

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАЗОРУ МІЖ СТІНКОЮ СВЕРДЛОВИНИ І КОМПОНОВКОЮ НИЗУ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ НА РЕАЛІЗАЦІЮ ПРОФІЛЮ ПОХИЛО-СКЕРОВАНИХ СВЕРДЛОВИН

А.Р.Юрич, В.М.Івасів, А.І.Різничук, Ю.В.Буй

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42480,  
e-mail: jyrich05@rambler.ru

*Відображено результати досліджень впливу радіальних зазорів між стінкою свердловини і елементами КНБК на реалізацію профілю похило-скерованих свердловин.*

Ключові слова: буріння, компоновка низу бурильної колони

*Отражены результаты исследований влияния радиальных зазоров между стенкой скважины и элементами КНБК на реализацию профиля наклонно-направленных скважин.*

Ключевые слова: бурение, компоновка низа бурильной колонны

*Research result of radial clearance between wellbore wall and bottomhole drill stem assembly for directional well contour realization are presented in the article.*

Keywords: drilling, string bottom assembly

У зв'язку з розширенням експлуатації покладів вуглеводнів, зосереджених на родовищах з низькими фільтраційно-місткісними властивостями колекторів, зростають об'єми буріння похило-скерованих (ПСС) і горизонтальних свердловин (ГС), а також урізування бокових стовбурів у законсервованих та малодобітних свердловинах [1, 2]. Під час виконання таких робіт дотримання параметрів проектного профілю є першочерговим завданням, водночас велика їх частка виконується за допомогою неорієнтованих компоновок низу бурильної колони (КНБК).

На жаль, як свідчить практика, запроєктовані конструкції неорієнтованих КНБК не завжди забезпечують досягнення проектного профілю. Це пов'язано, насамперед, з недосконалістю розроблених методик проектування неорієнтованих компоновок [3, 4, 5, 6]. Основними недоліком цих методик є численні спрощення в математичних моделях, пов'язані із складністю розв'язання диференціальних рівнянь, що описують напружено-деформований стан та взаємодію КНБК із стінками та вибоєм свердловини. Зокрема під час проектування КНБК розглядається в циліндричному стовбурі діаметром, рівним номінальному діаметру долота, що є нереальним, оскільки стінка руйнується долотом, елементами КНБК та потоком промивальної рідини [7-9].

Згідно з математичною моделлю [10, 11] проведено дослідження впливу зміни радіальних зазорів між КНБК і стінкою свердловини на відхиляюче зусилля на долоті, реакцію на ОЦЕ та максимальне значення згинального моменту по довжині КНБК. Під час досліджень розглядалась безопорна КНБК, що складається з долота діаметром 190,5 мм, гвинтового двигуна ДГ-155, обважнених бурильних труб ОБТС-146 та одноопорні компоновки аналогічної конструкції, в яких на корпусі ГВД встановлено центратор діаметром 190 мм. У компо-

вці низу бурильної колони під №1 центратор встановлено на відстані 3 м, а в КНБК №2 – на відстані 4 м від долота.

Дослідження проводилось за таких параметрів:

- осьове навантаження на долото – 100 та 140 кН;

- зенітний кут – 10, 30, 45 та 60 градусів;

- радіальні зазори у місцях контакту КНБК зі стінками свердловини:

- на долоті  $\Delta = 0$ ;

- у верхній точці контакту

$$\Delta_l = \frac{D_o - D_{OBT}}{2} \pm \delta \quad (\delta - \text{можлива зміна радіального зазору, для досліджень приймаємо в межах } \delta = -3 \div 8 \text{ мм}).$$

- на центраторі

$$\Delta_{OЦЕ} = \frac{D_o - D_{OЦЕ}}{2} \pm \delta \quad (\delta = 0 \div 13).$$

При  $D_{ce} = D_o$  радіальний зазор у місці встановлення ОЦЕ становить  $2,5 \cdot 10^{-4}$  м, а у перерізі що відповідає верхній точці контакту, – 22 мм.

