

ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМУ БУРІННЯ

А.І.Волобуєв, М.М.Сленко

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42153,
e-mail: drill@nung.edu.ua

Рассматривается возможность использования накопленных данных об отработке долот в ранее пробуренных скважинах для оптимизации режимных параметров при роторном бурении на стадии проектирования. Особое внимание уделяется оптимизационным расчетам для абразивных пород, так как по имеющейся информации непосредственно воссоздать характер изменения механической скорости во времени невозможно. Подаются структурные блок-схемы компьютерных расчетов для малоабразивных и абразивных пород. Статья может быть полезна специалистам, занимающимся составлением проектов на бурение скважин и оптимизацией режимных параметров.

The paper deals with the possibility of using data for drilling bit wear in the previously drilled wells for optimization of the operating conditions when using rotary drilling at the design stage. Special attention is paid to the optimization calculations for abrasive rocks as the available information doesn't make it possible to re-create the character of the mechanic speed in time as such. Presented are the structural flow charts of the computer calculations for semi abrasive and abrasive rocks. The paper can be helpful for specialists engaged in creating of drilling wells projects and are concerned with optimization of drilling parameters.

Комп'ютеризація інформаційної галузі в бурінні призвела до того, що в багатьох бурових підприємствах створено банки даних про долота, що були відпрацьовані в раніше пробурених свердловинах. Але використання цієї інформації для покращання показників буріння знаходиться на початковому рівні. У кращому випадку до неї звертаються для розрахунку потреби в долотах, орієнтовного часу буріння певного інтервалу тощо. Разом з тим, є всі підстави вважати, що ця інформація може бути ефективно використана для оптимізації режимних параметрів на стадії проектування [1, 2].

Головним критерієм оптимальності вважається вартість одного метра буріння. Певний інтерес викликає і рейсова швидкість як суто технологічний показник, який не містить вартісних складових. Тому змістом оптимізаційних розрахунків має бути вибір таких комбінацій режимних параметрів (навантаження на долото і швидкість обертання), при яких критеріальні показники будуть найкращими.

Алгоритм розрахунків залежить від абразивності порід, яка впливає на характер зміни в часі механічної швидкості буріння. В породах малоабразивних механічна швидкість практично не змінюється протягом усього рейсу, оскільки озброєння не зношується. В абразивних породах внаслідок затуплення озброєння механічна швидкість зменшується і може дійти до нуля.

У першому випадку (малоабразивні породи) для розрахунків потрібні дві базові залежності: $v_m(P, n)$ і $T(P, n)$, де v_m – механічна швидкість буріння; T – ресурс опор долота; P і n – відповідно навантаження на долото і швидкість його обертання. Задаючись різними комбінаціями P і n , можна отримати очікувані значення v_m і T та відповідні значення проходки за рейс ($H = v_m \cdot T$) і рейсової швидкості

$$v_p = \frac{H}{T + T_{don}}, \quad (1)$$

де T_{don} – час на усі допоміжні операції разом з СПО.

При відомій вартості долота (C_d) і однієї години експлуатації бурової установки (C_e) можна визначити вартість 1 метра проходки.

$$C = \frac{C_e}{v_p} + \frac{C_d}{H}. \quad (2)$$

Структурно комп'ютерна програма для визначення вказаних показників належить до типу “цикл в циклі” на двох рівнях – по навантаженню і швидкості обертання (рис. 1).

В абразивних породах показники рейсу залежать не тільки від комбінації режимних параметрів, але і від тривалості довбання, оскільки механічна швидкість зменшується в часі і проходка за рейс при однакових режимних параметрах теж буде різною. Тому відповідна комп'ютерна програма повинна бути типу “цикл в циклі” вже на трьох рівнях – по швидкості обертання (зовнішній цикл), по навантаженню (середній цикл) і по часу буріння (внутрішній цикл). Алгоритм зображено на рис. 2.

Щодо інформаційної забезпеченості наведених алгоритмів, слід зазначити, що для реалізації першого (малоабразивні породи) ми маємо практично всю необхідну інформацію в картках відробки долот. До неї треба додати лише залежності $v_m(P, n)$ і $T(P, n)$, в яких емпіричні коефіцієнти можуть уточнюватись з надходженням нової інформації.

