

БУРІННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

УДК 622.24.053.2

ВИБІР КРИТЕРІЇВ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТРИЦЕНТРАТОРНИХ НЕОРІЄНТОВАНИХ ВИБІЙНИХ КОМПОНОВОК

І.В.Восвідко

ІФНТУНГ, 76019 м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46329

E-mail: public@ifdtung.if.ua

Проведен анализ методик оптимизации компоновок и обоснован выбор их критерия, который отвечает реальным условиям работы КНБК. Обоснованы преимущества применения компоновок с тремя центраторами. Представлены графические зависимости отклоняющей силы на долоте от зенитного угла скважины для различных конструкций трёхцентраторных компоновок

Україна належить до країн із дефіцитом власних природних вуглеводневих ресурсів, задовольняючи потребу в газі за рахунок власного видобутку на 20-25%, у нафті - на 10 - 12%. Видобуток нафти та конденсату в країні протягом останніх шести років зберігається на рівні 3,8 - 4,2 млн. тонн на рік. Однак стабілізацію видобутку досягнуто, в основному, за рахунок буріння нових нафтових свердловин, скорочення кількості недіючих свердловин, а також впровадження прогресивних методів видобутку нафти і конденсату. Підвищення видобутку енергоносіїв залежить не тільки від значених факторів, але й від прискорення нарощування обсягів бурових робіт, підвищення їх якості на основі вдосконалення техніки і технології буріння нафтових і газових свердловин.

В останній час помітно зросли обсяги буріння похилоспрямованих свердловин, однак техніко-економічні показники буріння таких свердловин в однакових гірничо-геологічних і технологічних умовах все ще нижчі, ніж вертикальних. До основних причин такого стану можна віднести комплекс додаткових витрат щодо керування траєкторією стовбура, а також значною мірою недосконалість методик розрахунку компоновок низу бурильної колони (КНБК), техніки і технологій буріння похилых свердловин.

The analysis of methods of optimizing drilling string assemblies is realized, the choice of their criterion is proved, which is responsible for real conditions of work drilling string assembly. The advantages of using drilling string assemblies with three centralizers are underlined. The graphic dependences of deflecting force on a bit from zenith angle of well for different constructions of drilling string assemblies with three centralizers are shown

Створення надійного вибійного інструменту для проведення похилых свердловин в заданому напрямі суттєво залежить від методики оптимізації КНБК. Правильний вибір критерію оптимізації визначає якість подальших аналітичних досліджень, достовірність і надійність отриманих результатів, а також ефективність розроблених рекомендацій.

Дослідження і проектування вибійних компоновок здійснюються для виявлення таких їх геометричних параметрів і жорсткісних характеристик, які б забезпечили стабілізацію параметрів траєкторії стовбура свердловини. При стабілізації похило прямолінійної ділянки стабільним її параметром слід вважати задані величини зенітного кута і магнітного азимута. При зміні зенітного кута стовбура свердловини при заданому значенні її азимута для стабілізації процесу викривлення передбачається проведення його з постійною інтенсивністю викривлення, що забезпечує формування просторової траєкторії стовбура свердловини по дузі кола певного радіуса.

Деякі дослідники [1, 2, 3, 4] як критерій для стабілізуючих компоновок використовують принцип рівності нулю відхиляючої сили на долоті або наявності її мінімальної додатної величини (сила спрямована вгору) [5, 6, 7]. Додатна величина відхиляючої сили на долоті з точки зору вчених є деяка статистична величи-



на, яка визначається родовищем, типом КНБК та іншими факторами. Іншими словами, – це та величина відхиляючої сили на долоті, яка викликана всіма тими факторами, які не враховуються аналітичною моделлю КНБК.

Деякими авторами запропоновано за критерій викривлення стовбура свердловини брати траєкторний кут, тобто кут між дотичною до траєкторії долота в даній точці і віссю свердловин [6, 10, 11, 12]. З теоретичної точки зору такий критерій оптимізації вибійної компоновки повністю відповідає умовам формування просторової траєкторії стовбура свердловин, однак з практичної точки зору він має певні недоліки. Так, при розрахунку траєкторного кута при бурінні в ізотропному середовищі поряд з розрахунковими значеннями кутів неспівосності і нахилу долота, які можна визначити, наприклад, на основі розв'язку диференціального рівняння осі компоновки в похилій свердловині, необхідно знати коефіцієнт бокової фрезеруючої здатності долота. Визначення величини такого коефіцієнта в промислових умовах – завдання досить трудомістке і пов'язане з наявністю значних похибок. Тому, оптимізовані за таким критерієм КНБК при застосуванні доліт з коефіцієнтом фрезеруючої здатності, який був визначений згідно з промисловими даними, можуть виконувати насправді абсолютно різні функції.

