

Литература

1. Будюков Ю. Е., Белов М. А. Зарубежные и отечественные конструкции съемных коронок для бурения геологоразведочных скважин при разведки твердых полезных ископаемых // М., – 1989 – С. 27
2. Буркин Л. Г. Методика расчета затрат времени на спуско-подъемные операции (СПО) // «Методика и техника разведки» –1980.– № 134.–С. 34-43.
3. Отраслевые нормы времени на бурение геологоразведочных скважин с креплением снарядов со съемными керноприемниками ССК-59 и КССК-76. // М. – ВИЭМС – 1984.
4. Оницин В. П., Холлуэй Л. Испытания съемного породоразрушающего инструмента в условиях знакопеременных нагрузок/ Сборник 3-й Международный симпозиум по бурению скважин в осложненных условиях.– 1997. – С. 124.

Поступила 04.06.10

УДК 622.243.272

Є. І. Крижанівський д-р техн. наук., член-кор. НАН України,
І. В. Воєвідко д-р техн. наук., **І. І. Чудик** канд. техн. наук

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ РОБОТИ НЕОРІЄНТОВАНИХ КОМПОНОВОК НИЗУ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ

New and simple construction of special technical tool and mathematical model of nonoriented bottom drilling string assemblies on its base have been offered. This construction use to ensure design profile parameters during drilling slant portion of the deviated and horizontal well in condition of hole roundness loss. In base of analytical research have been specified that this technological solution allows to ensure required path and technical – economic performances well drilling with using assemblies with least number of support - centring elements in condition of caving.

Нині в Україні гостро постала проблема нафтогазовилучення із покладів, зосереджених на глибинах понад 5000 м, у зонах континентального шельфу та гірській місцевості. Важкодоступність родовищ зумовлена насамперед, складними гірничо-геологічними умовами буріння та відсутністю адаптивного до них техніко-технологічного забезпечення. Незважаючи на це єдиним способом реалізації таких проектів залишається спорудження спрямованих свердловин складних просторових профілів (похило-спрямованих і горизонтальних).

При бурінні зазначених свердловин важливу роль відіграє міцність стінок стовбура свердловини, що залежить від режимів прокачування та якості промивальних рідин, конструкції, режимів спуску і обертання бурильної колони (БК), інтенсивності виконання спуско-підіймальних операцій. Форма поперечного перерізу стовбура свердловини, його локальні викривлення, жолобні виробки і каверни на стінках [1] часто стають причинами заклинювань, затяжок та прихоплень БК, її передчасного зношення і втрати проектної траєкторії буріння через неспроможність компоновок низу бурильної колони (КНБК) [2, 3] забезпечити долоту потрібну траєкторію руху.

До складу КНБК обов'язково включають опорно-центрувальні елементи (ОЦЕ), геометричними розмірами і місцем розташування яких регулюють відповідне відхильне зусилля. Проте під дією великих поперечних сил, ОЦЕ притискаються до стінки свердловини, що зумовлює появу значних контактних тисків у місцях їх взаємодії із стінками свердловини. Вна-

слідок цього виникають сили опору осевого переміщення компоновки у стовбурі свердловини, які зменшують осеве навантаження на долото та ефективність поглиблення вибою. Необхідна для їх подолання енергія розраховується за формулою

$$E_{\text{КНБК}} = \sum_{i=1}^n F_{\text{ОС.ОП}} \cdot h_{\text{БВП}}, \quad (1)$$

де $F_{\text{ОС.ОП}}$ – сила опору осевого переміщення КНБК у стовбурі свердловини, $h_{\text{БВП}}$ – довжина інтервалу буріння.

Сили опору осевого переміщення КНБК у стовбурі свердловини для безопорної компоновки визначаються так:

$$F_{\text{ОС.ОП}} = q \cdot L_{\text{БК}} \cdot \mu + A_{\text{дг}} \cdot S_{\text{К}}, \quad (2)$$

де μ – коефіцієнт тертя між КНБК і стінкою свердловини, q – вага погонного метра КНБК, $L_{\text{БК}}$ – довжина КНБК вище точки її відриву від стінки свердловини; $A_{\text{дг}}$ – показник міцності фільтраційної кірки на зсув, $S_{\text{К}}$ – площа контакту КНБК і фільтраційної кірки на ділянці $L_{\text{БК}}$.