Реалізація алгоритму для абразивних порід ускладнюється тим, що в математичну модель входять величини, яких промислова інформація, як правило, не містить. Їх треба визначати непрямими методами. Зокрема, йдеться про

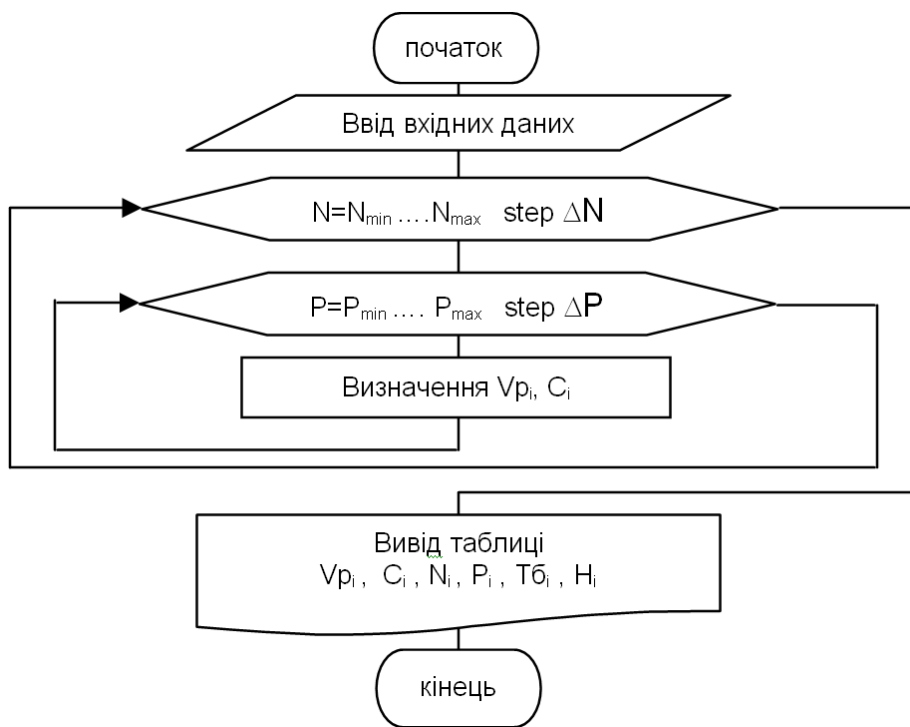


Рисунок 1 — Алгоритм оптимізаційної програми для малоабразивних порід

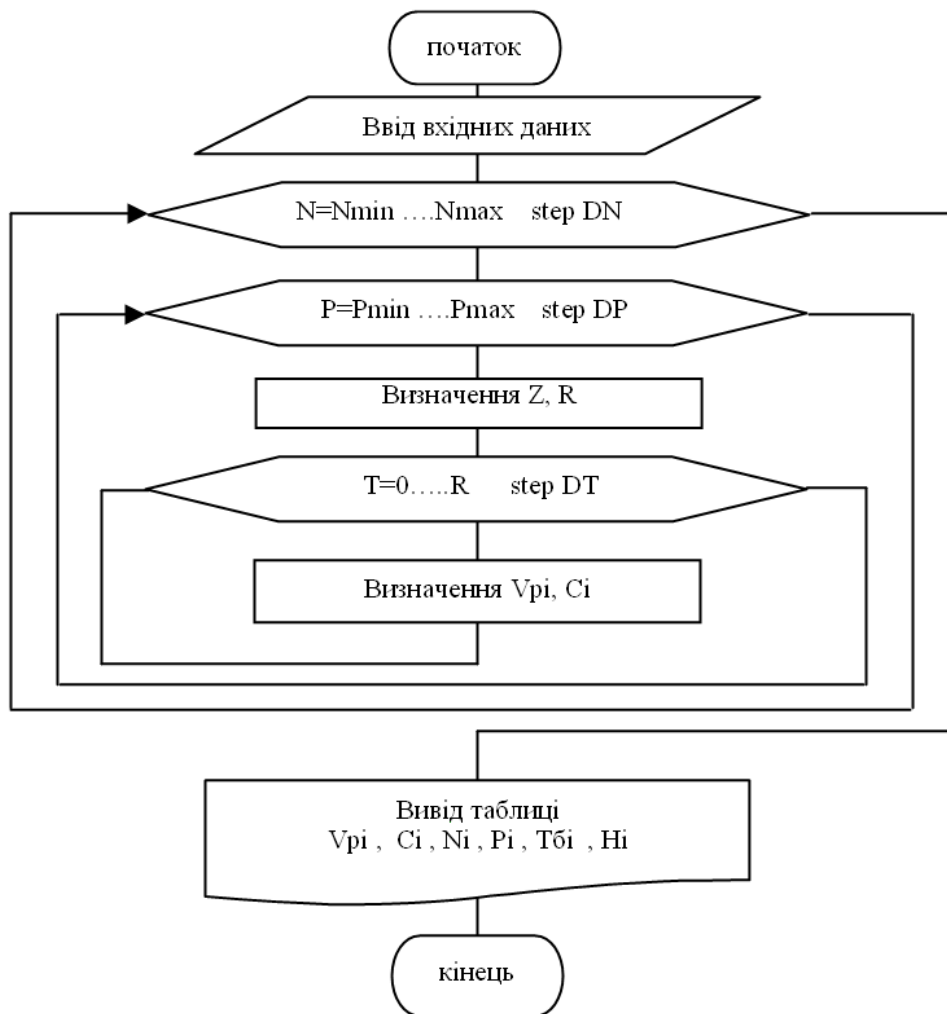


Рисунок 2 — Алгоритм оптимізаційної програми для абразивних порід

залежність механічної швидкості буріння від часу роботи долота – $v_m(T)$.

Багато авторів вважають, що ця залежність є експоненціальною і може бути апроксимована формулою

$$v_m = v_0 \cdot e^{-zt}, \quad (3)$$

де: v_0 – початкова швидкість буріння; z – показник експоненти; t – час буріння; e – основа натурального логарифму.

Якщо за час буріння t механічна швидкість від v_0 знизилась до v_k (кінцева швидкість), то проходка за цей час буде дорівнювати

$$h = \frac{v_0 - v_k}{z}. \quad (4)$$

З карток відробки доліт відомо лише тривалість додання (t), проходка (h) та їх похідна – середня за рейс механічна швидкість буріння (v_{cp}), звідки можна записати

$$h = v_{cp} \cdot t. \quad (5)$$

Прирівнявши праві частини формул (4) і (5), отримаємо

$$\frac{v_0 - v_k}{z} = v_{cp} \cdot t. \quad (6)$$

У цьому рівнянні ліва частина складається з трьох невідомих. Для точного визначення цих невідомих треба мати систему з трьох рівнянь. Але такої інформації в промислових даних немає. Тому окремими величинами треба задаватись, опираючись на практичний досвід.

Найкраще для цього підходить кінцева швидкість (v_k). По-перше, цією інформацією володіють виробники. А по-друге, якщо з якихось причин провести опитування неможливо, можна з певною ймовірністю припустити, що вона (v_k) близька до нуля (якщо, звичайно, не здійснюється раціональна відробка доліт за критерієм мінімуму вартості 1 метра проходки).