За результатами розрахунку для безопорної КНБК побудовано графічні залежності, що відображають вплив осьового навантаження на долото, зенітного кута нахилу осі свердловини та радіального зазору у перерізі, що відповідає верхній точці контакту КНБК зі стінкою свердловини на величину відхиляючого зусилля на долоті (рис. 1-2) та максимального згинального моменту вздовж осі компоновки (рис. 3-4).

За результатами проведеного розрахунку встановлено, що відхиляюче зусилля на долоті зростає зі збільшенням радіального зазору. В числових значеннях зміна становить від 6–12 Н/мм до 33–45 Н/мм за зенітних кутів 10° та 60° відповідно. В розглянутому діапазоні радіальних зазорів (19–30 мм) відхиляюче зусилля зросло на 10,40–15,26% при осьовому навантаженні 100 кН і 6,21–13,56% за осьового

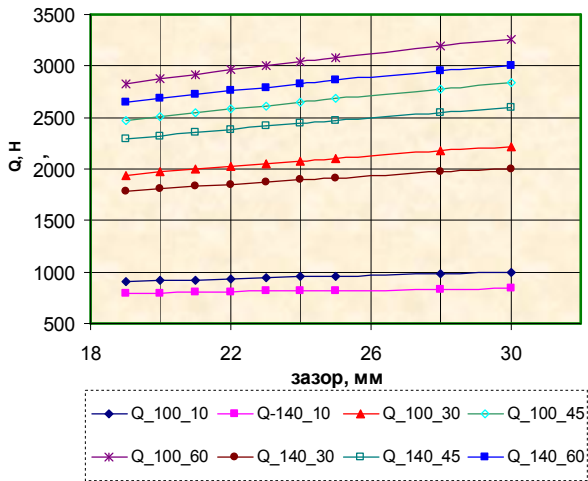


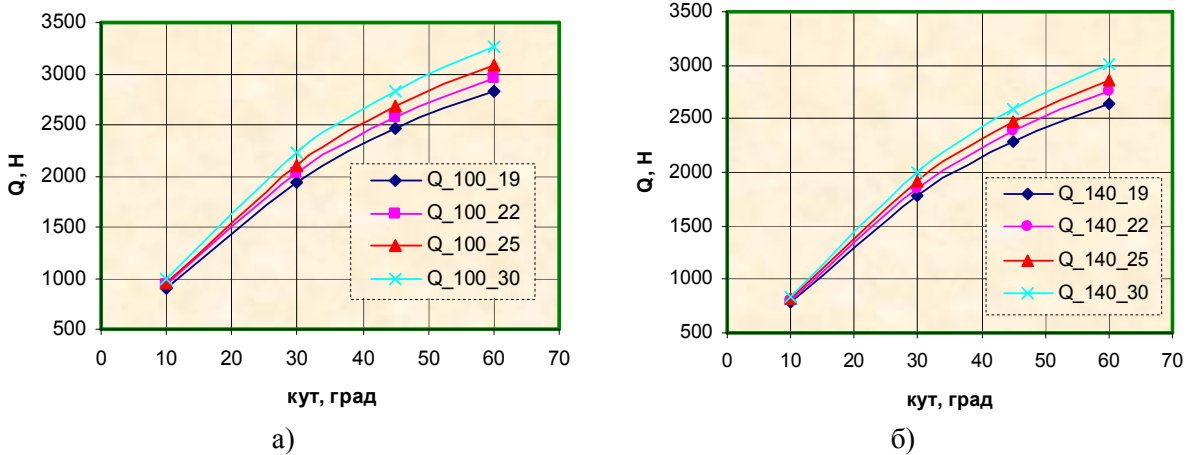
Рисунок 1 – Залежність відхиляючої сили від радіального зазору у перерізі, що відповідає верхній точці контакту КНБК зі стінкою свердловини

навантаження 140 кН відносно початкового значення.

Значення максимального згинального моменту також зростає зі збільшенням радіального зазору. Зміна його величини складає від 120 – 140 Н·м/мм до 219 – 237 Н·м/мм за zenітних кутів 10° та 60° відповідно. В розглянутому діапазоні радіальних зазорів (19 – 30 мм) значення  $M_{зг. max}$  зросло на 34,63 – 40,54% за осьового навантаження 100 кН і 35,76 – 40,91% за осьового навантаження 140 кН відносно початкового значення.

