

## ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ВІКНА В ОБСАДНІЙ КОЛОНІ СВЕРДЛОВИНИ ТА СПЕЦИФІКА ПРОХОДЖЕННЯ В НЬОМУ ТРУБ ПРИ БУРІННІ БІЧНИХ СТОВБУРІВ У СВЕРДЛОВИНИ

*I.V. Воєвідко, Т.С. Курташ*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42480,  
e-mail: nding@nung.edu.ua*

*Проведено аналіз технологій, що використовуються для забурювання бічного стовбура в обсадній колоні свердловини. На основі аналітичних досліджень отримано математичні залежності, які дають змогу визначити геометричні параметри вікна в обсадній колоні та величину сили реакції, що виникає в результаті контакту обважнених бурильних труб з стінками вікна. Побудовано графіки розподілу сил реакції бурильних труб зі стінками вікна в обсадній колоні по довжині їх контакту для КНБК, які найчастіше використовуються при прорізанні вікна*

*Ключові слова:* буріння, обважені бурильні труби, обсадна колона, райбер, клиновий відхилювач.

*Проведен анализ технологий, использующихся для забуривания бокового ствола в обсадной колонне буровой скважины. По результатам аналитических исследований получены математические зависимости, позволяющие определить геометрические параметры окна в обсадной колонне и величину силы реакции, возникающей при контактировании утяжеленных бурильных труб со стенками окна. Построены графики распределения сил реакции по длине контакта бурильных труб со стенками окна в обсадной колонне для наиболее распространенных КНБК.*

*Ключевые слова:* бурение, утяжеленные бурильные трубы, обсадная колонна, райбер, клиновой отклонитель.

*The article shows us the analyses of technologies, which are used for drilling a lateral hole in a casing of a well. The mathematical dependencies are received on the bases of analytical researches and help to determine geometrics of the window in a casing and the magnitude of a reaction force, which emerges as a result of a contact of weighted drilling pipes with the walls of a window. The dependencies of reaction forces along the length of the contact of drilling pipes with the walls of a window in a casing are built graphically for the bottom of a drill column which are mostly used during cutting of a window.*

*Keywords:* drilling, weighted drilling pipes, a casing, a reamer, wedge-like standoff.

Важлива роль в покращенні паливно-енергетичного балансу України відводиться раціональному використанню фонду пробурених свердловин. Вагомим резервом для підвищення обсягів видобутку нафти і газу є фонд бездіючих, аварійних і ліквідованих свердловин, які складають значну частку на багатьох родовищах України. Проаналізувавши стан розробки основних родовищ, можна зробити висновок, що велику кількість свердловин, які виведені з експлуатації, можливо та доцільно відновити і повторно ввести в промислову експлуатацію, що дасть змогу зменшити витрати на буріння нових свердловин.

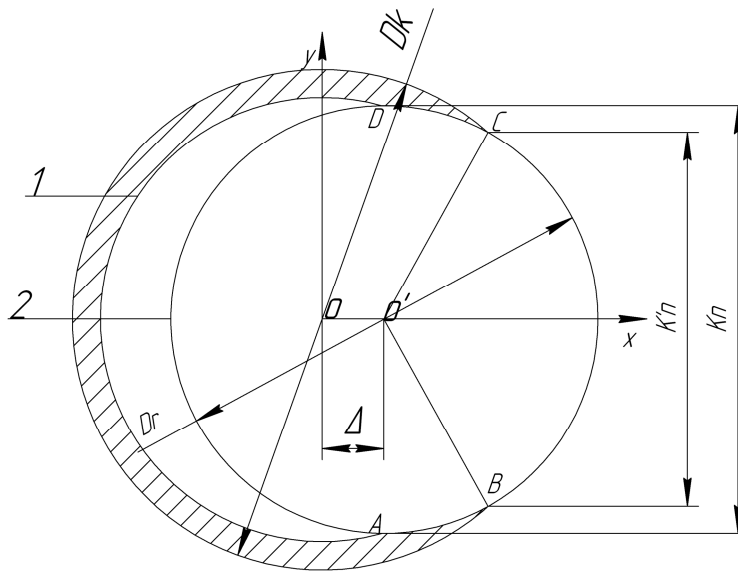
Забурювання додаткових стовбурів можливе одним із двох способів: забурювання в обсаджених або необсаджених стовбурах свердловин.