Тепер з двох невідомих, що залишились, треба задатися ще одним. Порівняльний аналіз свідчить на користь початкової швидкості (v_0), оскільки визначення показника експоненти (z) без хронометричних спостережень неможливе. Крім того, слід врахувати, що z є показником ступеня і його вплив на результати обчислень значно більший, ніж множника v_0 .

Щодо початкової швидкості v_0 , то її наближене значення теж можна з'ясувати шляхом експертного опитування практиків. Виходячи з наявної промислової інформації, логічно визначити v_0 через середню за рейс механічну швидкість буріння (v_{cp}). Співвідношення цих швидкостей залежить від абразивності порід. Якщо позначити

$$K = \frac{v_0}{v_{cp}}, \quad (7)$$

то “ K ” буде збільшуватись із збільшенням абразивності. При зменшенні механічної швидкості за лінійним законом, співвідношення на-

буває найменшого значення і дорівнює двом, але, реально, воно є більшим.

Під час експертного опитування стосовно v_0 слід мати на увазі, що у виробничників початкова швидкість асоціюється з реальною швидкістю на початку рейсу, тоді як у формулу входить уявна швидкість, якої насправді не існує.

Відомо, що експлуатація долота починається з його обкатки на послабленому режимі з поступовим виведенням на робочий режим. Реальна зміна механічної швидкості на цьому етапі відбувається не за вибраним експоненціальним законом. Тому експертна оцінка початкової швидкості буде, як правило, нижчою ніж та, що входить у формулу.

Таким чином, задавшись кінцевою і початковою швидкостями (v_k і v_0), можна визначити показник експоненти z :

$$z = \frac{v_0 - v_k}{h}, \quad (8)$$

або

$$z = \frac{\ln v_0 - \ln v_k}{t_0}. \quad (9)$$

Тепер можна приступати до прогнозування поточних значень механічної швидкості буріння і решти показників рейсу при незмінних режимних параметрах, що є змістом внутрішнього циклу (за часом).

Оскільки величини v_k і v_0 приймаються наближеними, доцільно дослідити їх вплив на адекватність математичної моделі. Для цього візьмемо такі промислові дані: проходка за рейс – 40м; час буріння – 20 год.; відповідна середня за рейс механічна швидкість буріння – 2 м/год.

