

Енергетика, контроль та діагностика об'єктів нафтогазового комплексу

УДК 602.9 (622.24)

ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБЕРТОВОГО БУРІННЯ СВЕРДЛОВИНИ РІЗНИМИ СПОСОБАМИ

І.І.Чудик, В.Р.Осадця

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42002
e-mail: chudoman@ukr.net*

Приведен анализ расхода механической энергии при бурении скважин различными способами с целью определения оптимальных соотношений между параметрами режима бурения, конструкцией скважины, мощностью привода вращения долота, а также насосов для подачи бурового раствора, что приведет к сокращениям себестоимости и энергоёмкости метра проходки. Намечены перспективы дальнейших исследований в данном направлении буровых долот.

The analysis of mechanical energy expense by different ways well drilling with the aim of optimum ratio determination between drilling technique parameters, well design, bit rotation drive power and mud pump power is advanced. It will reduce prime cost and power intensity of penetration per meter.

У процесі поглиблення свердловини гірська порода може руйнуватися довантаженням, свердлінням або стиранням. Кожному із цих видів руйнування відповідають основні методи буріння: ударне, обертове, ударно-обертове і дробове. Найбільше застосування одержало обертове буріння за якого циліндричний стовбур свердловини формується долотом, що руйнує гірську породу шляхом одночасної дії осьового навантаження, спрямованого перпендикулярно до площини вибою, і крутного моменту. Розбурені частинки шламу при цьому безупинно виносяться на поверхню циркулюючим буровим розчином.

Розрізняють такі способи обертового буріння:

- 1) роторне – за якого двигун, що приводить в обертання долото на вибої за допомогою колони бурильних труб, перебуває на поверхні;
- 2) вибійне – використовуються двигуни, розташовані на вибої свердловини, над долотом (турбобур, гвинтобур, електробур).

Під ефективністю руйнування гірської породи розуміють його об'ємний вид з однократним прикладанням навантаження, за мінімальної питомої енергії. Ефективність при цьому, в основному, залежить від відповідності характе-

ристик привода долота механічним властивостям гірських порід у вибійних умовах, міцності і довговічності бурильної колони, кількості та якості бурового розчину, типорозміру породоруйнівного інструменту та інших техніко-технологічних і геологічних чинників.

У процесі поглиблення вибою свердловини незалежно від способу буріння витрачається енергія на руйнування гірської породи, на коливаннями долота, бурильної колони, КНБК, механічне тертя та інші процеси в свердловині (рис. 1). До породоруйнуючого елемента при цьому доходить надзвичайно мала частка енергії, яка затрачається на весь процес буріння. Оскільки на сьогодні вартість енергоносіїв значно підвищилася, проблема енергоефективного виконання бурових робіт стала актуальною не лише в Україні, але й за кордоном. Отже, визначення шляхів зменшення непродуктивних втрат енергії та розроблення найменш енергомісткого способу обертового буріння свердловин є на сьогодні актуальним завданням, яке потребує вирішення.

На ефективну роботу вибійних приводів долота витрачається енергія, яка визначається за формулами:

