

## **ПРОЕКТУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ ПРОСТОРОВО ВИКРИВЛЕНОЇ СВЕРДЛОВИНИ**

*І.В. Воєвідко\*, В.В. Токарук*

*ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, Карпатська 15, тел. (0342) 727165,  
e-mail: v a s y l . t o k a r u k @ g m a i l . c o m*

*Природне просторове викривлення пов'язано з невідповідністю типу КНБК геологічним і технологічним умовам буріння певного інтервалу, а також похибками при проведенні геологорозвідувальних робіт. Запропонована методика, яка передбачає максимальне використання природного викривлення та застосування неорієнтованих компоновок низу бурильної колони. Основна ідея цієї методики полягає в тому, що проектування траєкторії свердловини здійснюється в напрямку з центра кола допуску до устя. Описано основні ділянки, з яких складається траєкторія просторово викривленої свердловини, з ділянкою великого діаметра у верхніх інтервалах. Наведено вхідні дані, необхідні для проектування профілю. Висвітлено методику розрахунку ділянки буріння за допомогою неорієнтованих КНБК, яка складається з декількох операцій, що циклічно повторюються, причому кожний наступний відрізок інтервалу стовбура свердловини проектується із врахуванням зміни зенітного і азимутального кутів на попередньому інтервалі. Проведено огляд технічних засобів для буріння ділянки стовбура, яка проводиться за допомогою орієнтованих КНБК. При роторному бурінні технічні засоби і технологія орієнтованого буріння досить складні, тому частіше використовуються відхилювачі з вибійними двигунами. В результаті розрахунку траєкторії свердловини з різними точками переходу між орієнтованими і неорієнтованими КНБК на осі, паралельній азимутальному напрямку, формується масив точок переходу від ступеневих до орієнтованих компоновок. При нанесенні цих точок на план свердловини формується проміжне поле допуску зміни КНБК. За допомогою цього поля можна здійснювати вибір оптимальної ступінчастої КНБК, керуючись необхідними значеннями зенітного кута на кінцевому етапі буріння стовбура великого діаметра і кінцевою глибиною цього інтервалу. На основі розробленої методики авторами створено програмне забезпечення, яке дозволяє автоматизувати процес проектування траєкторії свердловини. При цьому враховується зміна геології по розрізу свердловини, технічні параметри її конструкції і технологічні параметри буріння. Використовуючи запропоноване програмне забезпечення, було здійснено проектування траєкторії свердловини з прив'язкою до певних гірничо-геологічних умов буріння.*

**Ключові слова:** просторово викривлена свердловина, проектування профілю, ступенева КНБК, неорієнтована КНБК, коло допуску, відхилювач.

*Естественное пространственное искривление связано с несоответствием типа КНБК геологическим и технологическим условиям бурения определенного интервала, а также погрешностями при проведении геологоразведочных работ. Предложена методика, которая предусматривает максимальное использование естественного искривления и применение неориентированных компоновок низа бурильной колонны. Основная идея этой методики заключается в том, что проектирование траектории скважины осуществляется в направлении из центра круга допуска к устью. Описаны основные участки, составляющие траекторию пространственно искривленной скважины с участком большого диаметра в верхних интервалах. Приведены исходные данные, необходимые для проектирования профиля. Предложена методика расчета участка бурения с помощью неориентированных КНБК, состоящая из нескольких циклически повторяющихся операций, причем каждый последующий отрезок интервала ствола скважины проектируется с учетом изменения зенитного и азимутального углов на предыдущем интервале. Проведен обзор технических средств для бурения участка ствола, который сооружается с помощью ориентированных КНБК. При роторном бурении технические средства и технология ориентированного бурения достаточно сложны, поэтому чаще используются отклонители с забойными двигателями. В результате расчета траектории скважины с различными точками перехода между ориентированными и неориентированными КНБК на осі, параллельной азимутальному направлению, формируется массив точек перехода от ступенчатых к ориентированным компоновкам. При нанесении этих точек на план скважины, формируется эллипс промежуточных глубин изменения КНБК. С помощью этого эллипса можно осуществлять выбор оптимальной ступенчатой КНБК, руководствуясь необходимыми значениями зенитного угла на конечном этапе бурения ствола большого диаметра и конечной глубиной этого интервала. На основе разработанной методики авторами создано программное обеспечение, которое позволяет автоматизировать процесс проектирования траектории скважины. При этом учитывается изменение геологии по разрезу скважины, технические параметры ее конструкции и технологические параметры бурения. С использованием предлагаемого*

