

УДК 622.24

А. І. Волобуєв, канд. техн. наук, Я. С. Коцкулич, д-р техн. наук, М. М. Слєпко

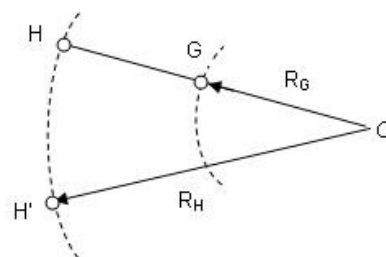
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Україна

ОЦІНЮВАННЯ ОСНАЩЕНОСТІ БУРОВИХ ДОЛІТ

It is offered the estimation procedure of drill bits cutting structure with a help of determination their "specific equipment". This procedure may be used for estimation of already existing drilling bits and while their designing. In first case it gives possibility to determine poor zone in future where we may expect irregular abrasion. In second case – we can create drilling bits with uniform distribution specific equipment by radius. It may be useful for specialists that are working in the area of creating and exploitation drilling bits.

Невід’ємною умовою раціональної експлуатації долота є рівномірне зношення оснащення, позаяк ресурс долота визначається довговічністю найслабшого місця. У разі аномального зношення породоруйнівного елемента буріння доводиться зупинити, хоча інші елементи перебувають у робочому стані. Найпоширеніші причини аномального зношення оснащення – наявність металу на вибої, внутрішні дефекти елементів оснащення, неякісне виготовлення, різновисотність зубців шарошок. Ці причини можна умовно вважати випадковими, тобто такими, яких за дотримання певних правил не повинно бути. Але на практиці часто аномальне зношення закладене в конструкцію долота. Йдеться про різну оснащеність долота щодо радіуса. За відсутності випадкових причин саме ця стає головною. Вочевидь, передумовою рівномірного зношення слід вважати однакову роботу, яку виконує кожний елемент оснащення. Якщо вважати умови відокремлення частинок породи від масиву однаковими по всьому вибою, логічно припустити, що робота окремого елемента прямо пропорційна пройденому ним шляху, а за однакових розмірів елементів – відстані від центра вибою до певного елемента, і обернено пропорційна кількості елементів, що переміщуються тієї самою траєкторією, тобто розміщенні на такій самій відстані від центра вибою.

Наприклад, якщо в алмазному долоті елемент G (рис. 1) розміщений на відстані R_G від центра, а елемент H – на відстані R_H , що удвічі перевищує відстань від R_G , робота елемента H так само вдвічі перевищує роботу елемента G . Проте якщо на відстані R_H розташовано два породоруйнівних елемента (H і H'), роботу всіх трьох елементів можна вважати однаковою, оскільки удвічі більший об’єм зруйнованої породи на радіусі R_H розподіляється на два елемента.



$$R_H = 2 \cdot R_G$$

Рис. 1. Пояснювальна схема до взаємодії породоруйнівних елементів

Слід зазначити, що при цьому не враховується багато інших факторів, тому що різні лінійні швидкості створюватимуть різний температурний режим, впливатимуть на динамічність процесу; у пристінній периферійній зоні руйнування породи утруднюватиметься через негативний вплив стінки свердловини тощо.

Викладене так само стосується шарошкових доліт незважаючи на інший характер взаємодії елементів оснащення з вибоєм. Відомо, що до характеристик оснащеності долота належить

коефіцієнт перекриття вибою, під яким розуміють відношення сумарної ширини всіх вінців на шарошках до радіуса долота. Коефіцієнт перекриття вибою розраховується за формулою

$$\eta = \frac{\sum l_i}{R_\delta} \quad (1)$$

де l_i – ширина i -го вінця (довжина зубця); R_δ – радіус долота.

Вважається, що при $\eta=1$ під час роботи долота перекривається весь вибій, але насправді це не так. Внаслідок того, що порода в периферійній зоні поблизу стінки руйнується значно важче, на всіх шарошках є периферійні вінці і, одже, у пристінній зоні $\eta=3$, а відтак на інших ділянках є зони, де зубці не контактують з породою і руйнуються через те, що розмір утвореної лунки перевищує розмір контактної зони.

Крім того, коефіцієнт перекриття вибою не враховує насиченість вінців елементами оснащення. Іншими словами, два долота можуть мати однаковий коефіцієнт перекриття вибою, проте значно різну стійкість, за різної кількості зубців на відповідних вінцях. Цей недолік усувається в разі застосування питомої оснащеності.

