пащенко, канд. техн. наук

ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна

ВПЛИВ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ НА ЕНЕРГОВИТРАТИ ПРИ БУРІННІ СВЕРДЛОВИН

Розглянуто процес руйнування гірських порід та методику розрахунку параметрів буріння з урахуванням гідростатичного тиску. Показано вплив гідростатичного тиску на енергоємність руйнування гірських порід. Надано рекомендації щодо поліпшення ефективності буріння.

Ключові слова: руйнування, свердловина, енерговитрати, гідростатичний тиск, промивання, параметри буріння.

Актуальність

У результаті дослідження [1] виявили, що є значний технологічний резерв зниження енергоємності буріння свердловин внаслідок вибору оптимальних параметрів буріння. Зокрема, аналіз показників, дозволяє зробити висновок про значне збільшення зусилля відриву при збільшенні гідростатичного тиску, швидкості відриву елемента і зміні параметрів промивної рідини. Природа цього полягає у збільшенні різниці тиску на передню

і новоутворену поверхню елемента, що відривається, а також подовження часу дії цього тиску. Відповідно збільшуються витрати енергії на руйнування.

Основний матеріал

Визначимо раціональну зміну частоти обертання і навантаження на різець при зміні гідростатичного тиску. При бурінні свердловини приймаємо, що потужність, яка витрачається на руйнування, розраховується за формулою [2]

$$N = F_{\text{від}} \cdot V_{\text{різ}}, \quad (1)$$

де $F_{\text{від}}$ – сила, яка витрачається для відриву елемента від масиву; $V_{\text{різ}}$ – швидкість руху різця.

Приймаючи, що різець рухається по спіралі, розкладемо швидкість його переміщення:

$$V_{\text{різ}} = \sqrt{V_n^2 + V_{\text{мех}}^2} = n\sqrt{(\pi D_r)^2 + h^2}, \quad (2)$$

де V_n – швидкість руху різця по горизонталі; $V_{\text{мех}}$ – швидкість руху різця по вертикалі (механічна швидкість буріння); n – частота обертання породоруйнівного інструменту, хв^{-1} ; D_r – діаметр породоруйнівного інструменту, м; h – величина поглиблення різця за оберт, м.

Звідси

$$N = F_{\text{отд}} n \sqrt{(\pi D_r)^2 + h^2}. \quad (3)$$

Зусилля для руйнування обчислюємо за формулою:

$$F_{\text{від}} = \sqrt{F_o^2 + F_\tau^2}, \quad (4)$$

де складова сили відриву по вертикальній осі

$$F_o = \frac{[\sigma] \pi (D^2 - d^2)}{4}.$$

Складова сили відриву по горизонтальній осі

$$F_\tau = [\tau] \pi D H. \quad (5)$$

У свою чергу, вважаючи, що відокремлюється певний обсяг гірської породи, отримаємо:

$$F_{\text{від}} = \sqrt{a_{\text{мін}} E d_n V}. \quad (6)$$

У разі дії сил через пружне середовище (ядро ущільнення) на певну зону (рис. 1), зусилля відриву розраховується за формулою [3]

$$\frac{F_{\text{від}}}{S_r} = \frac{\sqrt{F_{\text{ос}}^2 + F_{\text{об}}^2}}{S_k}, \quad (7)$$

де S_r – площа контакту ядра ущільнення з елементом, що відривається; $F_{\text{ос}}$ – осьове зусилля на різці; $F_{\text{об}}$ – зусилля для обертання різця; S_k – площа контакту різця з породою (рис. 1).

