

БУРІННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

УДК 622. 43. 92.

РОЗРАХУНОК КОМПОНОВОК ДЛЯ НАБОРУ ЗЕНІТНОГО КУТА СВЕРДЛОВИНИ НА БАЗІ ПРИСТРОЇВ ЗІ ЗМІННИМ РОБОЧИМ ПРОФІЛЕМ

І.В.Восвідко

ІФНТУНГ, 76019, м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42353, e-mail: public@ifitung.if.ua

Рассмотрены недостатки ориентируемых и неориентируемых компоновок. Изложены основные принципы разработки компоновок с применением устройств с изменяющимся рабочим профилем. Приведены графические зависимости для одно- и двухпорных компоновок такого типа, позволяющие оптимизировать их конструктивные параметры. Показаны преимущества использования нового типа компоновок по сравнению с традиционными.

Забезпечення попадання стовбура похилої свердловини в коло встановленого допуску є гарантією її успішного проведення. Ускладнення в процесі буріння, збільшення затрат часу на додаткові операції і, нарешті, невиконання свердловиною свого призначення – все це результати порушення проектного профілю. Специфіка робіт з буріння похилих свердловин зазвичай зводиться до керування траєкторією свердловини.

Викривлення свердловини на заданому інтервалі у відповідності з проектом її буріння проводять за допомогою спеціальних орієнтованих відхиляючих компоновок [1]. Відхиляючі компоновки розроблені переважно для буріння із застосуванням гідравлічних вибійних двигунів і вибираються залежно від геологічного розрізу, очікуваного стану стовбура свердловини і потрібної інтенсивності її викривлення. Різні конструкції компоновок на базі турбінних відхилювачів і кривих перехідників дають змогу провести інтервал набору зенітного кута з інтенсивністю до 3-4 і більше градусів на 10м проходки.

Одним із суттєвих недоліків орієнтованих компоновок слід вважати проблеми з орієнтацією такого типу КНБК в стовбурі свердловини [2, 3, 4, 5].

The defects of orientation and nonorientation drilling string assemblies are reviewed. The basic principles of elaboration drilling string assemblies with using devices with changing working profile are shown. The graphic dependences for drilling string assemblies of such type are shown, giving an opportunity to optimize their constructive properties. The advantages of using drilling string assemblies of a new type in comparison with traditional are shown.

На орієнтацію відхиляючої компоновки суттєво впливає глибина свердловини і її просторове викривлення в привибійній зоні [6]. Починаючи з певної глибини, орієнтувати відхилювач в свердловині шляхом повертання верхнього кінця бурильної колони ротором стас взагалі неможливим.

У викривленій свердловині відхилювач прагне досягнути стійкої орієнтації, яка в більшості випадків відрізняється від початкової [7]. Проблеми з орієнтацією відхилювача також ускладнюються при прогнозуванні поправок на кут закручування бурильних труб під дією реактивного моменту турбобура, а також через помилки при нарощуванні інструменту і фіксації стола ротора. Тому зроблений висновок, що найефективніше керування траєкторією свердловини може забезпечити наявність в КНБК телесистеми або застосування пристроїв (компоновок), які здатні автоматично орієнтуватися в стовбурі свердловини [7].

Неорієнтовані КНБК для керування процесом викривлення похилих свердловин знаходять все більш широке застосування на практиці [1, 2, 3, 4]. За допомогою центраторів залежно від місця їх розташування, діаметра, їх кількості і конструкції, геометричних, жорсткісних і вагових характеристик елементів компоновок є можливість в певних межах регулювати вели-



чину зенітного кута і азимута стовбура свердловини. Застосування центраторів в КНБК сприяє також попередженню прихоплення бурильного інструменту і кращій прохідності обсадних колон при їх спуску в стовбур свердловини.

Проведений комплекс теоретичних досліджень засвідчив, що неорієнтовані КНБК з одним центратором дають змогу реалізувати відхиляючу силу на долоті до 6-8 кН [11, 12, 13]. При розрахунку двоцентраторної КНБК максимальні величини відхиляючої сили на долоті звичайні не перевищують 3-4 кН [14].

Застосування неорієнтованих КНБК з одним і декількома центраторами засвідчило, що в промислових умовах можна досягти максимальної інтенсивності викривлення стовбура свердловини в межах 3,5-4,5 град/100м [15, 16].