Велика кількість науково-практичних розробок та позитивний досвід проведення робіт із забурювання додаткових стовбурів у необсаджених свердловинах [1-4] свідчать, що цей спосіб можна використовувати і при забурюванні додаткових стовбурів в обсадній колоні.

В обсадній колоні свердловини додатковий стовбур можна забурювати за однією із наступних схем: в інтервалі суцільно вирізаної ділянки обсадної колони [5-9]; крізь вікно, вирізане в обсадній колоні [3-9, 10].

Технологія забурювання додаткового стовбура в інтервалі суцільно вирізаної ділянки обсадної колони може проводитись з використанням стаціонарного або з'ємного клинового відхилювача, встановленого в інтервалі вирізаної ділянки обсадної колони та використанням вибійних двигунів-відхилювачів [5,7].

Найбільш відповідальним і складним моментом технології забурювання в інтервалі суцільно-вирізаної ділянки обсадної колони є процес вирізання ділянки (частини) обсадної колони довжиною 6-9 м [5,8]. Для цього використовуються секційні фрези, конструкція яких є різновидом розсувних бурових інструментів, що використовуються при розширенні стовбура свердловини. Найбільш поширеними конструкціями таких фрезів є універсальні вирізаючі пристрої типу УВУ, розроблені Всесоюзним науково-дослідним інститутом бурової техніки (ВНДІБТ) [8,9] та фірмою "ROTARI". Дану технологію можна застосовувати лише на глибині до 2000 м і в обсадах колонах, мінімальний діаметр яких складає 168,3 мм. Дана технологія має такі недоліки, як складність процесу вирізання суцільної ділянки обсадної колони довжиною від 6 до 9 м, а також низький моторесурс пристроїв УВУ, тому вона не знайшла широкого застосування в країнах колишнього СРСР. Більш широкого застосування ця техно-



1 – обсадна колона; 2 – райбер

Рисунок 1 – Розрахункова схема для визначення поперечних розмірів вікна

логія набула в нафтогазових компаніях США та інших країн для забурювання додаткових горизонтальних стовбурів із малим радіусом набору кривизни [7].

На даний час найбільшого поширення набула технологія забурювання додаткових стовбурів крізь вирізане вікно в обсадній колоні. Перевагами даної технології є: менші затрати часу на виконання технологічної операції; менший об'єм винесення металевого шламу та значно нижча ймовірність виникнення аварійних ситуацій під час прорізання вікна в обсадній колоні завдяки використанню робочих інструментів без рухомих і розсувних елементів [4,12-14]. Окрім цього, можливе прорізання вікна в обсадних колонах діаметром до 168 мм на глибині понад 2000м, а також у свердловинах, zenітний кут яких перевищує 5°, та крізь декілька обсадних колон [3]. Також вагомою перевагою цієї технології є можливість виконання всіх робіт з відновлення свердловини роторним способом, без застосування вибійних двигунів.

У процесі зарізання та буріння додаткового стовбура найбільш відповідальним моментом є процес формування щілиноподібного вікна в обсадній колоні, а також визначення проектних геометричних його параметрів [1 – 5]. Актуальність цієї проблеми обумовлена тим, що саме недостатня обґрунтованість параметрів вікна призводить до аварійних ситуацій, або до суттєвого зростання вартості процесу відновлення свердловин. Так, при необґрунтовано великій довжині вікна, витрачається багато часу на процес формування вікна в колоні [3]. За малої довжини вікна можуть відбуватися поломки бурильної або обсадної колони, непроходження долота крізь вікно та інші види аварій [3, 6, 7 8, 10, 11]. На ліквідацію таких аварій затрачається багато часу і коштів, а складні аварії, як правило, ліквідувати не вдається. В таких випадках всі операції з вирізання вікна доводиться проводити повторно [3]. В деяких випадках, у ре-

зультаті значних контактних зусиль бурильної колони із стінками верхньої частини вікна, порушується проходження бурильної колони аж до повного її заклинювання [3, 8, 10].