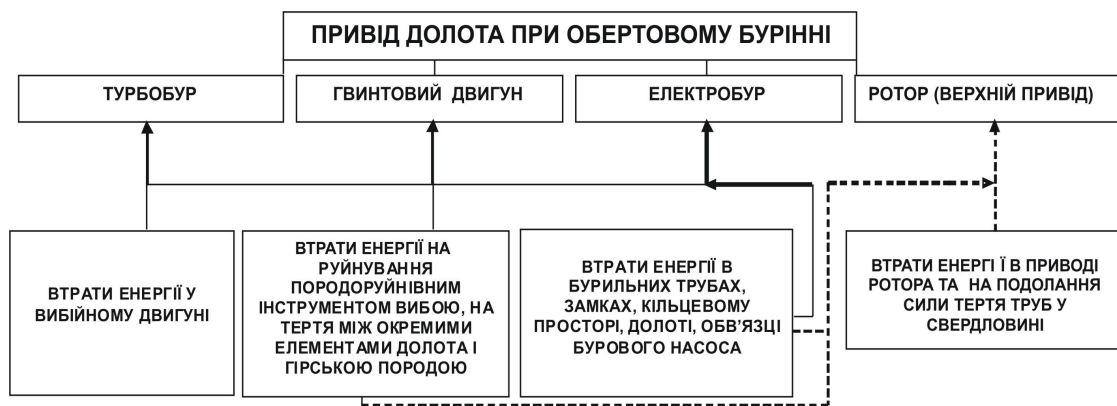


Рисунок 1 – Розподіл енергозатрат за різних способів обертowego буріння

Таблиця 1 – Значення емпіричного коефіцієнта С

Параметр	Кут викривлення свердловини, градус					
	0	3-5	6-9	10-16	18-25	26-35
С	$18.8 \cdot 10^{-8}$	$22.6 \cdot 10^{-8}$ $28.8 \cdot 10^{-8}$	$30.8 \cdot 10^{-8}$ $34.3 \cdot 10^{-8}$	$35.2 \cdot 10^{-8}$ $40.3 \cdot 10^{-8}$	$41.5 \cdot 10^{-8}$ $46.6 \cdot 10^{-8}$	$47.5 \cdot 10^{-8}$ $52.2 \cdot 10^{-8}$

$$E_T = Q_T \cdot P_T \cdot t \quad (1)$$

$$E_{ГВД} = Q_{ГВД} \cdot P_{ГВД} \cdot t \quad (2)$$

$$E_E = U \cdot I \cdot t, \quad (3)$$

де: Q_T і $Q_{ГВД}$ – подачі насосів, за яких гідравлічні вибійні двигуни мають найбільшу потужність [відповідно турбобур і гвинтовий вибійний двигун (ГВД)].

P_T і $P_{ГВД}$ – значення втрат тиску в гідравлічних вибійних двигунах за відповідних подач насоса.

t – час роботи вибійного двигуна (або час буріння).

U і I – напруга і сила струму під час роботи електробура.

При роторному способі буріння (а також для верхнього привода) велика частка енергії (окрім на руйнування породи) витрачається на подолання сил тертя бурильних труб за стінками свердловини та буровим розчином, а також в передачах привода ротора. При цьому енергозатрати визначаються:

$$E = (N_{x.o.} + N_{np}) \cdot t, \quad (4)$$

де $N_{x.o.}$ і N_{np} – потужності двигунів, необхідні для подолання сил опору відповідно холостого обертання колони труб у свердловині та в системі привода ротора за даного способу буріння.

Для спрощеного розрахунку $N_{x.o.}$ і N_{np} використовуються формули Федорова (5) і Плюща (6) відповідно [2]:

$$N_{x.o.} = C \cdot \rho_{бр} \cdot d_{БТ}^2 \cdot L_{БТ} \cdot n^{1.7}, \quad (5)$$

де: $\rho_{бр}$ – густина бурового розчину, кг/м³;

$d_{БТ}$, $L_{БТ}$ – зовнішній діаметр бурильної колони і її довжина, м;

n – частота обертання бурильної колони, об/хв;

C – емпіричний коефіцієнт (табл. 1).

$$N_{np} = k \cdot n^{1.5}, \quad (6)$$

де $k=(0,031 \div 0,017)$ для діапазону зміни $n=(50 \div 200)$ об/хв.

При порівнянні енерговитратності вищевказаних способів обертowego буріння свердловини враховано також процес її промивання: (втрати гідравлічної енергії в бурильній колоні, кільцевому просторі, бурильних замках, долоті).

$$E_{зідр} = N_{зідр} \cdot t, \quad (7)$$

де $N_{зідр}$ – втрати гідравлічної потужності на промивання свердловини.

$$N_{зідр} = Q_i \cdot \sum_{i=1}^k P_i, \quad (8)$$

де P_i – втрати тиску в елементах циркуляційної системи при подачі насоса Q_i .