Таким чином, можна зробити висновок, що орієнтовані відхиляючі КНБК володіють значним потенціалом для інтенсивного викривлення стовбура свердловини, однак в практичному аспекті забезпечення ефективного керування процесом викривлення за допомогою таких компоновок через труднощі з їх орієнтуванням в стовбурі свердловини є питанням досить проблематичним. Неорієнтовані компоновки низу бурильної колони є надзвичайно простими в експлуатації, однак їх можливості в плані регулювання зенітного кута свердловини залишаються досить обмеженими.

В даній статті подані результати теоретичних досліджень КНБК для набору зенітного кута свердловини з розширеними функціональними можливостями, які дають змогу реалізувати на долоті значні величини відхиляючої сили.

Автором розроблені конструкції пристроїв із змінним робочим профілем (ПЗП) для інтенсифікації процесу викривлення. Для турбінного способу буріння розроблений пристрій для буріння похилоспрямованих свердловин ПБПС-295, конструкція та принцип роботи якого детально розглянутий в [17].

Для роторного способу буріння розроблений ПЗП, який отримав назву відхилювача бурильної колони ВБК-295,3. Принцип роботи відхилювача аналогічний ПБПС-295,3. В процесі буріння за рахунок фрикційної взаємодії опорних елементів відхилювача зі стовбуром свердловини відбувається переміщення його корпусу відносно лопатей, що забезпечує утворення за рахунок збільшення радіуса відхилювача по упорних органах в робочому положенні R_{pp} додатного ексцентриситету бурильної колони.

За допомогою розробленої в ІФНТУНГУ програми були проведені розрахунки одно- і двоцентраторних КНБК для набору зенітного кута свердловини при роторному і турбінному способах буріння типів 1КРА-295,3, 1КДА-295,3, 2КРА-295,3, 2КДА-295,3. В даному випадку вибрані такі позначення:

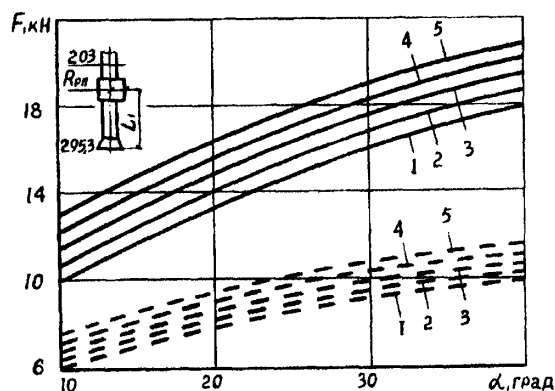
1, 2 – кількість опорних (опорноцентруючих) елементів;

К – компоновка;

Р, Д – для роторного способу буріння або для буріння із застосуванням гідравлічних вибійних двигунів;

А – активна, тобто така вибійна компоновка, до складу якої входить пристрій із змінним робочим профілем ПЗП.

Найпростішою вибійною компоновкою для набору зенітного кута при роторному способі буріння, як відомо, є КНБК з одним ОЦЕ. На рис.1 наведені залежності відхиляючої сили на долоті від зенітного кута свердловини для такого типу КНБК, в якій як ОЦЕ служить відхилювач бурильної колони ВБК – 295,3. При цьому досліджувались вибійні компоновки з двома варіантами спрямовуючої ділянки $L_1=2$ і 3 м. Для порівняння розглядалась робота КНБК з таким R_{pp} пристроєм, який відповідає максимально можливому розміру центратора традиційної конструкції, тобто діаметру 295 мм. Як видно з рисунка, графічні залежності складаються з двох груп монотонних кривих залежно від довжини спрямовуючої ділянки вибійної компоновки. Криві констатують факт зростання відхиляючої сили на долоті при збільшенні зенітного кута свердловини. Довжина спрямовуючої ділянки КНБК суттєво впливає на величину відхиляючої сили на долоті і при її збільшенні з 2 до 3 м F зменшується на 40-45%. Застосування в складі вибійної КНБК ВБК-295,3 з максимальним радіусом в робочому положенні ($R_{pp}=149,5$ мм) порівняно зі стандартною одноцентраторною компоновкою дає змогу збільшити відхиляючу силу на долоті на 15-28% залежно від величини зенітного кута свердловини. Графічні залежності забезпечують конструювання такого типу КНБК з можливістю реалізації відхиляючої сили на долоті в діапазоні 6 - 20.5 кН.