Як видно з графічних залежностей, значення радіального зазору має більший вплив на НДС КНБК за zenітних кутів нахилу осі свердловини, що перевищують 30°.

Для одноопорних КНБК за результатами розрахунку побудовано залежності впливу радіального зазору у місці встановлення центратора на відхиляюче зусилля на долоті, реакцію на центраторі та максимальний момент згину вздовж осі КНБК для обидвох взятих для дослідження конструкцій КНБК (рис. 5-7).



а) при P = 100 кН, б) при P = 140 кН

Рисунок 2 – Залежність відхиляючої сили від zenітного кута нахилу осі свердловини

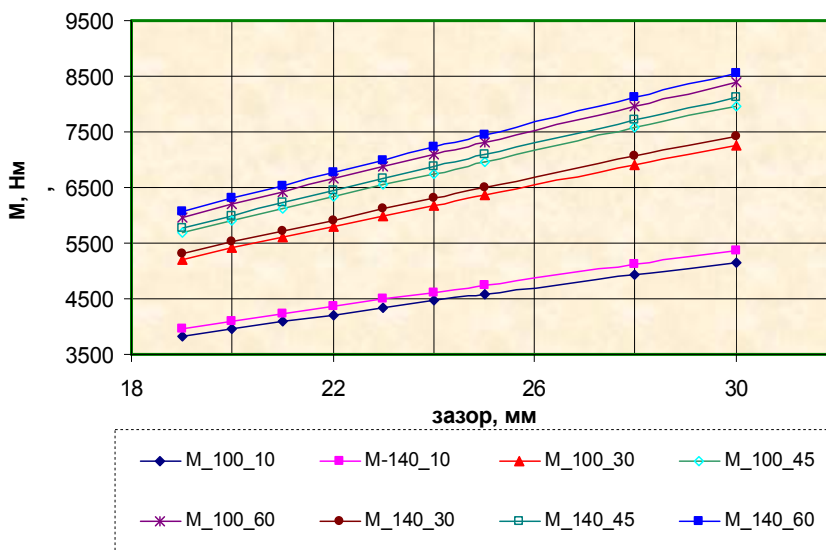
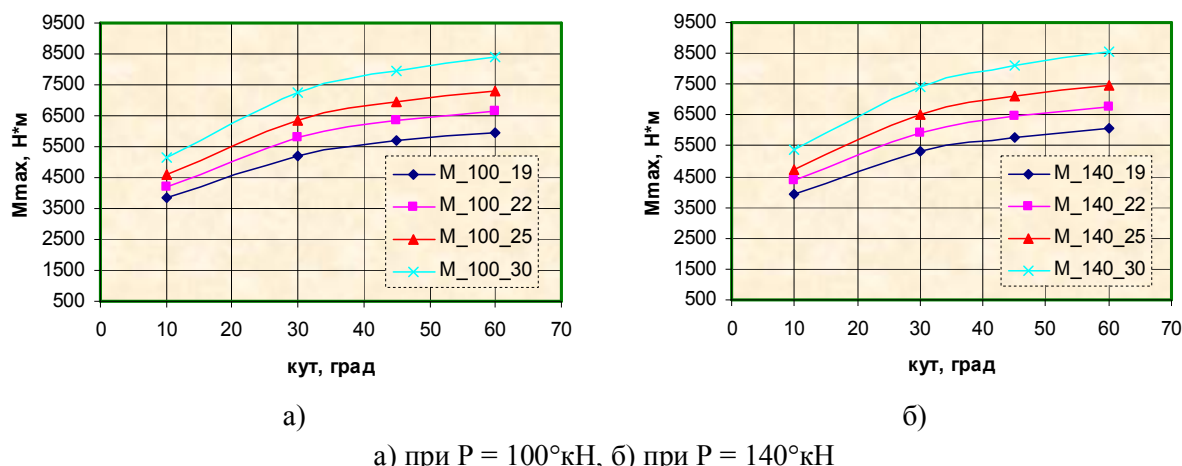