З метою встановлення енерговитратності кожного із вищевказаних способів обертowego буріння свердловини проведемо розрахунки за такими вихідними даними:

Довжина бурильної колони: $L_{БК} = 2000$ м
(в тому числі ОБТ): $L_{ОБТ} = 200$ м

Діаметри бурильних труб ТБПВ
і ОБТ: $D_{БТ} = 0.114$ м, $D_{ОБТ} = 0.146$ м

Товщини стінок бурильних труб
і ОБТ: $\delta_{БТ} = 0.01$ м, $\delta_{ОБТ} = 0.035$ м

Діаметр долота: $D_{дол} = 0.2159$ м

Внутрішній діаметр і довжина проміжної колони: $D_{np} = 0.225$ м, $L_{np} = 1200$ м

Таблиця 2 – Техніко-технологічні параметри вибійних засобів обертання долота в процесі буріння свердловини

Тип двигуна	Шифр двигуна	Q, м ³ /с	P, МПа	U, В	I, А	M _{об} , Нм	ККД, %	ω, хв ⁻¹
Турбобур	ТС5Е-172	0,02	4,0	-	-	800	53,0	500
ГВД	Д2-172М	0,025	5,4	-	-	3570	40,0	144
Електробур	Е170-8МР	-	-	1000	59	(2÷4)·10 ³	65,0	220

Діаметр кабелю живлення електробура і муфти з'єднання до нього:

$$d_{\text{каб}} = 0.028\text{м}, d_M = 0.052\text{м}$$

Довжина бурильної труби: $l_{\text{БТ}} = 12\text{м}$

Довжина муфти електричного кабелю: $l_M = 0.5\text{м}$

Густина бурового розчину: $\rho_{\text{ор}} = 1200\text{кг/м}^3$

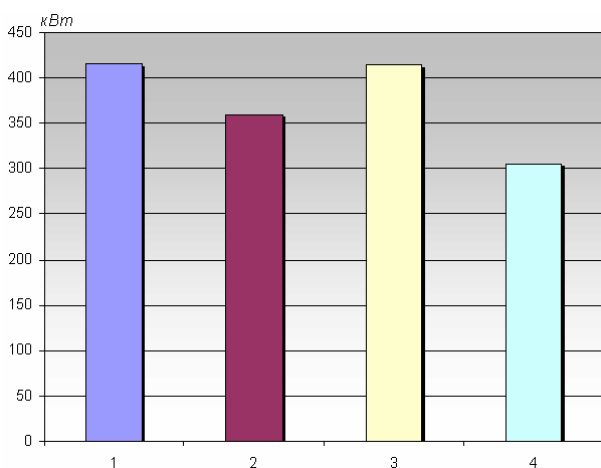
Кут викривлення свердловини (усереднений): $\alpha = 10^0$

Коефіцієнт кавернозності: $K_{\text{кав}} = 1.05$

Подача насоса для роторного способу буріння: $Q = 0.02\text{м}^3/\text{с}$.

Висновки

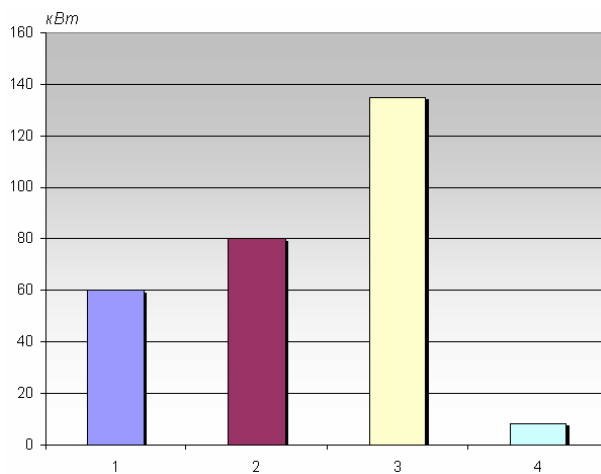
1. За результатами проведених розрахунків згідно діаграми зміни затрат загальної потужності (рис. 2) (з метою забезпечення обертання долота, руйнування гірської породи, промивання свердловини) за різних способів буріння встановлено, що найбільш енергоємним видом є електробуріння і використання гідравлічних вибійних двигунів – ГВД і турбобура. Роторний спосіб характеризується найменшими показниками споживаної потужності порівняно з іншими видами буріння (на 30% меншими від електробуріння і ГВД).



1 – електробур; 2 – турбобур; 3 – ГВД; 4 – ротор

Рисунок 2 – Діаграма сумарних втрат потужності у процесі обертального буріння свердловини різними способами

2. За результатами розрахунків у процесі буріння свердловини різними способами, найбільш енергоємним приводом долота виявився ГВД, споживана потужність якого у двічі більша ніж електробура, в 1,5 рази – від турбобура та в 16 разів – від холостого обертання бурильної колони в свердловині і в передавальних механізмах бурового ротора (рис. 3).