Приймаємо значення кінцевої механічної швидкості – 0,1; 0,01; 0,001 м/год. Відношення початкової швидкості до середньої (K) – 2,5; 3; 4; 5.

Знайдемо поточні значення механічної швидкості і проходки з різними комбінаціями v_k і K .

З таблиці видно, що при $v_k = 0,01$ м/год. проходка за 20 годин наближається до реальної (40 м) із збільшенням v_0 . При $K = 2,5$ $H = 36,77$ м (варіант 1), а при $K = 5$ $H = 39,77$ м (варіант 4). Наближення також спостерігається із збільшенням v_k , хоча його вплив менш помітний. Так, при $K = 4$ і $v_k = 0,001$ м/год. $H = 39,27$ м (варіант 6); при $v_k = 0,01$ м/год. $H = 39,3$ м (варіант 3); а при $v_k = 0,1$ м/год. $H = 39,73$ м (варіант 5).

Таким чином, з варіантів 1-6 видно, що вибрана математична модель дає занижені результати стосовно проходки. Можна припустити, що це є результатом накладання періоду “обкатки” долота, де зміна механічної швидкості в часі не відповідає експоненціальній залежності. Але ця неадекватність може бути суттєво скомпенсована введенням поправочного

Таблиця 1 – Результати перевірки математичної моделі на адекватність

Варіант розрахунку	K	v_0	v_k	z	H	Примітка
1	2,5	5	0,010	0,12475	36,77	
2	3	6	0,010	0,14975	38,06	
3	4	8	0,010	0,19975	39,31	
4	5	10	0,010	0,24975	39,77	
5	4	8	0,100	0,19750	39,73	
6	4	8	0,001	0,19997	39,27	
7	3	6	0,100	0,14000	40,14	$\delta = 1,05$
8	3	6	0,010	0,14200	39,64	$\delta = 1,05$

коефіцієнта більшого за одиницю. Варіанти 7 і 8 виконано з коефіцієнтом $\delta = 1,05$. Як видно з результатів, найкраща збіжність спостерігається при $K = 3$ і $v_k = 0,1$ м/год.; відхилення з проходки складає 0,35%. Непогані результати при $K = 3$ і $v_k = 0,01$ м/год.; відхилення – 0,9%.

Таким чином, якщо немає додаткової промислової інформації, можна рекомендувати прогнозування за умов: $K = 3$ (тобто $v_0 = 3v_{cp}$), $v_k = 0,1$ і поправочний коефіцієнт $\delta = 1,05$.

Придатність цих рекомендацій перевірялася шляхом накладання прогнозованих залежностей $v_m(T)$ на реальні, які раніше було отримано під час хронометражних спостережень. В однорідних за буримістю інтервалах збіжності реальних і прогнозованих результатів була доволі високою. Відхилення спостерігалися лише у випадку, коли протягом рейсу зустрічалися породи з різною буримістю, що свідчить про необхідність прив'язки прогнозування до конкретних інтервалів буримості.

Література

1 Волобуев А.И., Слепко М.Н., Мельник М.М., Сельващук О.П., Буняк Б.Т. Результаты промысловых наблюдений за влиянием режимных параметров на стойкость опор шарошечных долот. // Научно-технический информационный сборник «Нефтегазовая геология, геофизика и бурение» ВНИИОЭНГ нефт. промышл. – 1984. – № 2. – С. 30.

2 М.А.Мыслюк, Р.И.Стефурак, И.И.Рыбчич, Ю.М.Василюк. Совершенствование технологии обработки трехшарошечных долот при роторном бурении скважин. – М.: ОАО «ВНИИ-ОЭНГ», 2005.

II Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених

ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГО-ЕФЕКТИВНОСТІ В НАФТОГАЗОВОМУ КОМПЛЕКСІ

м.Гурзуф (АР Крим) Санаторій „Гурзуфський”
(24 – 27 вересня 2007 р.)

Оргкомітет конференції

ДП „Науканафтогаз”
03035, м. Київ, вул. Урицького 45

Дем'янчук Олег Васильович
Тел./факс: (044) 585 02 13

Тематика конференції:

- Геологія нафти і газу, геофізичні методи досліджень
- Розробка нафтових та газових родовищ, буріння свердловин
- Транспортування нафти і газу, автоматизовані системи керування
- Енергозберігаючі технології, альтернативні джерела енергії, екологічні проблеми
- Економічні дослідження в нафтогазовій галузі