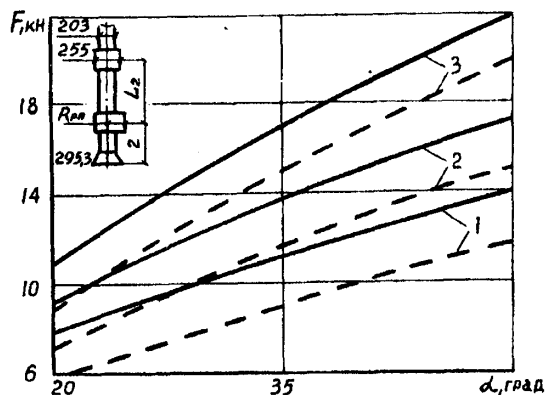
$L_1=2$ м; -- $L_1=3$ м; 1, 2, 3, 4 – радіус відхилювача в робочому положенні R_{pp} відповідно 147,5, 148,0, 148,5, 149,0 і 149,5мм

Рисунок 1 - Залежність відхиляючої сили на долоті від зенітного кута свердловини для одноопорної КНБК (дол.- 295,3мм, ОБТ-203мм- L_1 , ВБК-295,3, ОБТ-203мм)

На рис. 2 наведені залежності відхиляючої сили на долоті від зенітного кута свердловини для двоопорної вибійної неорієнтованої КНБК, в якій роль нижнього опорного елемента виконує ВБК-295,3. Графічні залежності в даному



випадку також мають вигляд монотонних кривих, близьких за формою до прямих. При цьому із збільшенням довжини верхньої ділянки неорієнтованої компоновки темп зростання відхиляючої сили на долоті підвищується, що пов'язано із збільшенням прогину цієї ділянки і, як наслідок, із зростанням перекидаючого моменту на відхилювачі бурильної колони. Порівняно з традиційною двоцентраторною неорієнтованою КНБК ($R_{pn}=147,5$ мм) застосування ВБК-295,3 з максимальним радіусом в робочому положенні ($R_{pn}=149,5$ мм) дає змогу збільшити відхиляючу силу на долоті на 10-40% залежно від значення zenітного кута свердловини та розміру верхньої ділянки компоновки. При малих величинах zenітного кута зростання F максимальне. Загалом графічні залежності охоплюють діапазон відхиляючої сили на долоті в межах 6-22 кН.

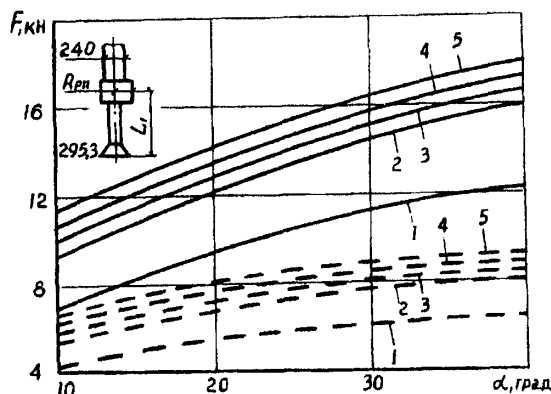


$R_{pn}=149,5$ мм; -- $R_{pn}=147,5$ мм; 1, 2, 3 – довжина верхньої секції L_2 відповідно 14, 16 і 18 м

Рисунок 2 - Залежність відхиляючої сили на долоті від zenітного кута свердловини для одноопорної КНБК (дол.-295,3 мм, ОБТ-203 мм-2 м, ВБК-295,3, ОБТ-203 мм- L_2 , ОЦЕ-255 мм, ОБТ-203 мм)