Для стабілізації напрямку стовбура похило-спрямованої свердловини в роботах [8, 9] пропонується оптимізувати КНБК за критерієм мінімуму відхиляючої сили на долоті і мінімального кута перекосу останнього в свердловині, такого ж принципу дотримується В.Г. Григулецький [13].

Такий підхід цілком виправданий з практичної точки зору, оскільки невеликий кут перекосу нижньої частини КНБК в свердловині практично не впливає на траєкторію руху долота.

Аналіз методик оптимізації КНБК дає підстави зробити висновок, що доцільно проводити оптимізацію геометричних параметрів КНБК тільки при зміні одного відхиляючого фактора стовбура свердловини – кута нахилу долота або відхиляючої сили на долоті. Окрім того, в реальних умовах буріння, коли не всі відхиляючі чинники можуть бути враховані аналітичною моделлю роботи КНБК, необхідно мати деякий додатний запас одного з відхиляючих факторів, який б міг компенсувати зменшення їх величин в процесі проведення свердловини.

Аналіз результатів досліджень роботи неорієнтованих КНБК [14] засвідчив, що при певній конструкції її спрямовуючої секції кут повороту долота мінімальний, близький до нуля. Крім того, в більшості випадків у стовбурі свердловини долото повертається за годинниковою стрілкою (кут повороту додатний), що забезпечує асиметричне руйнування вибою свердловини в бік збільшення її зенітного кута. При цьому кут нахилу долота до осі свердловини змінюється у вузькому діапазоні і не перевищує 10° .

Виходячи з зазначеного, можна сформулювати основний критерій оптимізації геометричних параметрів КНБК, який буде використовуватися в подальшому при їх конструюванні. Кут перекосу долота в стовбурі свердловини повинен бути близьким до нуля (бажано додатним) і змінюватися у вузькому діапазоні, а основним функціональним показником КНБК слід вважати відхиляючу силу на долоті. Для стабілізуючої вибійної компоновки відхиляюче зусилля рівне нулю.

Таким чином, вибраний критерій оптимізації вибійних компоновок дає змогу спростити процес конструювання КНБК, а з іншого боку, – підвищити достовірність їх розрахункових показників роботи.

Метою статті є висвітлення результатів розрахунку трицентраторних неорієнтованих вибійних компоновок, які проведені на базі розробленої методики розрахунку [15] та зазначеного критерію оптимізації КНБК.

Існує декілька точок зору про доцільність застосування неорієнтованих КНБК з трьома опорноцентруючими елементами. При бурінні свердловини в складних геологічних умовах, а також при виникненні необхідності в підвищенні якості стабілізації напрямку стовбура як за зенітним кутом, так і за азимутом, доцільно використовувати КНБК (в першу чергу для турбінного способу буріння) з трьома ефективно працюючими опорами (центраторами) [16]. Автор [17] вважає, що додатковий третій і четвертий центратори доцільно вводити до складу КНБК тільки в тому випадку, якщо з'являються складнощі через ймовірність виникнення прихоплення бурильної колони, а також при перевищенні допустимого рівня її динаміки. Безумовно, такі підходи до доцільності застосування багатоопорних вибійних КНБК потребують проведення додаткових досліджень. Застосування трицентраторних КНБК при турбінному способі буріння має актуальне значення ще й з тієї причини, що турбінні компоновки загалом, як відомо, відзначаються низькою стійкістю на проектній траєкторії [14], а збільшення кількості їх опорних елементів підвищує стабільність роботи компоновки.