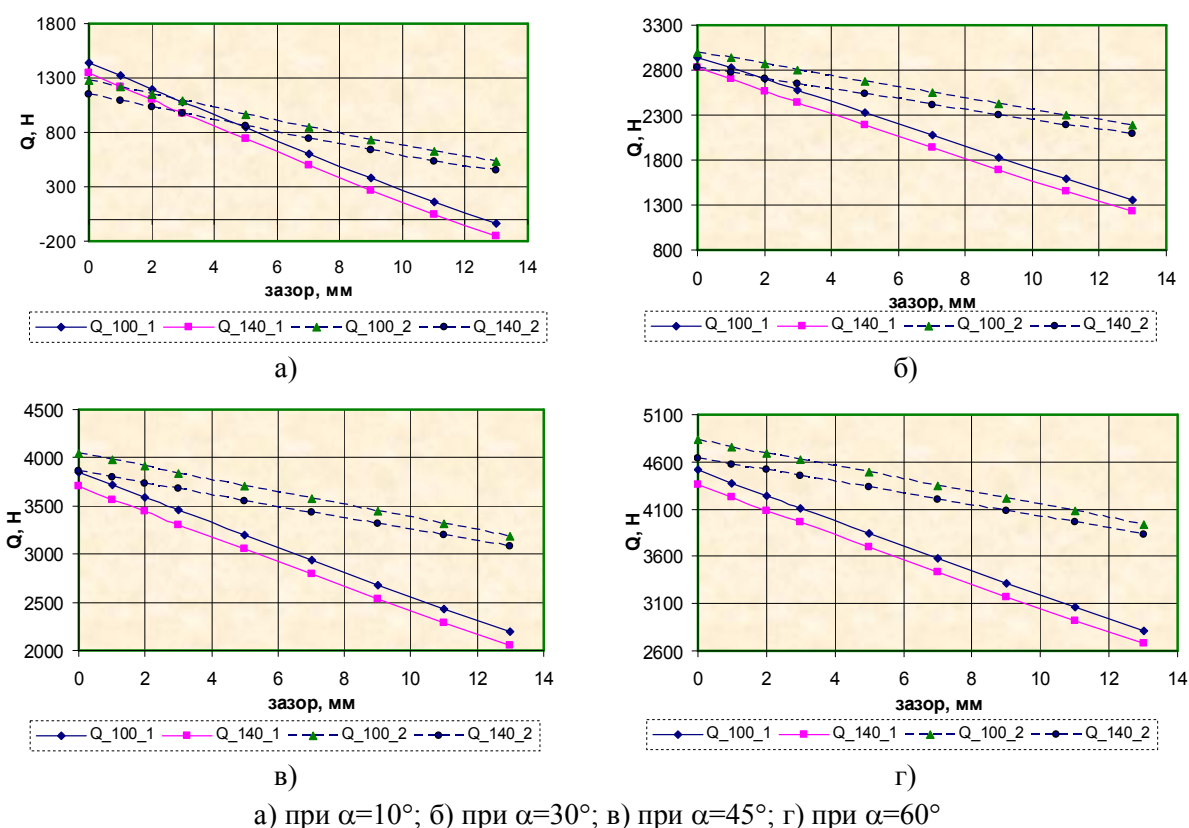


Рисунок 3 – Залежність максимального згинального моменту від радіального зазору у перерізі, що відповідає верхній точці контакту КНБК зі стінкою свердловини



а) при  $P = 100^{\circ}\text{кН}$ , б) при  $P = 140^{\circ}\text{кН}$   
**Рисунок 4 – Залежність максимального згинального моменту від зенітного кута нахилу осі свердловини**



а) при  $\alpha=10^{\circ}$ ; б) при  $\alpha=30^{\circ}$ ; в) при  $\alpha=45^{\circ}$ ; г) при  $\alpha=60^{\circ}$   
**Рисунок 5 – Порівняльні залежності впливу радіального зазору у місці встановлення ОЦЕ на відхиляюче зусилля на долоті для різних конструкцій КНБК**