На рис. 3 наведені графічні залежності відхиляючої сили на долоті від zenітного кута свердловини при різних довжинах спрямовуючої секції і радіусах ВБК-295,3 в робочому положенні для одноопорної турбінної КНБК: дол.-295,3 мм на ніпелі, ОБТ-203 мм, ОБТ-178 мм- L , турбобур 2ТСШ-240 з ПБПС-295,3 на ніпелі, ОБТ-203 мм. Графічні залежності для такого типу КНБК підвищеної активності порівнювались з графічними залежностями для традиційних одноопорних неорієнтованих турбінних КНБК з центратором на ніпелі турбобура в розмірі 292 мм ($R_{pn}=146$ мм), тобто максимально можливого робочого діаметра. Як видно з рисунка, залежності мають вигляд монотонних кривих, які відображають зростання відхиляючої сили на долоті при збільшенні zenітного кута свердловини. Застосування в складі неорієнтованої КНБК ПБПС-295,3 з максимальним радіусом в робочому положенні, який становить 149,5 мм, порівняно з традиційною одноцентраторною компоновкою дає змогу збільшити відхиляючу силу на долоті на 46-62%. Слід зазначити, що при мінімальних значеннях

zenітного кута свердловини зростання відхиляючої сили на долоті більш відчутне. При використанні спрямовуючої ділянки КНБК довжиною 3 м графічні залежності дають змогу сконструювати неорієнтовану КНБК підвищеної активності з можливістю реалізації відхиляючої сили на долоті в діапазоні 9,5-18 кН.



$L_1=2$ м; -- $L_1=3$ м; 1, 2, 3, 4, 5 – радіус пристрою в робочому положенні R_{pn} відповідно 146,0, 148,0, 148,5, 149,0 і 149,5 мм

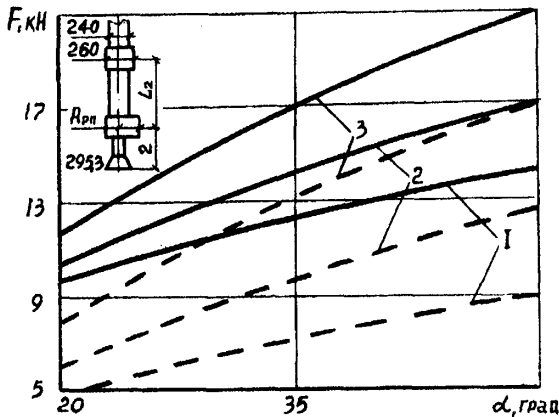
Рисунок 3 - Залежність відхиляючої сили на долоті від zenітного кута свердловини для одноопорної КНБК (дол.-295,3 мм, подовжувач на базі ОБТ-178 мм- L_1 , турб 2ТСШ-240 з ПБПС-295,3 на ніпелі, ОБТ-203 мм)

На рис. 4 наведені графічні залежності відхиляючої сили на долоті від zenітного кута свердловини для двоопорної вибійної турбінної КНБК, в якій роль нижнього опорного елемента виконує ПБПС-295,3. Графічні залежності зображені сімейством монотонних кривих. З рисунка видно, що із збільшенням довжини верхньої секції неорієнтованої компоновки темп зростання відхиляючої сили на долоті зростає. Цей факт також можна пояснити збільшенням прогину верхньої секції КНБК і, як результат, зростанням перекидаючого моменту на ПБПС-295,3. Порівняно з традиційною двоцентраторною неорієнтованою КНБК ($R_{pn}=146$ мм) застосування ПБПС-295,3 з максимально можливим радіусом в робочому положенні $R_{pn}=149,5$ мм забезпечує збільшення відхиляючої сили на долоті в 1,23-2,1 рази. Із збільшенням zenітного кута свердловини і довжини верхньої секції двоопорної неорієнтованої КНБК зростання відхиляючої сили на долоті стає все менш вагомим і при $\alpha=50^\circ$ і $L=18$ м становить всього 23%. Графічні залежності для такого типу КНБК охоплюють діапазон відхиляючої сили на долоті в межах 10-21 кН, що суттєво розширює технологічні можливості застосування вибійних компоновок.

Таким чином, отримані графічні залежності дають змогу оптимізувати конструктивні параметри неорієнтованих компоновок підвищеної активності для набору zenітного кута свердловини. Такого типу КНБК уможливають збільшення відхиляючої сили на долоті в 1,2 – 2,1 порівняно зі стандартними неорієнтованими



компоновками, що значно розширює технологічні аспекти їх застосування.