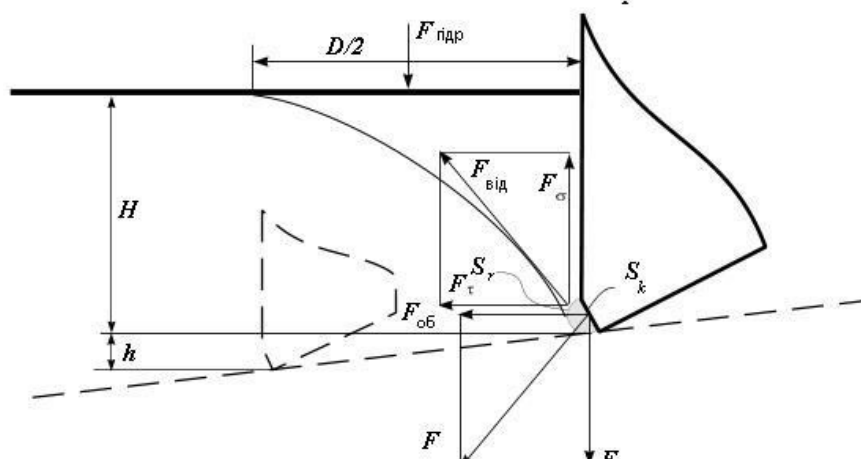


Рис. 1. Схема розподілу зусиль у зоні руйнування

Звідси

$$\sqrt{F_{oc}^2 + F_{об}^2} = \frac{F_{від} \cdot S_k}{S_r} \quad (8)$$

Осьове зусилля на різці

$$F_{oc} = \sqrt{\left(\frac{F_{від} \cdot S_k}{S_r}\right)^2 - F_{об}^2} \quad (9)$$

Зусилля для обертання

$$F_{ep} = \sqrt{\left(\frac{F_{від} \cdot S_k}{S_r}\right)^2 - F_{oc}^2} \quad (10)$$

Підставляючи (8) у (2) отримуємо витрати потужності для відриву елемента від масиву (без урахування сил тертя):

$$N = n \sqrt{F_{oc}^2 + F_{об}^2} \frac{S_r}{S_k} \sqrt{(\pi D_r)^2 + h^2} \quad (11)$$

Як впливає з даних (11), на технологічні параметри буріння впливають також конструктивні параметри інструменту.

Визначимо механічну швидкість буріння.

З формули (11) отримуємо

$$N = \sqrt{F_{oc}^2 + F_{об}^2} \frac{S_r}{S_k} \cdot \sqrt{V_n^2 + V_{мех}^2},$$

звідки

$$V_{мех} = \sqrt{\frac{N^2}{(F_{oc}^2 + F_{об}^2) \cdot \left(\frac{S_r}{S_k}\right)^2} - V_n^2} \quad (12)$$

З урахуванням впливу гідростатичного тиску вираз (12) набирає вигляду

$$V_{\text{мех}} = \sqrt{\frac{N^2}{\left(F_{\text{ос}} + P \frac{bl}{2} + m \frac{9h^5 \left(\Delta p - \frac{\tau_0 l}{h} \right)^2}{128\eta^2 l^4} + F_{\text{об}}^2 \right) \cdot \left(\frac{S_r}{S_k} \right)^2}} - V_n^2. \quad (13)$$

Отже, задаючи параметри режиму буріння і «коефіцієнт працездатності» породоруйнівного інструменту (співвідношення робочої площі інструменту S_k та площі поверхні ядра ущільнення S_r), можна аналітично розрахувати механічну швидкість буріння. Вважаючи руйнування ідеальним (наприклад, без втрат на тертя, защемлення тощо), тобто $\sqrt{F_{\text{ос}}^2 + F_{\text{об}}^2} = F_{\text{від}}$, відносно збільшення потужності при збільшенні глибини та інших рівних умовах:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{F_{\text{від1}}}{F_{\text{від2}}}, \quad (14)$$

де N_1, N_2 – початкова потужність і та витрачається в досліджуваних умовах; $F_{\text{від1}}, F_{\text{від2}}$ – сила для відриву елемента за умов відповідно початкових і досліджуваних.

Таким чином, за зміни тільки гідростатичного тиску потужність становитиме

$$N_2 = \frac{F_{\text{від2}}}{F_{\text{від1}}} N_1. \quad (15)$$

Підставляючи в (15) експериментальні значення і задаючи співвідношення S_k/S_r , можна розрахувати параметри буріння (осьове зусилля, частоту обертання) для підтримання механічної швидкості буріння на одному рівні.