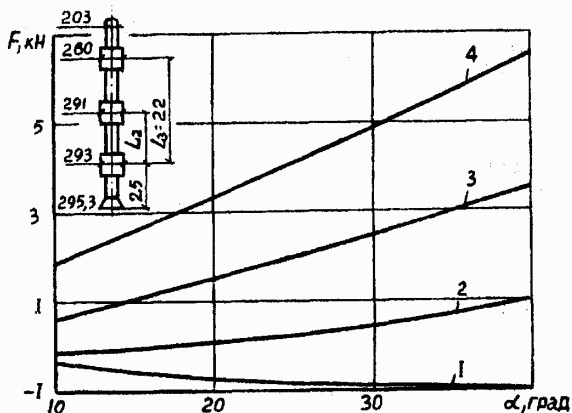
При оптимізації конструктивних параметрів трицентраторних неорієнтованих КНБК виходили з необхідності реалізації на долоті такого діапазону значень відхиляючої сили, при якому можна було б забезпечити вирішення всіх основних завдань похилоспрямованого буріння. З другого боку, важливим завданням є комплектація розробленої КНБК в промислових умовах, в першу чергу при бурінні гідравлічними вибійними двигунами. Виходячи з зазначеного було прийнято, що відстань між першим і третім центраторами вибирається незмінною для конкретного розміру долота, а змінним параметром в даному випадку буде відстань між першим і другим центраторами. Зрозуміло, що відстань між другим і третім центраторами також буде змінюватися. Робота трицентраторної компоновки вивчалася за умови кон-



такту зі стінками стовбура свердловини всіх трьох її опорноцентруючих елементів.

На рис. 1 наведена залежність відхиляючої сили на долоті від зенітного кута свердловини для трицентраторної КНБК (дол.- 295,3мм, ОБТ-203мм-2,5м, ОЦЕ-293мм, ОБТ-203мм- L_2 , ОЦЕ-291мм, ОБТ-203мм, ОЦЕ-260мм, ОБТ-203мм, $L_3=22$ м) при різних відстанях між першим і другим центраторами. Як видно з рисунка, із збільшенням кута α відхиляюча сила на долоті збільшується (за винятком кривої 1 при $L_2=9$ м), графічні залежності в даному випадку близькі до прямих. Із збільшенням L_2 темп приросту відхиляючої сили на долоті зростає. Загалом, графічні залежності дають змогу розробити КНБК з певними конструктивними параметрами, які дозволяють реалізувати на долоті відхиляючу силу в діапазоні 1 – 5.7 кН.

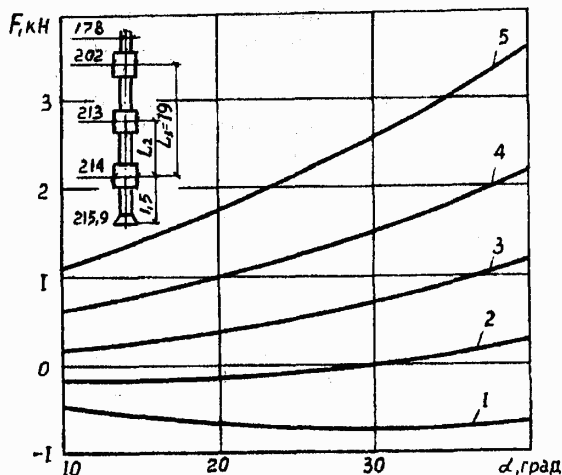
сила на долоті також збільшується майже пропорційно, оскільки графічні залежності близькі до прямих. Із збільшенням відстані L_2 , при різних значеннях α , темп приросту відхиляючого зусилля на долоті зростає. Загалом графічні залежності охоплюють числове поле, яке обмежене осями $F-\alpha$ з числовими інтервалами відповідно 0-6 кН і 10-40град., що дає можливість реалізувати в різних конструкціях КНБК такі величини відхиляючого зусилля F , які дають змогу вирішувати при бурінні задані стабілізації та збільшення зенітного кута свердловини.



1, 2, 3, 4 – відстань між першим від долота і другим центраторами L_2 відповідно 9, 10, 11 і 12м

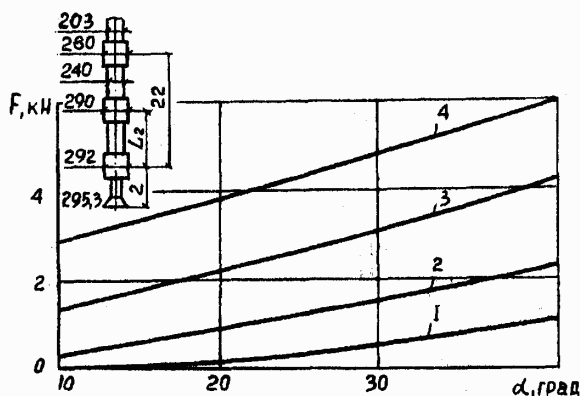
Рисунок 1 - Залежність відхиляючої сили на долоті від зенітного кута свердловини для трицентраторної КНБК (дол.- 295,3мм, ОБТ-203мм-2,5м, ОЦЕ-293мм, ОБТ-203мм- L_2 , ОЦЕ-291мм, ОБТ-203мм, ОЦЕ-260мм, ОБТ-203мм, $L_3=22$ м)