Як видно з отриманих залежностей, зміна радіального зазору здійснює значний вплив на відхиляюче зусилля на долоті. Так, зі збільшенням зазору на 13 мм за різних значень зенітного кута та навантаження на долото, зміна відхиляючого зусилля на долоті для КНБК №1 коливається в межах 1480 - 1700 Н, що складає від 37% до 111%, а для КНБК №2 - 698 - 889 Н, що становить від 17% до 61% у порівнянні з початковими значеннями ( $\Delta_{ОЦЕ} = 2,5 \cdot 10^{-4}$  м). Найбільший вплив радіальний зазор чинить за зенітного кута  $10^{\circ}$ , коли відхиляюча сила на долоті для КНБК №1 змінює напрям дії. Як ви-

дно з отриманих результатів, КНБК №2 є більш стійкою до зміни радіального зазору, хоча і для цієї конструкції компоновки він має суттєвий вплив.

З графіку (рис. 6), який відображає зміну реакції на ОЦЕ для КНБК №1, бачимо, що реакція зростає на всьому інтервалі зміни радіальних зазорів за зенітного кута  $10^{\circ}$ . Для інших значень зенітних кутів за певного зазору спостерігається зменшення реакції на центраторі. Так, для зенітних кутів  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$  величина критичного зазору становить 12, 11 та 9 мм відповідно. Встановлено, що за більших зе-