Серед перших спроб теоретичного і математичного обґрунтування параметрів вікна, були розробки С.Б. Мирсалаєва [3], М.В Лігоцького [2], А. П. Гасанова [4], проте визначення довжини вікна в колоні пропонувалось проводити з врахуванням лише геометричних параметрів клинового відхилювача, або лише з врахуванням геометричних параметрів фрезера-райбера та обсадної колони без врахування силового режиму проходження бурильної колони.

В даній роботі пропонуються до уваги виведені математичні залежності для визначення геометричних параметрів вікна в колоні, тобто поперечних розмірів вікна, довжини вікна, а також визначення сил реакції, що виникають в результаті контактування частини труб КНБК зі стінками вікна у процесі прорізання обсадної колони з врахуванням геометричних характеристик бурильної колони, фрезерного інструменту, кута скосу клинового відхилювача, геометричних параметрів колони.

На рисунку 1 зображена розрахункова схема для визначення поперечних розмірів вікна в обсадній колоні в довільному її поперечному перерізі при деякому зміщенні осі райбера відносно осі обсадної колони на величину ексцентриситету Δ.

Для визначення ширини вікна по зовнішній поверхні обсадної колони отримано рівняння:

$$K'_n = 2 \cdot \sqrt{\frac{D_k^2}{4} - \left( \frac{D_k^2 - D_r^2}{8 \cdot \Delta} + \frac{\Delta}{2} \right)^2}, \quad (1)$$

де:  $D_k$  – зовнішній діаметр обсадної колони;  
 $D_r$  – найбільший діаметр райбера;  
 $\Delta$  – величина зміщення осі райбера відносно осі обсадної колони;

$K'_n$  – ширина вікна по зовнішній поверхні обсадної колони.

За аналогією визначаємо ширину вікна по внутрішній стінці обсадної колони

$$K_n = 2 \cdot \sqrt{\frac{d^2}{4} - \left( \frac{d^2 - D_r^2}{8 \cdot \Delta} + \frac{\Delta}{2} \right)^2}, \quad (2)$$

де:  $d$  – внутрішній діаметр обсадної колони;

$K_n$  – ширина вікна по внутрішній стінці обсадної колони.

Отримано рівняння, зручні для розрахунку бокових розмірів вікна в обсадній колоні, що по'язують його розміри із зовнішнім і внутрішнім діаметрами обсадної (експлуатаційної) колони, діаметром райбера, а також із зміщенням його осі відносно осі колони. Зміщення осі райбера відносно обсадної колони в даному випадку відповідає його розташуванню по довжині клинового відхилювача.

На рисунку 2 наведена розрахункова схема для визначення довжини вікна в обсадній колоні, яке формується в процесі просування райбера вздовж клинового відхилювача.

Процес формування вікна в обсадній колоні починається з того, що райбер вступає в контакт з обсадною колоною, пройшовши технологічний зазор. Відтак металоруйнуючий інструмент заглиблюється в стінку обсадної колони до повного його виходу за її межі. В подальшому райбером формується вікно певної конфігурації, яка залежить від геометричних параметрів обсадної колони, райбера і клинового відхилювача. Після завершення фрезерування вікна на завершальному етапі райбером формується жолоб, який розташований із зовнішньої сторони колони. В даному випадку конфігурація вікна отримана при його проектуванні зі сторони осі обсадної колони.

Для визначення довжини вікна в обсадній колоні отримано наступну формулу (3)

$$H = \frac{2 \cdot (Dk - 3 \cdot \delta - k) \cdot \cos(\alpha) - D_r + d_r}{2 \sin(\alpha)}, \quad (3)$$

де:  $Dk$  – зовнішній діаметр обсадної колони, мм;

$k$  – технологічний зазор, між райбером і внутрішньою стінкою обсадної колони, мм;