Сутність поняття «питомої оснащеності» полягає в такому. Кожний вінець вибурює на вибої кільцеву канавку, здійснюючи певну роботу. Загальна кількість зубців на вінці визначає його загальну оснащеність B . Проте загальна оснащеність вінця не дає уявлення про напруженість його роботи, оскільки виконана робота пропорційна зруйнованому об'єму і за однакової ширини вінців залежить від їх відстані від центра долота. З огляду на це повнішою характеристикою можна вважати оснащеність, зведену до одиниці роботи. Таким чином, під питомою оснащеністю вінця на радіусі розумітимемо відношення загальної оснащеності B до радіуса r_i , на якому він розміщується, тобто

$$b_i = \frac{B}{r_i} \quad (2)$$

Оскільки загальна оснащеність вінців і їх віддаленість від центра вибою різні, то питома оснащеність вінців і долота є величиною, змінною за радіусом. При цьому слід врахувати, що навіть для одного конкретного вінця питома оснащеність буде різною для зовнішнього та внутрішнього країв зубця, оскільки вони розміщуються на різній відстані від центра. Внутрішній кінець зубця виконуватиме меншу роботу порівняно із зовнішнім, тому що, працює на меншому радіусі.

Характеристика оснащеність долота

| Номер точки | B | r_l | b |
|-------------|-----|-------|-------|
| 0 | 62 | 108 | 0,574 |
| 1 | 62 | 90 | 0,689 |
| 1 | 18 | 90 | 0,200 |
| 2 | 18 | 80 | 0,225 |
| 2 | 14 | 80 | 0,175 |
| 3 | 14 | 60 | 0,233 |
| 3 | 12 | 60 | 0,200 |
| 4 | 12 | 48 | 0,250 |
| 4 | 10 | 48 | 0,208 |
| 5 | 10 | 30 | 0,333 |
| 5 | 8 | 30 | 0,267 |
| 6 | 8 | 20 | 0,400 |
| 6 | 12 | 20 | 0,600 |
| 7 | 12 | 10 | 1,200 |
| 7 | 4 | 10 | 0,400 |
| 7a | 4 | 6 | 0,667 |
| 8 | 4 | 0 | |

Проілюструємо викладене. Уявімо тришарошкове долото із фрезерованим оснащенням, зубці якого розміщуються радіально. Перша шарошка має три вінці, друга – два, третя – три. Для графічного зображення оснащеності долота слід виконати певні обмірювання. Оскільки визначити центр долота доволі складно вимірювальною базою візьмемо поверхню зворотного конуса шарошки, від якого усі заміри виконуватимемо всі вимірювання, які потім переведемо у відповідні радіуси (див. таблицю).

Кількість зубців на вінцях показана на рис. 2а, розміщення зубців на вінцях введено до радіусу. Це означає, що коли зубці на вінцях не лежать на одній лінії, вони уявно переносяться на цю лінію (радіус). Зображено розподіл загальної оснащеності

В по радіусу, показаний на рис. 2б.

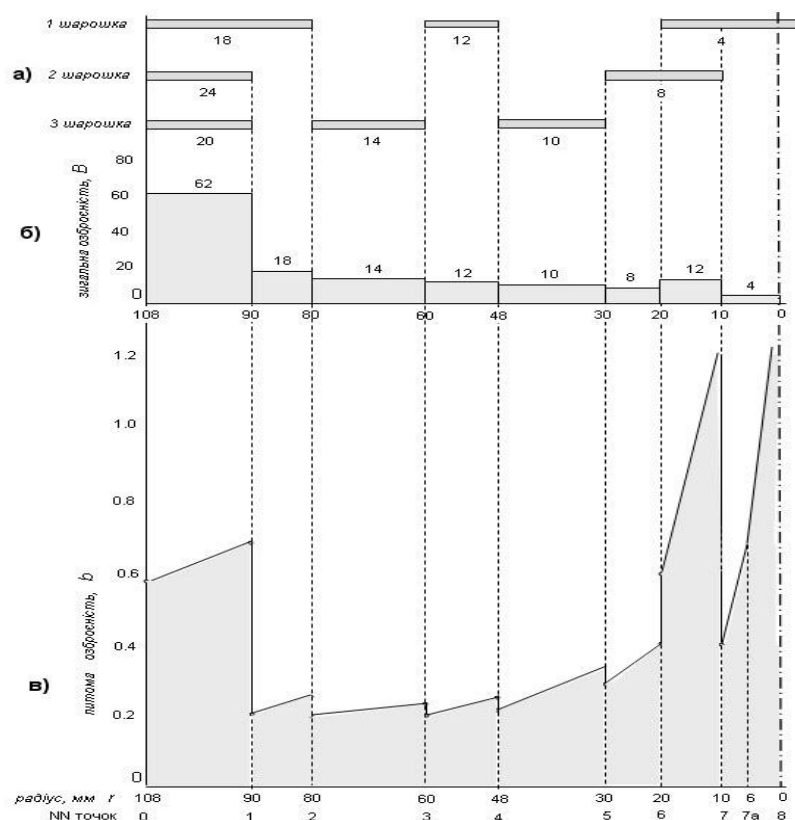


Рис. 2. Розрахункова схема до визначення питомої осначеності долота: а – розташування осначеності на вінцях шарошок, б – розподіл загальної осначеності по радіусу вибою, в – розподіл питомої осначеності по радіусу вибою