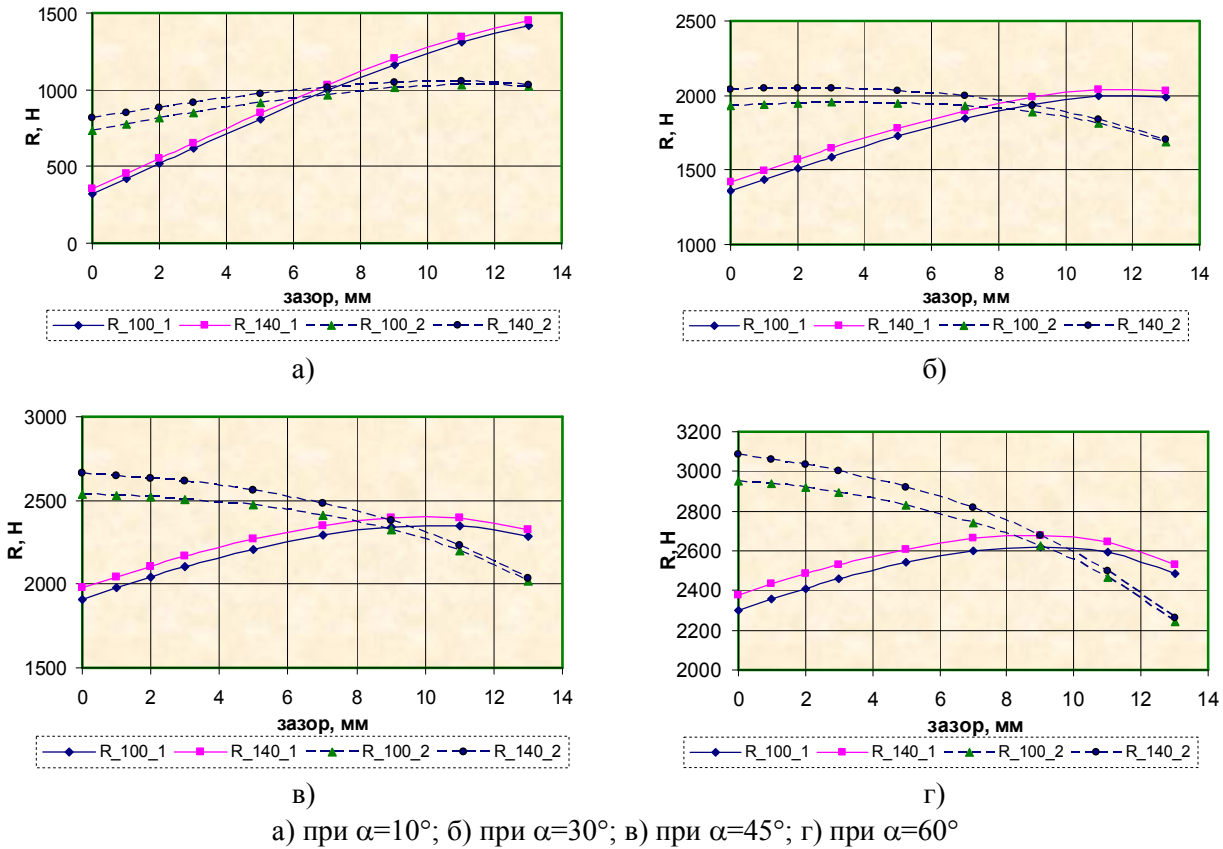


Рисунок 6 – Порівняльні залежності впливу радіального зазору у місці встановлення ОЦЕ на реакцію на центраторі для різних конструкцій КНБК

нітних кутів реакція на центраторі змінюється менше, ніж за менших кутів нахилу, наприклад, при  $\alpha=10^\circ$  зміна становить 1101 Н, а при  $\alpha=60^\circ$  – 152 Н. Для КНБК №2 реакція на центраторі зростає за зенітного кута  $10^\circ$  в інтервалі зміни радіального зазору 0-11 мм, а за більших значень зазору – зменшується. За зенітного кута  $30^\circ$  збільшення радіального зазору в межах 3 мм практично не впливає на значення реакції на центраторі, а більші зазори спричиняють її зменшення. Збільшення радіального зазору за зенітних кутів  $45^\circ$  та  $60^\circ$  спричиняє зменшення реакції. Встановлено, що за більших зенітних кутів реакція на центраторі змінюється більше, ніж за менших кутів нахилу осі свердловини, на відміну від КНБК №1. В числовому еквіваленті ця зміна становить 213 Н при  $\alpha=10^\circ$  і 826 Н при  $\alpha=60^\circ$ .

Оскільки у більшості з розглянутих випадків збільшення радіального зазору в місці встановлення центратора спричиняє зменшення реакції на ньому, то можна припустити, що при подальшому заглибленні ОЦЕ в стінку свердловини радіальний зазор досягне такого значення, за якого центратор не контактуватиме з нижньою стінкою свердловини, тож КНБК працюватиме, фактично, як безопорна.

Також встановлено, що осьове навантаження мало впливає на значення реакції на центраторі.

На основі отриманих результатів можна констатувати, що, з точки зору мінімальної змі-

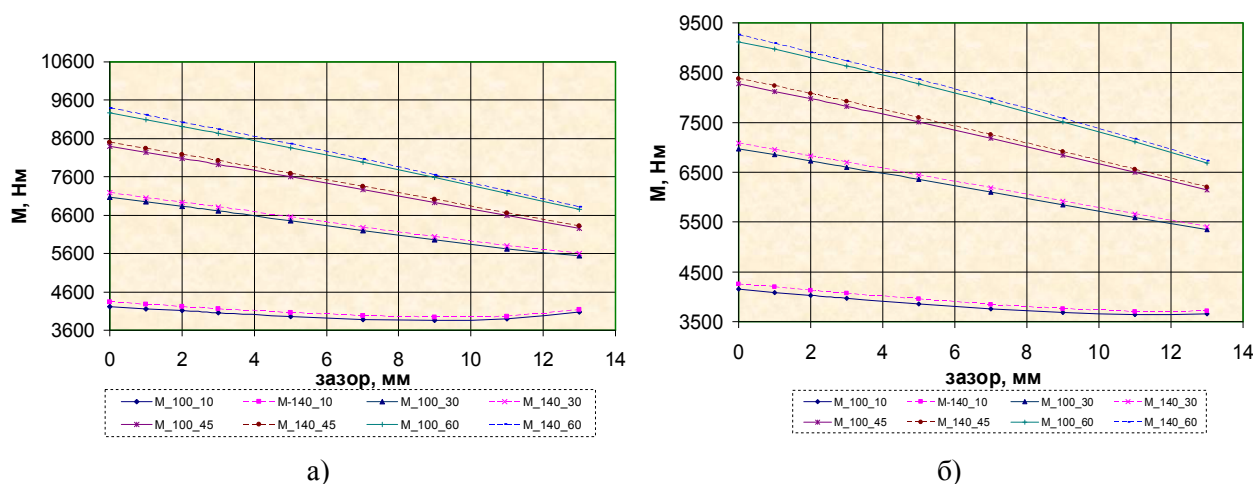
ни реакції на центраторі, за малих зенітних кутів краще використовувати компоновку з встановленим центратором на відстані 4 м (КНБК №2), а за великих кутів нахилу осі свердловини – компоновку з центратором, встановленим на відстані 3 м (КНБК №1).