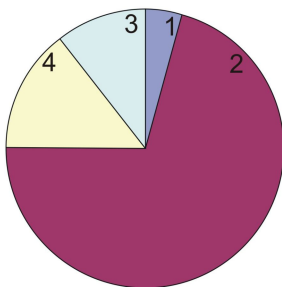
1 – електробур; 2 – турбобур; 3 – ГВД; 4 – холосте обертання бурильної колони

Рисунок 3 – Діаграма споживання потужності у процесі обертального буріння свердловини різними засобами

3. Згідно з діаграмами споживання електроенергії (рис. 4 – 7) встановлено, що затрати потужності на подолання гідравлічних опорів в бурильній колоні, її з'єднаннях, вибійному двигуні (ГВД, турбобур) для приводів бурового станка є найбільшими і складають від 55 до 70% від загальної; вибійними двигунами споживається від 15 до 40%; на промивання долота і руйнування гірської породи – менше 15%.

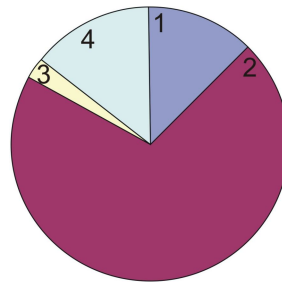
4. Найбільш ефективним для використання з точки зору енергозатрат у процесі буріння свердловини, є роторний спосіб буріння за якого обертання бурильної колони ротором витрачається найменше потужності.

5. Шляхами зменшення енергетичних затрат у процесі буріння свердловини є: управління процесом промивання свердловини і подачею насоса по величині механічної швидкості буріння; використання бурильних труб з оптимальним співвідношенням надійності і гідравлічного опору; відмова від гідромоніторних доліт, електробуріння, використання турбобурів.



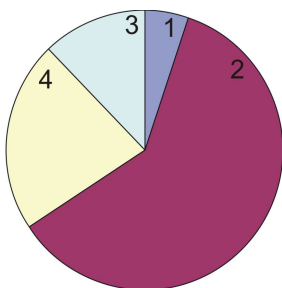
1 – енергія, витрачена на руйнування гірської породи; 2 – втрати гідравлічної енергії під час промивання свердловини (окрім долота); 3 – електроенергія, спожита під час роботи електробура; 4 – втрати гідравлічної енергії на промивання долота

Рисунок 4 – Діаграма споживання енергії у процесі буріння електробуром



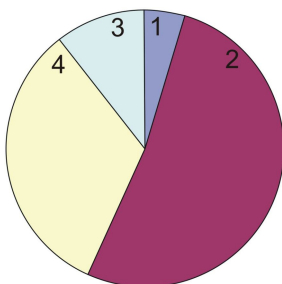
1 – енергія, витрачена на руйнування гірської породи; 2 – втрати гідравлічної енергії під час промивання свердловини (окрім долота); 3 – втрати механічної енергії під час обертання бурильної колони; 4 – втрати гідравлічної енергії на промивання долота

Рисунок 7 – Діаграма споживання енергії у процесі буріння роторним способом



1 – енергія, витрачена на руйнування гірської породи; 2 – втрати гідравлічної енергії під час промивання свердловини (окрім долота); 3 – втрати гідравлічної енергії у турбобурі; 4 – втрати гідравлічної енергії на промивання долота

Рисунок 5 – Діаграма споживання енергії у процесі буріння турбобуром



1 – енергія, витрачена на руйнування гірської породи; 2 – втрати гідравлічної енергії під час промивання свердловини (окрім долота); 3 – втрати гідравлічної енергії у вибійному двигуні; 4 – втрати гідравлічної енергії на промивання долота

Рисунок 6 – Діаграма споживання енергії у процесі буріння ГВД

Література

1 Симонянц Л.Е. Разрушение горных пород и рациональная характеристика двигателей для бурения / Л.Е. Симонянц. – М.: Недра, 1966. – 266 с.
 2 Федоров В.С. Практические расчеты в бурении / В.С. Федоров, В.Г.Беликов, Ф.Д.Зенков и др. – М.: Недра, 1966. – 600 с.