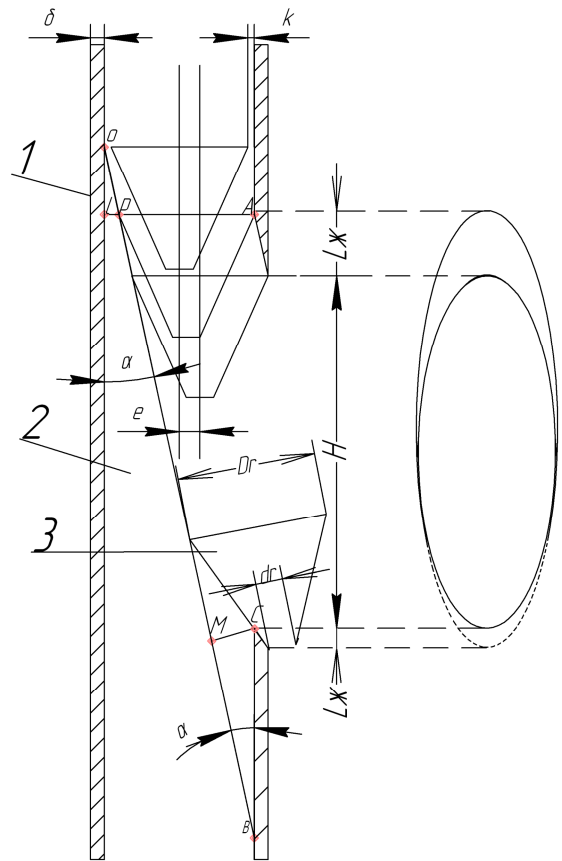
$\delta$  – товщина стінки обсадної колони, мм;

$D_r, d_r$  – відповідно найбільший і найменший діаметри райбера;

$\alpha$  – кут скосу клинового відхилювача, мм.

Як видно із виразу (3), довжина вікна залежить, насамперед, від зовнішнього діаметра обсадної колони, а також від товщини її стінки, технологічного зазору між райбером і внутрішньою стінкою обсадної колони, від геометричних параметрів самого райбера та кута скосу клинового відхилювача.

На рисунку 3 наведена розрахункова схема для визначення сил реакції, що виникають під час контактування обважнених бурильних труб із стінками "вікна" в обсадній колоні. В даному випадку такий контакт виникає за умови, що  $K'_n < D_{obt}$ .



1 – обсадна колона; 2 – клиновий відхилювач; 3 – райбер; H – довжина вікна

**Рисунок 2 – Розрахункова схема для визначення довжини вікна**

Для визначення величини реакції з однією із стінок вікна отримано таку залежність:

$$N = \frac{P}{2 \sqrt{1 - \left( \frac{K'_n}{D_{obt}} \right)^2}}, \quad (4)$$

де:  $P$  – відхилююча сила;

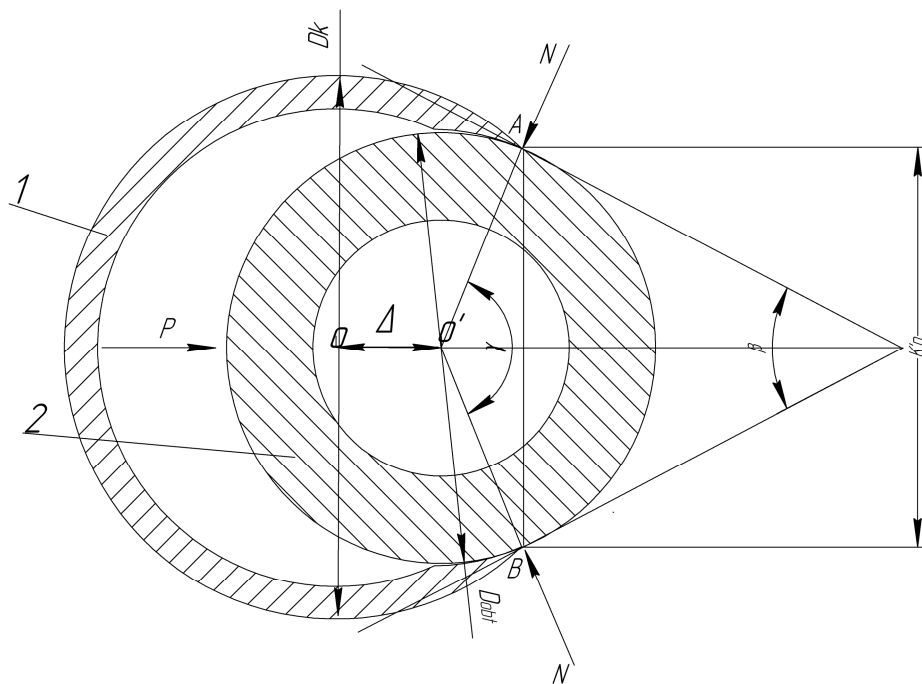
$D_{obt}$  – діаметр труб ОБТ;

$K'_n$  – ширина вікна по зовнішній поверхні обсадної колони.