На рис. 2 зображена залежність відхиляючої сили на долоті від зенітного кута свердловини для трицентраторної КНБК (дол.- 215,9мм, ОБТ-178мм-1,5м, ОЦЕ-214мм, ОБТ-178мм- L_2 , ОЦЕ-213мм, ОБТ-178мм, ОЦЕ-202мм, ОБТ-178мм, $L_3=19$ м) при різних відстанях L_2 . З рисунка видно, що, окрім кривої 1, із збільшенням зенітного кута свердловини відхиляюча сила на долоті зростає з наростаючою інтенсивністю. При цьому слід зазначити, що із збільшенням відстані L_2 приріст відхиляючого зусилля на долоті стає все більш відчутним. Наведені залежності охоплюють діапазон величин відхиляючої сили на долоті в межах -0,7 – 3,5 кН.



1, 2, 3, 4, 5 – відстань між першим від долота і другим центраторами L_2 відповідно 7, 8, 9, 10 і 11м

Рисунок 2 - Залежність відхиляючої сили на долоті від зенітного кута свердловини для трицентраторної КНБК (дол.- 215,9мм, ОБТ-178мм-1,5м, ОЦЕ-214мм, ОБТ-178мм- L_2 , ОЦЕ-213мм, ОБТ-178мм, ОЦЕ-202мм, ОБТ-178мм, $L_3=19$ м)



1, 2, 3, 4 – відстань між першим від долота і другим центраторами L_2 відповідно 9, 10, 11 і 12м

Рисунок 3 - Залежність відхиляючої сили на долоті від зенітного кута свердловини для трицентраторної КНБК (дол.- 295,3мм, подовжувач на базі ОБТ-178мм-2м, турб. 2ТСШ-240 з ОЦЕ-292мм на ніпелі, ОЦЕ-290мм на корпусі, ОЦЕ-260мм, ОБТ-203мм, $L_2=22$ м)

На рис. 3 зображена залежність відхиляючої сили на долоті від зенітного кута свердловини для трицентраторної турбінної КНБК (дол.-295,3мм, подовжувач на базі ОБТ-178мм-2м, турб. 2ТСШ-240 з ОЦЕ-292мм на ніпелі, ОЦЕ-290мм на корпусі, ОЦЕ-260мм, ОБТ-203мм, $L_2=22$ м) при різних відстанях між першим від долота і другим центраторами. Як видно з рисунка, із збільшенням кута відхиляюча

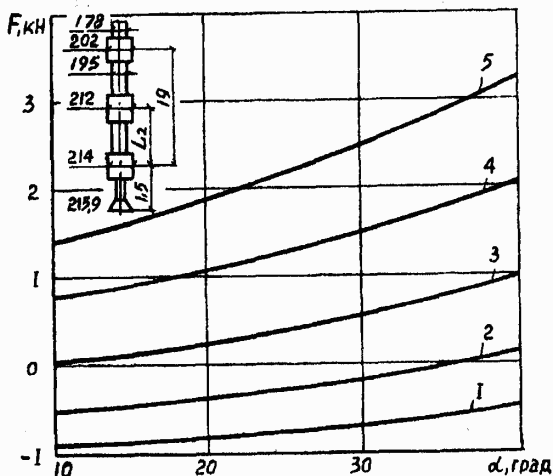
Для такого ж типу КНБК на базі турбобура 2ТСШ-195 і долота діаметром 215,9мм залежність відхиляючої сили на долоті від зенітного кута свердловини наведена на рис. 4. Із збіль-



шенням відстані L_2 та зенітного кута свердловини зростає величина відхиляючої сили на долоті та інтенсивність її приросту. Виходячи з наведених графічних залежностей компоновка такого типу дає змогу отримати на долоті відхиляючу силу в діапазоні $-0.9 - 3,3$ кН.

Таким чином, отримані графічні залежності відхиляючої сили на долоті від конструктивних параметрів трицентраторної КНБК дають змогу розробити такі конструкції вибійних компоновок, які в промислових умовах можуть забезпечити стабілізацію зенітного кута свердловини при різних його значеннях, а також його зміну з різним показником інтенсивності.