Як бачимо з рисунка зубці долота, перекочуючись по вибою, оброблюють усю його площу, тобто зон без контактів з породою, немає. Загальна осначеність визначається як сумарна кількість зубців на радіусі з усіх трьох шарошок. Оскільки всі шарошки мають периферійні вінці, загальна озброєність тут найбільша (18+24+20=62). Але в точці 1 периферійні вінці другої і третьої шарошок закінчуються і між точками 1 і 2 залишається лише периферійний вінець 1-ої шарошки і відповідна загальна осначеність знижується до 18.

Далі до точки 6 загальна осначеність визначається окремими вінцями з їх кількістю зубців. Між точками 6 і 7 вінці знову частково перекриваються і загальна осначеність стає рівною 12 (8+4). Центральна частина вибою оброблюється центральним вінцем першої шарошки, який має чотири зубці. Вершина цього вінця здебільшого виходить за центр вибою, що і показано на рис. 2а (точка 8).

Розрахуємо питому осначеність за формулою (2). Для цього всі поточні значення загальної осначеності поділимо на відповідний радіус. Слід зазначити, що в наведеному прикладі в усіх точках (крім нульової) буде два значення питомої озброєності, оскільки ці точки є границею ділянок з двома різними значеннями загальної осначеності. Тому в цих точках стрибкоподібно змінюється питома осначеність; в межах інтервалів вона зростає від периферії до центру (рис. 2в). Строго кажучи, це зростання відбувається за законом оберненої функції $\left(\frac{1}{x}\right)$, тобто нелінійно. Проте для спрощення крайові точки можна з'єднувати прямими лініями, особливо в периферійних і середніх частинах радіуса. Для більшої точності можна взяти по кілька точок усередині інтервалів з відповідними значеннями радіусів. У точці 8 питома осначеність прямує до безмежності, оскільки радіус дорівнює нулю.

Характер зміни питомої осначеності засвідчує, що її найменші значення становлять 90–48 мм (відстань від центра), де можна очікувати найінтенсивніше зношення оснащення. Потім питома осначеність зростає, особливо інтенсивно з наближенням до центра, з локальним мінімумом у точці 7. Підвищена осначеність периферійної ділянки (точки 0–1) спричинюється тим, що всі три шарошки мають периферійні вінці, оскільки у пристінній зоні найважчі умови руйнування породи.

На рис. 2 розглянуто варіант, коли вінці перекривають увесь вибій. Проте на практиці можливі випадки, коли між зонами ураження вінців є просвіти, на яких немає загальної та питомої осначеності (у шарошкових долотах). Це означає, що вінці поблизу з просвітів працюватимуть у перенапруженому режимі й зносяться швидше від інших. При проектуванні схеми оснащення доліт слід урахувувати, що в кінцевих точках зубця відбувається велика концентрація напружень, внаслідок чого відбувається прискорений знос і навіть викришування. Для запобігання цьому явищу вінці слід розміщувати з деяким перекриттям, що збільшить питому осначеність в цих небезпечних зонах. На епюрах загальної та питомої осначеності це виглядало би як локальні максимуми.

У долотах окремих типів зубці на вінці розміщені не по радіусу, а повернуті відносно нього на певний кут α (рис. 3а). У такому разі на вісь загальної осначеності наноситься не довжина зубця, а його проекція. Проте для визначення загальної осначеності треба кількість зубців на вінці поділити на $\cos \alpha$, оскільки фактична загальна осначеність буде вищою порівняно з непервернутим положенням зубця. Питома осначеність визначається звичайним способом.