програмного забезпечення спроектована траекторія скважини з прив'язкою к определенным горно-геологическим условиям бурения.

Ключевые слова: пространственно искривленная скважина, проектирование профиля, ступенчатая КНБК, неориентированная КНБК, круг допуска, отклонитель.

*Natural spatial deviation is due to the non-conformity of the type of a BHA and geotechnical drilling conditions at a certain interval, as well as mistakes in conducting geological exploration. The article presents the method which benefits the most from the natural deviation and the use of non-directional bottom hole assemblies. The main idea of this method lies in the fact that the design of the well trajectory is directed from the center of the target area to the wellhead. The article describes the main sections which constitute the trajectory of a spatially deviated well including the section of big diameter in the upper intervals. The input data necessary for designing the profile are given. The authors present the method of calculating the drilling lot using non-directional BHAs. The method consists of several cyclic repetitive operations and each subsequent interval of the wellbore is designed taking into account the change of the inclination and azimuthal angles in the previous interval. The authors conduct the survey of devices for drilling the borehole section which is made using a directional BHA. In rotor drilling, the technical devices and directional drilling technology are quite complex, therefore whipstocks with mud motors are used more often. As a result of calculating the trajectory of the well with different transition points between directional and non-directional BHAs on the axis parallel to the azimuth direction, an array of transition points from two-axis to single-axis directional BHAs is formed. When drawing these points on the well plan, the ellipse of intermediate depths of BHA change is formed. This ellipse makes it possible to choose the optimal two-axis BHA using the necessary inclination angle values at the final stage of drilling a big diameter wellbore and using the final depth of this interval. On the basis of this method the authors create software that allows automating the process of designing the well trajectory, taking into account the change of geology in the log, technical parameters of wells construction and technological parameters of drilling. This software was used while designing a well trajectory, referring to certain geological drilling conditions.*

Keywords: spatially deviated well, well trajectory design, two-axis BHA, non-directional BHA, target, whipstock.

### **Вступ**

Переважна більшість похило скерованих свердловин, що проектується з плоским профілем, в процесі буріння природно викривляються в просторі, при цьому інтенсивність просторового викривлення стовбура досягає значних величин.

Природне просторове викривлення пов'язане з невідповідністю типу КНБК геологічним і технологічним умовам буріння певного інтервалу, а також з похибками при проведенні геологорозвідувальних робіт. Крім того, просторове викривлення стовбура є необхідною умовою для виконання сітки свердловин для розробки родовища кущовим методом.

У зв'язку з цим, практичний інтерес становить вирішення завдання проектування оптимального профілю свердловини просторового типу, що відповідає вимогам надійності як з точки зору технічної споруди, так і при оцінюванні ефективності її експлуатації.

### **Аналіз публікацій та висвітлення невришених раніше проблем**

Стандартна методика проектування профілю свердловини передбачає задання координат устя і вибою свердловини, а проектування траекторії свердловини зводиться до керування віссю стовбура свердловини у верхніх інтерва-

лах з допомогою орієнтованих засобів з таким розрахунком, щоб завдяки природному викривленню вибій в нижніх інтервалах потрапив у задане коло допуску. Такий підхід до проектування свердловини передбачає поінтервальне обчислення зміни зенітного і азимутального кутів у процесі поглиблення свердловини та побудову плану свердловини згідно отриманих при розрахунку значень кутів і горизонтальних проєкцій. У випадку, коли кінцева точка розрахункового профілю не потрапляє в коло допуску, проводиться коригування координат устя свердловини і здійснюється повторний розрахунок профілю свердловини. [1, 3]