Що стосується НДС КНБК, зокрема максимального згинального моменту по довжині КНБК (рис. 7), то у більшості згаданих випадків зі збільшенням радіального зазору, його значення зменшується для обидвох конструкцій КНБК.

Отримані результати свідчать про значний вплив радіальних зазорів між елементами КНБК та стінками свердловини на величини, що відображають їх взаємодію ( $Q, R$ ) і деформацію компоновки в стовбурі свердловини. Це, в свою чергу, може призвести до зміни траєкторії стовбура свердловини, а, отже, ставить під сумнів можливість реалізації проектного профілю.

### Література

1 Використання горизонтальних свердловин для розробки родовищ з важковидобувними запасами вуглеводнів: збірник наукових праць науково-практичної конференції [«Стан і перспективи розробки родовищ нафти і газу України – 2003»], (Івано-Франківськ, 18-21 листопада 2003р.) – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. – 2003. – 303 с.



а) КНБК №1 б) КНБК №2

Рисунок 7 – Залежність максимального згинального моменту від радіального зазору на ОЦЕ

2 Збільшення обсягів похило-спрямованого та горизонтального буріння – значний резерв підвищення ефективності видобування вуглеводнів та ступеня їх вилучення: збірник наукових праць науково-практичної конференції [«Стан і перспективи розробки родовищ нафти і газу України – 2003»], (Івано-Франківськ, 18-21 листопада 2003 р.). – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. – 2003.– 303 с.

3 Вудс Г. Искривление скважин при бурении / Г. Вудс, А. Лубинский. – Москва: Гостоптехиздат, 1960. – 161 с.

4 Работа бурильной колонны в скважине /Б.З. Султанов, Е.И. Ишемгузин, М.Х. Шаммасов, В.Н.Сорокин. – М.: Недра, 1973. – 217 с.

5 Чудик І.І. Вдосконалення методики проектування неорієнтованих компоновок низу бурильної колони: автореф. дисертації на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.10 «Буріння свердловин» / Чудик Ігор Іванович; Івано-Франків. нац. тех. ун-т. нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2007. – 20 с.

6 Янтурин Р.А. Совершенствование методов расчетов параметров компоновок низа бурильной колонны и их элементов для безориентированного бурения: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы» (нефтегазовая отрасль)/ Янтурин Руслан Альфредович; Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Уфа, 2005. – 20 с.

7 Белов В. П. Образование каверн при бурении скважин / В. П. Белов. – М.: Недра, 1970. – 150 с.

8 Пейсиков Ю. В. Кавернообразование при бурении скважин // Геология нефти и газа / Юрий Пейсиков. – 1992. – № 6. – С. 25 – 30.

9 Чудик І.І. Врахування каверно- і жолобоутворень 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 – 50.

10 Юрич А. Математичне моделювання положення безпорних компоновок низу бурильної колони (КНБК) в похило-скерованому стовбурі свердловини / Андрій Юрич // Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. – 2008. – №1(26). – С.40-43

11 Моделювання компоновок низу бурильної колони з опорно-центруючими елементами (ОЦЕ) в похило-скерованому стовбурі свердловини / А.Р. Юрич, І.І. Чудик, В.В. Гриців [та ін.] // Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. – 2008. – №2(27). –С.51-55.\\ С. 114

Стаття надійшла до редакційної колегії  
20.01.10

Рекомендована до друку професором  
Коцкуlichem Я.С.