$R_{пр}=149,5\text{мм}$; -- $R_{пр}=146,0\text{мм}$; 1, 2, 3 – відстань між ПБПС і ОЦЕ відповідно 12, 16 і 18м

Рисунок 4 - Залежність відхиляючої сили на долоті від зенітного кута свердловини для двоопорної КНБК (дол.- 295,3мм, подовжувач на базі ОБТ-178мм-2м, турб. ЗТШ-240, ПБПС-295,3 на ніпелі ОЦЕ-260мм, на корпусі, ОБТ-203мм, L_2 - відстань між ПБПС і ОЦЕ)

В найближчий час планується провести промислову апробацію компоновок на базі пристроїв із змінним робочим профілем для інтенсифікації процесу викривлення стовбура свердловини з метою уточнення їх функціональних можливостей.

Література

1. Фриз І.М. Буріння глибоких спрямованих свердловин // Нафтова і газова промисловість.- 1999.- №4.- С. 13-15.
2. Данилевич В.М., Спивак А.И. Некоторые экспериментальные результаты определения угла закручивания буровой колонны от реактивного момента турбобура // Труды ВНИИБТ.- 1971.- Вып. 29- С. 75-81.
3. Фоменко Ф.Н. Бурение скважин электробуром.- М.: Недра, 1974.- 268с.
4. Измайлов Т.З., Расулов А.С. Методика учёта сил сопротивления при решении некоторых задач бурения наклонно-направленных скважин // Изв. Вузов: Нефть и газ.- 1977.- №9.- С. 16-20.
5. Манафов С.Т. Пути улучшения технологии ориентирования отклоняющих приспособлений при турбинном бурении // Труды ВНИИБТ.- 1971.- Вып.29.- С. 67-74.

6. Калинин А.Г. Искривление скважин.- М.: Недра, 1974.- 326 с.

7. Интенсивность искривления скважин при использовании турбинных отклонителей / Т.Н. Бикчурин, Ф.А. Козлов, М.Т. Гусман, Н.И. Кузнецова // Нефтяное хозяйство.- 1977.- №8.- С. 26-28.

8. Бурение наклонных и горизонтальных скважин / А.Г. Калинин, Б.А. Никитин, К.М. Солодкий, Б.З. Султанов.- М.: Недра, 1997.- 648с.

9. Сушон Л.Я., Емельянов П.В., Муллагалиев Р.Т. Управление искривлением наклонных скважин в Западной Сибири.- М.: Недра, 1988.- 124с.

10. Строительство нефтяных скважин в Западной Сибири / М.Н. Сафиуллин, В.И. Белов, П.В. Емельянов, К.Н. Харламов, С.Н. Быстриков, А.А. Сидоров // Обзор. информ. Сер.: Бурение.- М.: ВНИИОЭНГ, 1987.- 60с.

11. Кауфман Л.Я., Мамедов Ф.А., Сушон Л.Я. Определение оптимального места установки центраторов при бурении наклонно-направленных скважин // Нефтяное хозяйство.- 1979.- №4.- С. 18-20.

12. Гулизаде М.П., Мамедов Ф.А., Кауфман Л.Я. Исследование работы компоновки низа буровой колонны с центратором при различных случаях взаимодействия её со стенками скважины // Изв. вузов.: Нефть и газ.- 1976.- №7.- С. 25-29.

13. Гулизаде М.П., Кауфман Л.Я., Халимбеков Б.М. Метод расчёта центратора для набора и стабилизации угла искривления при бурении турбобуром // Изв. вузов.: Нефть и газ.- 1970.- №2.- С. 35-38.

14. Механизм работы компоновки низа буровой колонны с двумя центраторами в наклонной скважине // Изв. вузов.: Нефть и газ.- 1976.- №4.- с. 26-28.

15. Результаты промышленных испытаний КНБК с передвижным центратором / В.Б. Суханов, И.И. Барабашкин, А.С. Повалихин, А.Н. Сорокин // Нефтяное хозяйство.- 1990.- №4.- С. 15-17.

16. Профили направленных скважин и компоновки низа буровых колонн /А.Г. Калинин, Б.А. Никитин, К.М. Солодкий, А.С. Повалихин.- М.: Недра, 1995.- 305с.

17. Воевідко І.В. Розробка пристрою для буріння похилоспрямованих свердловин // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.- Івано-Франківськ.- 2003.- №1.- С. 24-26.