Для компоновки з ОЦЕ – за аналогією:

$$F_{\text{ОС.ОП}} = F_{\text{РІЗ}_i} + \left[\sum_{i=1}^n R_i + q \cdot L_{\text{БК}} \right] \mu + A_{\text{дг}} \cdot S_{\text{К}}, \quad (3)$$

де $F_{\text{РІЗ}_i}$ – сила опору від втискання у стінку свердловини лопатей ОЦЕ [4], R_i – реакція на ОЦЕ.

Механічна енергія, яку необхідно підвести до долота з метою поглиблення вибою свердловини, розраховується за формулою:

$$E_{\text{ДОЛ}} = [M_{\text{ПІТ}} \cdot P + \Delta M] \cdot \omega \cdot \frac{h_{\text{БВП}}}{V_{\text{МЕХ}}}, \quad (4)$$

де ω – кутова швидкість обертання долота, $M_{\text{ПІТ}}$ – питомий момент на одиницю осевого навантаження на долото, P – осеве навантаження на долото, $V_{\text{МЕХ}}$ – механічна швидкість буріння, ΔM – збільшення моменту опору при обертанні долота на вибої свердловини, обумовлене його конструкційними особливостями.

Ураховуючи в (4) чинники (3), отримуємо

$$E_{\text{ДОЛ}}^* = [M_{\text{ПІТ}} \cdot [P - F_{\text{ОС.ОП}}] + \Delta M] \cdot \omega \cdot \frac{h_{\text{БВП}}}{V_{\text{МЕХ}}}. \quad (5)$$

Частка енергії, що витрачається на подолання сил осевого опору в КНБК з боку стінок свердловини відносно теоретично поданої енергії $E_{\text{ДОЛ}}$ на руйнування долотом гірської породи

$$\delta E = \frac{E_{\text{ДОЛ}} - E_{\text{ДОЛ}}^*}{E_{\text{ДОЛ}}} 100 \% . \quad (6)$$

З метою вивчення впливу кількості ОЦЕ в КНБК і окремих техніко-технологічних і гірничо-геологічних чинників (див. таблицю) на величину δE проведено аналітичні дослідження й отримано графічну залежність (рис. 1).

Вихідні дані для розрахунку КНБК

Кількість ОЦЕ в КНБК, шт	Діаметр долота, мм	Діаметр ОЦЕ, мм	Параметри турбобура ЗТСШ-172	Віддаль від долота до ОЦЕ, м	Осьове навантаження на долото, кН
1	215,9	215	EI=6650 кНм ² q=1300 Н/м	0	60
2		I-й і II-й: 215		I-й 0; II-й 11	
3		I-й, II-й і III-й: 215		I-й 0 II-й 11; III-й 13	