Як видно із формули (4), величина реакції однієї із стінок вікна залежить від відхилюючої сили, що діє на обважені бурильні труби, та співвідношення розмірів вікна і труби.

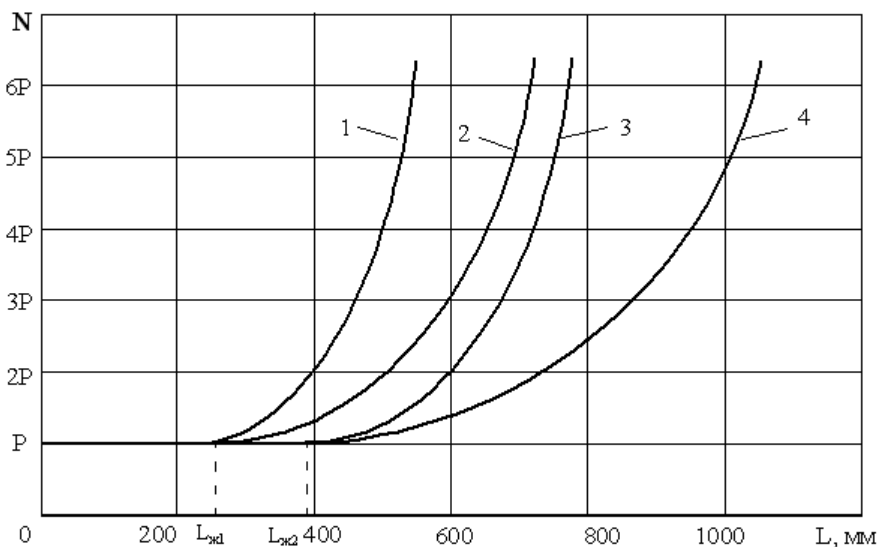
На рисунку 4 відображено залежність сили реакції, яка виникає внаслідок контактування обважнених бурильних труб із стінками вікна обсадної колони.

Як видно із графічних залежностей, представлених на рис. 4, на ділянці обважнених бурильних труб, що знаходяться в жолобі, діє реакція з боку обсадної колони, яка за величиною рівна відхилюючій силі  $P$ . Далі реакція стінки свердловини зростає із збільшенням розміру вікна із зростаючою інтенсивністю, що пов'язано із специфікою формування вікна, яка, в свою чергу, залежить від геометричних параметрів обсадної колони, металоруйнуючого інструменту та клинового відхилювача. З рисунка



1 – обсадна колона; 2 – обважнені бурильні труби

Рисунок 3 – Розрахункова схема для визначення сил реакції між вікном та стінками ОБТ під час райбування обсадної колони



- 1 – діаметр обсадної колони 168мм, діаметр ОБТ 108 мм, діаметр райбера 142 мм, кут скосу відхилювача 2,3°
- 2 – діаметр обсадної колони 146мм, діаметр ОБТ 108 мм, діаметр райбера 110 мм, кут скосу відхилювача 2,3°
- 3 – діаметр обсадної колони 168мм, діаметр ОБТ 108 мм, діаметр райбера 142 мм, кут скосу відхилювача 1,5°
- 4 – діаметр обсадної колони 146мм, діаметр ОБТ 108 мм, діаметр райбера 110 мм, кут скосу відхилювача 1,5°

Рисунок 4 – Залежність сили реакції стінки вікна при контакті з ОБТ

також видно, що реакція стінки вікна в понад 6 разів може перевищувати величину відхилюючої сили  $P$ . При цьому довжина контакту обважнених бурильних труб із стінками вікна обсадної колони в першу чергу залежить від кута скосу клинового відхилювача, а також від співвідношення діаметрів райбера і ОБТ. Чим бі-

льша величина зазначеного співвідношення, тим меншою буде довжина контакту ОБТ із стінками вікна. З цієї причини при роботі компоновки №1 зазначена довжина контакту складає лише 64% від довжини контакту КНБК № 2.