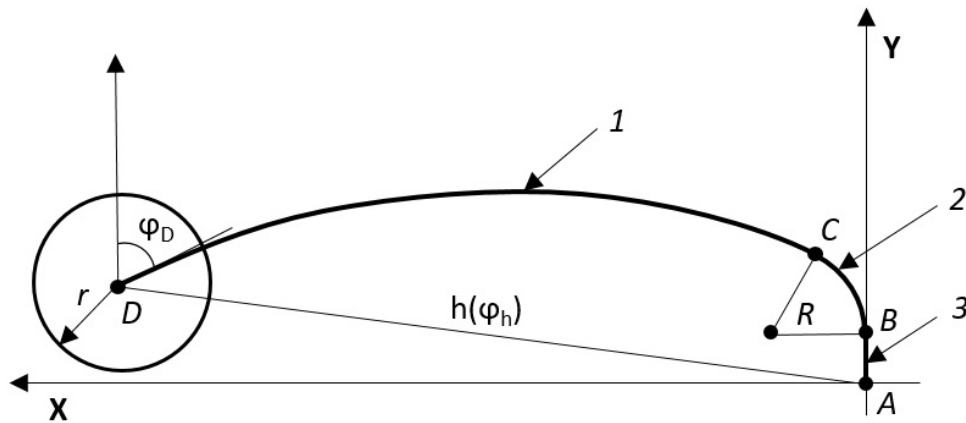
Ця методика проектування профілю свердловини має ряд недоліків, основними з яких є низька точність отриманих даних, необхідність проведення повторних розрахунків зі зміною координат устя свердловини.

### **Ціль та задачі дослідження**

Метою цієї статті є висвітлення методики проектування траекторії просторово викривленої свердловини з ділянкою великого діаметра в верхніх інтервалах.

### **Виклад основного матеріалу**

Пропонується принципово нова методика проектування траекторії свердловини з ділян-



1 – інтервал буріння неорієнтованою КНБК; 2 – інтервал буріння орієнтованою КНБК;  
3 – інтервал буріння за допомогою КНБК з двома породоруйнуючими інструментами

Рисунок 1 – Схема плану траєкторії свердловини для проведення проектування профіля

кою великого діаметра у верхніх інтервалах. Ця методика передбачає максимальне використання природного викривлення та застосування спрощених (неорієнтованих) компоновок низу бурильної колони. Основна ідея цієї методики полягає в тому, що проектування траєкторії свердловини здійснюється в напрямку з центра кола допуску до устя. Такий підхід дозволяє визначити глибину  $m.C$ , на якій необхідно змінити тип компоновки з неорієнтованої на орієнтовану, і визначити оптимальну глибину закінчення буріння інтервалу з використанням ступеневої ступеневої КНБК.

Використовуючи цей спосіб проектування, траєкторію свердловини можна умовно поділити на три інтервали (рис. 1) і в подальшому здійснювати окреме проектування кожної з цих ділянок:

- інтервал буріння за допомогою неорієнтованих КНБК, на якому зміна зенітного і азимутального кутів здебільшого залежить від геологічних умов буріння (див. рис. 1, крива  $DC$ );
- інтервал буріння з використанням орієнтованих КНБК, до складу яких входить відхилювач чи кривий перехідник (див. рис. 1, крива  $CB$ ); вибір початкової точки буріння цього інтервалу ( $m.B$ ) дозволяє коригувати траєкторію свердловини для попадання вибою в коло допуску, що здійснюється за рахунок вибору відповідної ступеневої КНБК, за допомогою якої проводиться стовбур у верхньому інтервалі буріння;
- інтервал буріння стовбура великого діаметра ступеневою КНБК, що складається з долота, розширювача і відповідної кількості ОЦЕ (див. рис. 1, крива  $BA$ ).