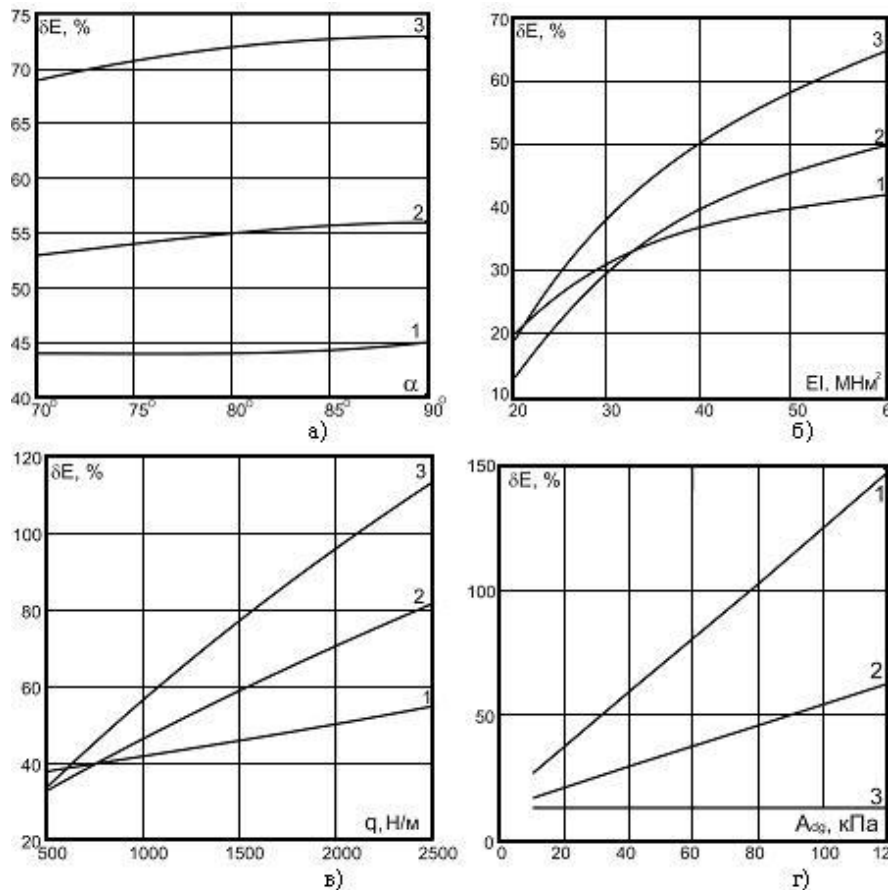


Рис. 1. Залежності зміни величини δE для КНБК від зенітного кута α , жорсткості на згин EI , ваги погонного метра q і показника липкості фільтраційної кірки A_{dg} : 1, 2, 3 – кількість ОЦЕ в КНБК

У результаті досліджень встановлено, що ОЦЕ спричинюють суттєвого зменшення осевого навантаження на долото й енергії, спрямованої на руйнування гірської породи вибою свердловини (від 15 до 80% і більше) (див. рис. 1). В окремих випадках ОЦЕ спричинюють заклинювання компоновки, зокрема при збільшенні зенітного кута (рис. 1а); ваги і жорсткості на згин КНБК (рис. 1б, в), кількості ОЦЕ, показника міцності фільтраційної кірки на зсув (рис. 1, г). Встановлено, що найбільш енерговитратними компоновками у плані їх використання при бурінні стабілізаційних ділянок ПСС і ГС є їх трьохпорні (й більше) конструкції. Адже при їх осевому переміщенні на подолання тертя між притиснутими ОЦЕ до стінок свердловини витрачається понад 80% енергії, спрямованої до долота. При цьому воно недоотримує потрібного осевого навантаження, і відповідно, зменшується механічна енергія, спрямована на руйнування ГП.

Для одно- та двоопорних конструкцій КНБК при довжині, співмірній з довжиною триопорної конструкції, характерна взаємодія її елементів зі стінками свердловини не лише в місцях розташування ОЦЕ, а й по твірній вибійного двигуна, де характерне адгезійне прилипання елементів компоновки до фільтраційної кірки. При порівнянні результатів досліджень встановлено, що лише при $A_{dg} > 10 \text{ кПа}$ (рис. 1, г) одно- та двоопорні КНБК чинять більший опір осевому їх переміщенню у стовбурі свердловини, ніж трьохпорні.

Для підвищення енергоефективності буріння (з використанням вибійних двигунів) стабілізаційних ділянок похило-скерованих і горизонтальних свердловин доцільно використовувати неорієнтовані КНБК на базі одного (чи двох) ОЦЕ, а також впроваджувати нові

підходи, які дають змогу зменшити вплив сил тертя на осьове навантаження і збільшити частку енергії на долоті, що спрямоване на руйнування ГП.

Існують такі способи скерованого буріння:

- використання закономірностей природнього викривлення свердловин;
- застосування технічних факторів;
- використання технологічних факторів (режимних параметрів буріння);
- застосування спеціальних способів руйнування породи;
- комбінований (використання комбінації зазначених способів).

Для енергоефективного використання КНБК авторами статті розроблений пристрій для буріння похило-скерованих свердловин (ПБПС), [5] з використанням комбінованого способу буріння. На (рис. 2,а) зображена схема ПБПС у робочому стані в компоновці з турбобуром, а на (рис. 2б) – поперечний розріз пристрою.

Розроблений пристрій складається з корпусу 1 і п'ятох лопатей 9 розмічених в пазах 10 рівномірно через 72° по колу. Корпус закріплений різьбовим з'єднанням через перехідник 7 на ніпелі турбобура 8. У внутрішній частині корпусу 1 розташована радіальна гумовометалічна опора 5, яка фіксується перехідником 7 і упором 6. У лопатях 2 виконані отвори 3 для розміщення в них пружин 2, які через опорні штоки 11, що з'єднані корпусом пристрою, притискають лопаті 9 до нижнього торця паза. У пазах корпусу виконані циліндричні отвори 12 під кутом до поперечного перерізу пристрою, що не перевищує зенітного кута свердловини, в якій повинен працювати пристрій. У лопатях 9 виконані отвори 14 такого самого діаметра під кутом 90° до осі пристрою, в яких встановлені кульки 13. У верхній частині лопатей 9 на різьбі встановлені регульовальні гвинти 4.