В подальшому планується провести низку промислових випробувань зазначених КНБК з метою конкретизації їх функціональних можливостей в плані реалізації різного типу профілів стовбура свердловини.



1, 2, 3, 4, 5 – відстань між першим від долота і другим центраторами L_2 відповідно 7, 8, 9, 10 і 11 м
Рисунок 4 – Залежність відхиляючої сили на долоті від зенітного кута свердловини для трицентраторної КНБК (дол.- 215,9 мм, подовжувач на базі ОБТ-146 мм-1,5 м, турб. 2ТСШ-195 з ОЦЕ-214 мм на ніпелі, ОЦЕ-212 мм на корпусі; ОЦЕ-202 мм, ОБТ-178 мм, $L_2=19$ м):

Література

1. Расчёт компонок нижней части буровой колонны / В.М. Беляев, А.Г. Калинин, К.М. Солодкий, А.Ф. Фёдоров.- М.: Недра, 1977.- 189 с.
2. Гасанов И.З. Разработка КНБК с тремя центраторами для стабилизации зенитного угла и азимута ствола наклонной скважины // Теория и практика бурения наклонных скважин.- Баку, 1985.- С. 22-25.
3. Millheim K. Behavior of multiple-stabilizer bottom-hole assemblies // Oil and Gas J.- 1979.- Vol. 78, #50.- P. 62-66.
4. Ишемчужин Е.М., Султанов Б.З. Определение сил, действующих на компоновку долото-секционный турбобур с центратором при

- бурении наклонно-направленных скважин // РНТС: Бурение.- 1974.- №4.- С. 14-16.
5. Гулизаде М.П., Кауфман Л.Я., Сушон Л.Я. Закономерности искривления наклонных скважин и критерий стабилизации угла наклона // Нефтяное хозяйство.- 1972.- №3.- С. 16-19.
6. Гулизаде М.П., Кауфман Л.Я., Сушон Л.Я. Методика расчёта интенсивности искривления ствола наклонной скважины.- Тюмень: Гипротюменнефтегаз.- 1974.- 59с.
7. Оганов А.С., Прохоренко В.В., Оганов Г.С. Принципы выбора неориентируемых компоновок низа буровой колонны для направленного бурения скважин // Обзор. инф. Сер.: Бурение газовых и газоконденсатных скважин.- М.: ВНИИОЭНГ, 1989.- Вып. 6.-24с.
8. Gallas N., Gallas R., Boundary value problem is solved // Oil and Gas J. – 1980.- Vol. 7, #50, P. 62-66.
9. Марков О.А., Середа Н.Г. Применение центраторов при борьбе с искривлением скважин // Изв. ВУЗов: Геология и разведка.- 1976.- №6.- С. 28-31.
10. Гулизаде М.П., Кауфман Л.Я., Сушон Л.Я. Закономерности искривления наклонных скважин и критерий стабилизации угла наклона // Нефтяное хозяйство.- 1972.- №3.- С. 1-4.
11. Лукьянов В.Т. О критериях расчёта компоновки низа буровой колонны // Изв. ВУЗов: Нефть и газ.- 1982.- № 3.- С. 25-27.
12. Универсальная маятниковая компоновка низа буровой колонны / М.П. Гулизаде, С.А. Оганов, Э.С. Сакович, О.К. Мамедбеков, В.В. Кириенко // Нефтяное хозяйство.- 1986.- №12.- С. 31-33.
13. Григулецкий В.Г. Оптимальное управление при бурении скважин.- М.: Недра, 1988, 229 с.
14. Профили направленных скважин и компоновки низа буровой колонны / А.Г. Калинин, Б.А. Никитин, К.М. Солодкий, А.С. Павлихин.- М.: Недра, 1995.- 305 с.
15. Воевидко И.В., Чудык И.И., Лев О.М. Метод проектирования неориентированных компоновок низа буровой колонны // Стр-во нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2002. - №11.- С. 16-18.
16. Прохоренко В.В., Крекина Т.В. Исследование и разработка оптимальных компоновок, содержащих турбобур с центраторами с помощью трёхмерной аналитической модели КНБК в искривлённой скважине // Труды ВНИИБТ.- 1988.- Вып. 64.- Ч. 37-52.
17. Белорусов В.О. Современные принципы подбора компоновок низа буровой колонны методом прогнозирования // Обзор. информ. Сер.: Бурение. – М.: ВНИИОЭНГ. 1984.- Вып. 19. – 48с.