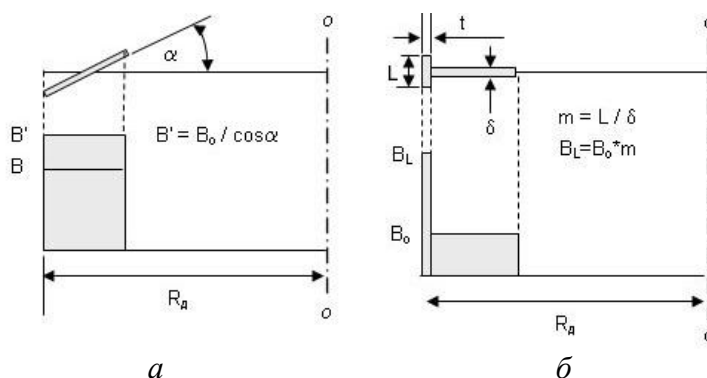


Рис. 3. Визначення осначеності: а – при діагональному розміщенні зубців; б – при Т-подібній формі різців, (α – кут повороту зубця відносно радіусу; B – загальна осначеність за кількістю зубців; B' – загальна осначеність з урахуванням її збільшення за рахунок повороту зубців відносно радіусу; R_d – радіус долота; L – довжина додаткового елемента, перпендикулярного до радіусу; t – ширина додаткового елемента; δ – притуплення радіального зубця; B_0 – загальна осначеність радіальної частини зубців; B_L – загальна осначеність додаткових елементів)

Якщо форма контактної поверхні зубця відрізняється від лінійної (наприклад, Т- або Г-подібна), такий вінець треба розглядати як два окремих (рис. 3б). Загальна осначеність радіальної частини вінця визначається фактичною кількістю зубців на вінці. Для додаткового елемента (перпендикулярного до радіуса), слід визначити відношення його довжини до ширини (площинки притуплення) зубця. У таку кількість разів загальна осначеність додаткового елемента перевищуватиме загальну осначеність радіальної частини.

В окремих долотах вінці складаються із зубців, в яких по чергову «забрано» ліву та праву частини. У такому разі їх слід розглядати як два окремих вінці. Це саме стосується випадків, коли центральний вінець має чотири та два зубця.

Висновки

1. Для оцінювання оснащення бурових доліт доцільно використовувати питому осначеність, яке є більш повною характеристикою порівняно з коефіцієнтом перекриття вибою.

2. Використання питомої оснащеності дає змогу в реальних долотах оцінити розподіл оснащеності по радіусу і прогнозувати можливість аномального зношення долота.

3. При конструюванні доліт використання питомої оснащеності дає змогу реалізувати раціональну схему розміщення елементів оснащення, що забезпечить їх рівномірне зношування і усуне конструктивні причини аномального зношення.

4. Аномальне зношення при рівномірній по радіусу питомій оснащеності (за винятком центральної і периферійної зон) спонукатиме до пошуку причин цього явища, не пов'язаних з конструкцією долота.

Надійшла 26.05.10

УДК 622.24.05:621.713.24

В. А. Корнута

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ СПОСОБУ ЗБИРАННЯ З'ЄДНАНЬ З НАТЯГОМ “ТВЕРДОСПЛАВНА ВСТАВКА–МАТРИЦЯ” НА ЇХ НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ.

The results of simulation are compared for pressure coupling constructions which are assembled in different ways. Reasons of advantage of the thermal assembling above assembling by “press in” are found out. Advantages of new construction are set.

У нафтогазовій промисловості використання інструменту з підвищеною стійкістю до зношування є важливим чинником економічності створення та якості кінцевої продукції. Один з найпоширеніших способів підвищення стійкості інструменту – армування його зносостійкими вставками/робочими органами. Найчастіше застосовується армування твердосплавними вставками.

Існує багато способів армування твердосплавними вставками, однак для бурових доліт, зважаючи на багаторічний досвід, найчастіше застосовують армування за допомогою з'єднань з натягом.

У дослідженнях [1] здійснено порівняння оптимізованих традиційної та трикомпонентної конструкції з'єднання “вставка–матриця” [2] армованих твердосплавними вставками робочих органів бурових доліт. Під час вивчення роботи з'єднань використовували спрощені геометричні моделі, що дало змогу побудувати та дослідити аналітично математичні моделі. Усі моделі базувались на припущеннях про нескінченну/достатню довжину з'єднання, абсолютно пружні матеріали деталей та гладкість поверхонь циліндрів. За результатами досліджень встановлено принципову перевагу трикомпонентної конструкції порівняно з двокомпонентною.

Проте спрощені моделі не дають змоги встановити можливість складання та стійкість до експлуатаційних навантажень моделей із геометрією та властивостями матеріалів, наближеними до реальних конструкцій. З огляду на це для подальшого вивчення роботи з'єднання необхідно побудувати моделі створення та розбирання дво- та трикомпонентних з'єднань різними способами (механічне запресовування/розпресовування, термічне складання – механічне розпресовування). Схожі завдання з використанням методу скінченних елементів (МСЕ) розв'язували як вітчизняні так і зарубіжні дослідники [3 – 8].

З'єднання “зубець – шарошка” створюють “термічним” або “холодним” способом. “Термічний” спосіб означає, що перед створенням з'єднання одну його деталь нагрівають або охолоджують з метою зміни розмірів. “Холодним” способом називається збирання двох деталей пресом за однакової кімнатної температури.