Механізм роботи розробленого пристрою такий. У складі КНБК пристрій опускають у свердловину. При створенні певного осьового навантаження в похилому стовбурі компоновка втрачає прямолінійність, прогинається, а після запуску турбобура під дією реактивного моменту ще й повертається у протилежну сторону від напрямку обертання долота. У цей момент нижні лопаті пристрою перебувають в розблокованому стані, оскільки зенітний кут свердловини більший від кута нахилу осей відповідних отворів корпусу, і кульки з них скочуються в отвори зазначених лопатей. При подальшому поглибленні вибою лопаті, що перебувають у фрикційній взаємодії з „лежачою” стінкою виробки, гальмуються нею, а корпус пристрою рухається разом з КНБК вздовж осі свердловини. Таким чином, нижні лопаті в пазах переміщуються вздовж корпусу, а відстань між опорними поверхнями лопатей та віссю пристрою збільшується, і турбобур посідає у свердловині ексцентричне положення зі зміщенням радіального зазору по відношенню до осі виробки. Отже, створюється відхиляюча сила на долоті в апсидальній площині (вертикальній площині, яка проходить через дотичну до осі свердловини), і внаслідок фрезеруючій здатності долота, свердловина починає викривлятися. Після припинення буріння БК відривається від вибою свердловини і переміщується вгору, а нижні лопаті пристрою за допомогою пружини повертаються у вихідне положення.

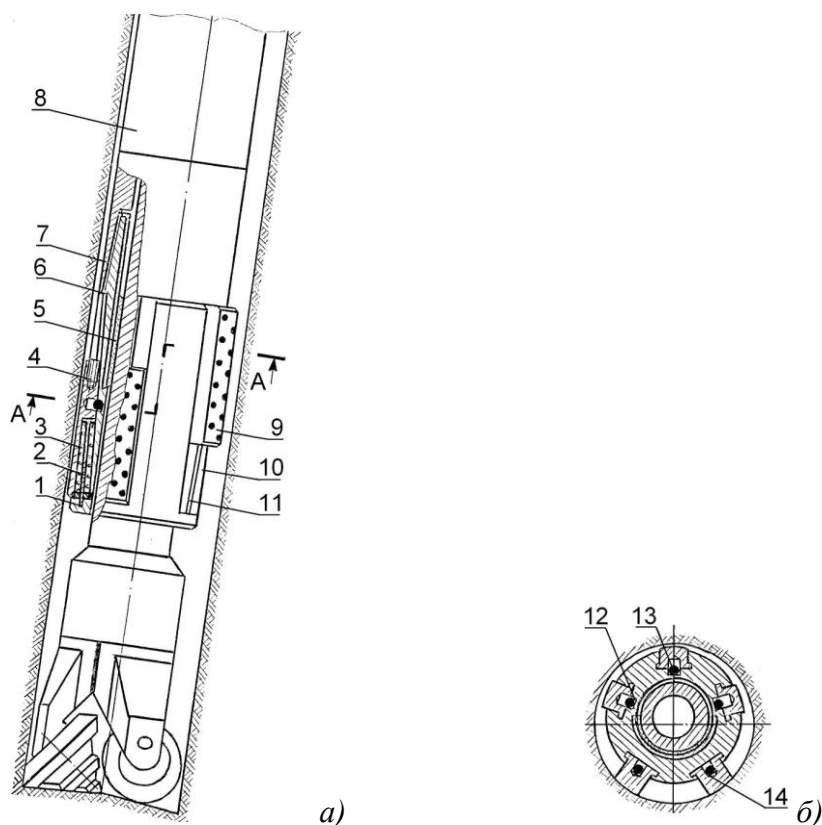


Рис. 2. Схема пристрою для буріння похило-скерованих свердловин у робочому стані в компонованні з турбобуром (а) і поперечний розріз пристрою (б)

Відомо, що при турбінному способі буріння зі зміною осьового навантаження на вибій, змінюються також як активний і реактивний моменти на турбобурі [2]. При зменшенні осьового навантаження на долото реактивний момент на турбобурі так само зменшується, а площина ексцентриситету повернеться за годинниковою стрілкою праворуч. У такому положенні КНБК буде орієнтована на збільшення азимуту свердловини. При збільшенні реактивного моменту на турбобурі внаслідок збільшення осьового навантаження на вибій, КНБК повернеться ліворуч і азимутальний кут просторового положення свердловини почне зменшуватися. Виходячи з експериментальних досліджень кута закручування БК за різних осьових навантажень, можна змінювати кут нахилу площини ексцентриситету по відносно апсидальної площини в діапазоні $\pm 30^\circ$.