Таким чином, за отриманими залежностями (1), (2) і (3) можна визначити геометричні параметри вікна в обсадній колоні з урахуванням основних геометричних характеристик фрезерного інструменту, кута скосу клинового відхилювача, геометричних параметрів самої обсадної колоні, що, в свою чергу, дасть змогу ще на стадії проектування запобігти можливим подальшим ускладненням у ході проведенні робіт.

При прорізання вікна в обсадній колоні діаметром 168 мм райбером діаметром 142 мм довжина контакту обважнених труб в розмірі 108 мм складає лише 64% від довжини відповідного контакту при роботі райбером діаметром 110 мм в колоні розміром 146 мм.

В подальшому буде проведений силовий аналіз стану бурильної колоні під час прорізання вікна, що дасть змогу конкретизувати силовий режим роботи низу бурильної колоні.

### Література

1 Вдосконалення технології забурювання додаткових стволів в експлуатаційній колоні / М.В. Лігоцький // Нафта і газ України. Збірник наукових праць (Матеріали 5-ї міжнародної конференції “Нафта – газ України – 98”, Полтава, 15-17 вересня 1998р.). – Т 2: Полтава УНГА. – 1998. – С.110-111.

2 Лігоцький М. Шляхи оптимізації процесу забурювання додаткових стволів в експлуатаційній колоні / Микола Лігоцький // Нафтова і газова промисловість. – 1997. – № 3 – С.17-18

3 Мирсалаев С.Б. Техника и технология зарезки второго ствола скважин / С.Б. Мирсалаев. – Москва: Недра, 1967. – 63 с.

4 Гасанов А.П. Восстановление аварийных скважин: справочник / А.П. Гасанов. – Москва: Недра, 1983. – 128 с.

5 Крылов В. И. Проектирование дополнительного наклонно-направленного и горизонтального ствола из эксплуатационной колонны бездействующей скважины: учебное пособие. / В. И. Крылов, А. С. Оганов. – Москва.: Нефть и газ, 2002. – 102 с.

6 Гилязов Р. М. Бурение нефтяных скважин с боковыми стволами / Р. М. Гилязов. – Москва: ООО Недра-Бизнесцентр, 2002. – 255 с.

7 Пустовойтенко И.П. Предупреждение и методы ликвидации аварий и осложнений в бурении. / И.П. Пустовойтенко. – М: Недра, 1987. – 279 с.

8 Техника и технология строительства боковых стволов в нефтяных и газовых скважинах / [Шенбергер В.М., Зозуля Г.П., Гейхман М.Г., и др.]. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2006. – 573 с.

9 Инструкция по безопасности производства работ при восстановлении бездействующих нефтегазовых скважин методом строительства дополнительного наклонно-направленного или горизонтального ствола скважины. РД 08-625-03

10 Сулакшин С.С. Направленное бурение / С.С. Сулакшин. – М.: Недра, 1987. – 272 с.

11. Бурение наклонных и горизонтальных скважин: Справочник / [Калинин А.Г., Никитин Б.А., Солодкий К.М., Султанов Б.З.]. – М : Недра, 1997. – 648 с.

12 Повышение эффективности зарезки и бурения второго ствола в добывающих скважинах / Гусейнов Ф.А., Расулов А.М., Гасанов Т.М. и др. – Серия Бурение. – Обзорная информация. – М.: ВНИИОЭНГ, 1985. – Вып. 12. – 47 с.

13 Федорычев В.А. Техника и технология забуривания дополнительных стволов из обсаженных скважин / В.А. Федорычев. – М: ВНИИОЭНГ. – 1982. – вып. 5. – 51с. – Серия: Бурение. Обзорная информация.

14 Федорычев В.А. Вырезающие и отклоняющие устройства для забуривания стволов в обсаженных скважинах / В.А. Федорычев., О.С. Чвыков, Л.Д. Кашина // РНТС Бурение. – 1973. – № 1. – С. 11-15.

*Стаття надійшла до редакційної колегії*

*19.11.10*

*Рекомендована до друку професором  
Петриною Ю.Д.*