Розглянемо більш докладніше формулу (3). Дана формула при використанні даних експериментальних досліджень також дозволяє отримати залежність зміни механічної швидкості буріння від величини гідростатичного тиску. Підставляючи у вираз (3) формулу (6) отримаємо:

$$N = \sqrt{a_{\text{мін}} E d_n V V_{\text{піз}}}. \quad (16)$$

За експериментальними даними механічна швидкість буріння

$$V_{\text{мех}} = \sqrt{\frac{N^2}{a_{\text{мін}} E d_n V} - V_n^2}. \quad (17)$$

Згідно з експериментальними даними зміну механічної швидкості буріння за зміни тиску розраховували за формулою (17), аналітичний розрахунок здійснили за формулою (13).

Характер впливу гідростатичного тиску на механічну швидкість буріння за зміни тільки енергоємності відриву, яку отримали експериментально, та інших рівних параметрах показано на рис. 2.

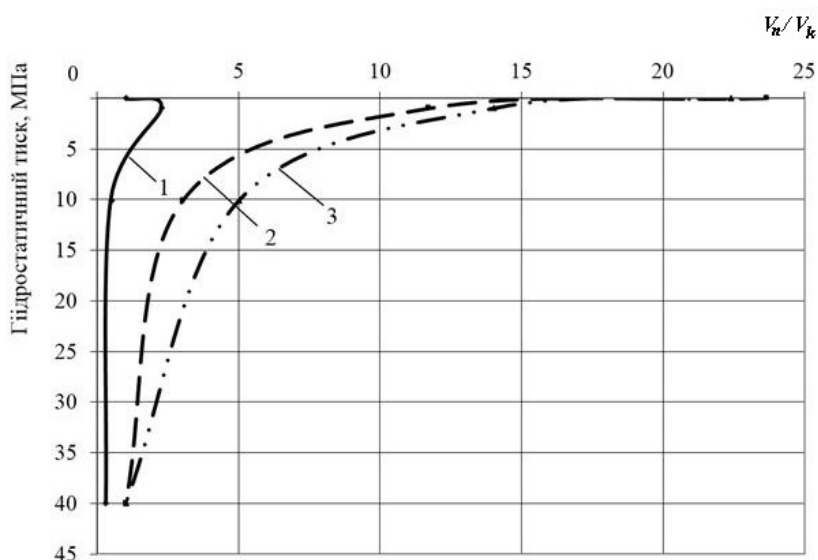


Рис. 2. Залежність співвідношення початкової швидкості буріння V_n та поточної V_k від гідростатичного тиску: 1 – вапняк; 2 – мармур; 3 – граніт

Як бачимо, при підвищенні гідростатичного тиску механічна швидкість буріння порівняно з початковою значно знижується.

Розрахунки значень і аналіз графіків показали [3], що для підтримки механічної швидкості буріння на одному рівні в таких породах як вапняк, мармур і граніт необхідно знижувати частоту оборотів породоруйнівного інструменту приблизно на 10-20% на кожні 10 МПа, зі збільшенням осевого зусилля на 30-40%.

Висновки

У результаті порівняння розрахункових значень механічної швидкості буріння з практичними даними довели, що вони дещо перевищують практичні [3]. Це пояснюється можливими втратами механічної швидкості за рахунок неврахованих факторів (глинистої кірки, ущільнення породи та ін.). Для отримання точніших розрахунків необхідно вводити коефіцієнти, що враховують ці чинники.

Коефіцієнт варіації становив 17% для механічних швидкостей розрахованих за експериментальними значеннями енергоємності і 15% для швидкостей розрахованих за аналітичним виразом (13). Статистична обробка результатів розрахунку показала можливість визначення механічних швидкостей буріння за наведеними методиками з достовірною точністю [4].