Використання запропонованого пристрою в неорієнтованих КНБК забезпечує збільшення бокового зусилля на долоті, зменшує довжину діючої частини компоновок, кількість центраторів у них, імовірність прихоплення, гідравлічні опори в наддолотній частині та енергетичні затрати процесу буріння. Крім того, розширюються можливості використання неорієнтованих КНБК як відхилювача і ефективно забезпечуються параметри проектного профілю скерованих свердловин.

На цей момент розроблюється технічна документація на виготовлення пристрою і планується промислове випробування неорієнтованих КНБК, запроектованих з його використанням.

Література

1. Белов В. П. Образование каверн при бурении скважин. – М.: Недра, 1970. – 150 с.
2. Бурение наклонных и горизонтальных скважин. [А. Г. Калинин, Б. А. Никитин, К. М. Солодкий, Б. З. Султанов] – М.: Недра, 1997. – 651 с.
3. Работа бурильной колонны в скважине / [Б. З. Султанов, Е. И. Ишемгузин, М. Х. Шаммасов и др.] - Недра, 1973. – 217 с.

4. Чудик І. І. Врахування каверно- і жолобоутворення при проектуванні неорієнтованих КНБК / [І. І. Чудик, А. Р. Юрич, А. А. Козлов] // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2007. – № 2 (23). – С. 45-49.
5. Пат. 50920 А України, МПК⁷ Е21 В4/02. № 2001021348 Є. І. Крижанівський, І. В. Воевідко, І. І. Чудик Пристрій для похило скерованого буріння. Опубл. 15. 11. 2002. – Бюл: № 11.

Надійшла 31.05.10

УДК 622.24

Hu Yule¹, Doctor of engineering; **Zhang Hengchun¹**, Master of engineering; **Wu Shuiping²**

¹ China University of Geosciences, Wuhan, 430074

² Hubei Changjiang jingong material technology Co.Ltd, Ezhou, 436000, China

**AN EVALUATING AND DETECTING SYSTEM OF DIAMOND SAW
BLADES CUTTING PERFORMANCE
(МЕТОД ОЦЕНКИ СВОЙСТВА ВЫРЕЗАНИЯ ДИСКА С АЛМАЗНОЙ РЕЖУЩЕЙ
КРОМКОЙ И ЕГО ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА)**

Рассмотрены методы оценки остроты, рабочего ресурса и других свойств дисковой пилы с алмазной режущей кромкой при обработке каменных материалов, а также разработана контрольно-измерительная система для этих параметров.

Preface

Diamond circular saws are widely applied in cutting stone material, such as marble, granite, ceramics and concrete, and serve as a kind of main cutting tools in stone industry. Typical circular saws see fig. 1. It was reported that 70 percent of manmade diamond was used for producing saw, so how to improve saw's cutting efficiency, life and lower cost are a main studying direction at all time in saw industry.

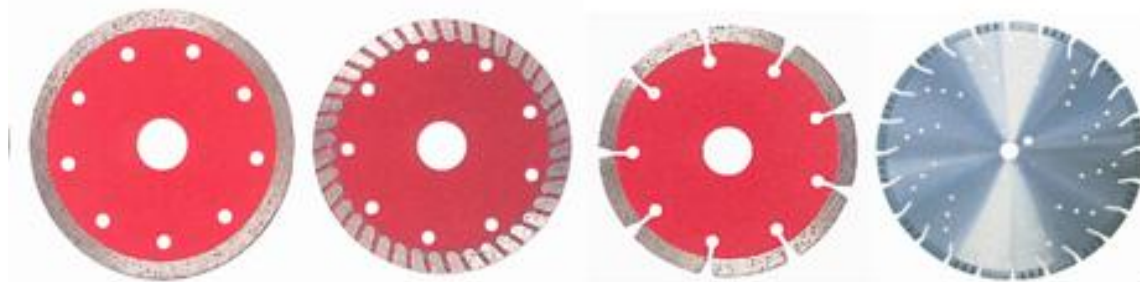


Fig. 1. Typical diamond circular saws

Evaluating method of cutting performance

We can say that working condition of saw is very bad. Good quality saw should have many advantages, such as high cutting efficiency, long life, low noise and less stone waste. Because the physical and mechanics property of natural stones is distinctly different in element, particle size, structure and origin, ability cut easily or difficultly of stones is obviously different. On the other hand, under the same operation condition and stone, efficiency of cutting and life of wearing also is quite different. For example, some saws have very long life up to several hundred of square meter, but some not enough for dozens of m². In a word, how to evaluate cutting performance of diamond saws is very significant. A kind of synthetically evaluation method was used in this paper by mixing with sharpness, cut areas, vibration and noise. Index of sharpness was characterized by cutting drag