Процес впливу гідростатичного тиску на процес руйнування складний і крім визначення раціональних параметрів буріння за даною методикою, для поліпшення показників ефективності буріння свердловин необхідно реалізувати наступні заходи:

- гідростатичний тиск на забої має бути мінімальним;
- частоту обертання породоруйнівного інструменту необхідно витримувати в діапазоні, що забезпечує оптимальну енергоємність руйнування породи;
- продуктивність циркуляції бурового розчину повинна забезпечувати вимоги, що до неї висуваються, але не перевищувати ці значення;
- щільність бурового розчину повинна проектуватися мінімально допустимої для конкретних геолого-технічних умов буріння свердловин;
- в'язкість бурового розчину повинна бути мінімальною, а показник фільтрації доцільно зменшувати лише тоді, коли він є головною причиною виникаючих ускладнень;
- початковий опір зрушенню і динамічна в'язкість рідини повинні бути мінімальними;

напрямок потоку під породоруйнівним елементом має підтримувати підняття елемента і (або) не перешкоджати відриву.

Рассмотрен процесс разрушения горных пород и методика расчета параметров бурения с учетом гидростатического давления. Показано влияние гидростатического давления на энергоёмкость разрушения горных пород. Даны рекомендации по улучшению эффективности бурения.

Ключевые слова: разрушение, скважина, энергозатраты, гидростатическое давление, промывка, параметры бурения.

EFFECT OF HYDROSTATIC PRESSURE ON THE ENERGY EXPENDITURE DURING DRILLING

The process of rock and drilling method of calculation parameters on the basis of hydrostatic pressure. The effect of hydrostatic pressure on the energy of rock. Recommendations for improving the efficiency of drilling.

Key words: destruction, well, energy, hydrostatic pressure, washing, drilling parameters.

Література

1. Дудля Н. А., Пащенко А. В., Пащенко А. А. Разрушение горных пород в водной среде // Тр. науч.-техн. конф. «Эпштейновские чтения». – 1998. – С. 19–2.
2. Первов К. М. Определение прочностных и деформационных характеристик горных пород по параметрам разрушения // Способы воздействия на массив горных пород для экономичной и безопасной отработки угольных пластов. – М.: МГИ, 1985. – С. 51–54.
3. Дудля Н. А., Пащенко А. А. Экспериментальные исследования влияния гидростатического давления на процесс разрушения // Наук. вісн. НГАУ. – 2001. – Вып. 5. – С. 107–108.
4. Дудля Н. А., Пащенко А. А. Экспериментальное определение сопротивляемости горных пород отрыву // Наук. вісн. НГАУ. – 1999. – Вып. 3. – С. 104–107.

Надійшла 29.05.16

УДК 622.244.442

Я. С. Коцкулич, д-р техн. наук¹, **Б. А. Тершак**, канд. техн. наук²,
А. М. Андрусак, **Є. Я. Коцкулич**³

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

²Публічне акціонерне товариство ПАТ "Укрнафта", м. Київ, Україна

³Науково-дослідний і проектний інститут ПАТ "Укрнафта", м. Івано-Франківськ, Україна

БУРІННЯ БОКОВОГО СТОВБУРА СВЕРДЛОВИНИ 318-ДОЛИНА З ВИКОРИСТАННЯМ ПОДВІЙНОІНГІБОВАНОЇ МЛОГЛИНИСТОЇ ПРОМИВАЛЬНОЇ РІДИНИ

Обгрунтовано компонентний склад малоглинистої промивальної рідини для відновлення свердловини 318-Долина бурінням другого стовбура. Розроблено рецептуру промивальної рідини з урахуванням гірничо-геологічних умов буріння свердловини в інтервалі залягання продуктивних пластів (пластовий тиск, проникність і пористість порід-колекторів, фізико-хімічний склад пластових флюїдів).

Під час поглиблення свердловини періодично відбирали проби промивальної рідини (відібрано 16 проб) і в лабораторії НДПІ ПАТ «Укрнафта» проводили аналізи, на основі яких розробляли рекомендації з коригування хімічної обробки.

Технологічний супровід буріння другого стовбура свердловини, що здійснювався фахівцями НДПІ, забезпечив успішне виконання робіт з відновлення свердловини 318-Долина.

Ключові слова: свердловина, стовбур, інгібітор, компонент, колектор.