Цей спосіб КНБК має ряд переваг перед традиційним методом проектування профілю свердловини:

- вища точність, оскільки точка, з якої починається розрахунок, знаходиться на вибої свердловини (відповідно, в центрі кола допуску);
- здійснення меншої кількості розрахункових операцій, оскільки проектний вибір знаходиться в центрі кола допуску і немає необхідності в уточненні результатів розрахунку;
- в процесі розрахунку виділяються точки переходу між описаними вище ділянками буріння за допомогою різних типів КНБК, що дозволяє вибрати оптимальну траєкторію свердловини.

На рисунку 1 наведено схему плану траєкторії свердловини і позначено основні параметри, що використовуються при її проектуванні.

Процес проектування профілю свердловини згідно з способом, описаним вище, проводиться в такій послідовності:

1. Формування набору вихідних даних [1]:
  - проектна глибина свердловини ( $H$ );
  - величина зміщення проектного вибою відносно устя свердловини ( $h$ ) і його азимутальний напрям ( $\phi_n$ );
  - глибини спускання і діаметри обсадних колон, а також параметри КНБК, що використовуються при бурінні;
  - інтервал буріння з використанням орієнтованої КНБК, тип відхилювача і кут перекоосу його осей;
  - зенітний ( $\alpha_D$ ) і азимутальний ( $\phi_D$ ) кути входу в продуктивний пласт і товщина останнього;
  - характеристики гірських порід по розрізу свердловини, а саме: інтервали залягання порід з однаковими механічними властивостями, кути падіння пластів, напрям їх підняття, індекс анізотропії гірських порід.
2. Розрахунок ділянки траєкторії свердловини, що формується під дією природного ви-

кривлення. Цей етап поділяється на декілька операцій, що циклічно повторюються, причому кожний наступний відрізок інтервалу стовбура свердловини проектується із врахуванням зміни зенітного і азимутального кутів на попередньому інтервалі:

- визначення відхиляючої сили на долоті, що виникає внаслідок напруженого деформованого стану бурильної колони, шляхом розв'язування системи диференціальних рівнянь;

- розраховується інтенсивність зенітного викривлення інтервалу стовбура свердловини з використанням формули, отриманої М.П. Гулізаде [2];

- розраховується зенітний і азимутальний кути у верхній точці кожного інтервалу, враховуючи значення зенітної і азимутальної інтенсивності викривлення в верхній точці попередньої ділянки, використовуючи припущення, що на всій її довжині значення інтенсивності викривлення зберігається однаковим;

- визначаються горизонтальні і вертикальні довжини проєкцій певного інтервалу стовбура свердловини.

При виконанні розрахунків здійснюється припущення, що нульовий напрям азимуту співпадає з напрямком підняття пластів на інтервалі буріння ступеневою КНБК. При цьому всі подальші операції при проектуванні здійснюються відносно так званого «умовного» азимуту з врахуванням поправки на різницю між реальним і умовним азимутами на кінцевому етапі розрахунку.

3. Визначення координат точки переходу від неорієнтованої до орієнтованої КНБК (див рис.2, т.С), здійснення розрахунку радіуса викривлення траєкторії цієї ділянки і вибір КНБК з відповідним кутом перекоосу осей на відхилювачі. Радіус викривлення розраховується з умови, що буріння цього інтервалу здійснюється по гвинтовій лінії зі зміною азимуту при стабільному зенітному куті, який співпадає з кутом в верхній точці ділянки траєкторії свердловини, проведеної неорієнтованою КНБК.

Для штучного викривлення свердловин в певному напрямку використовуються відхилювачі. При роторному бурінні технічні засоби і технологія орієнтованого буріння досить складні, тому частіше використовуються відхилювачі з вибійними двигунами. З їх допомогою на породоруйнуючому інструменті створюється відхиляюча сила, або між віссю свердловини і віссю долота виникає деякий кут перекоосу. Найчастіше ці чинники діють в комплексі. Доведено, що для будь-якої системи, що відхиляє КНБК, за відсутності прогину турбобура і бу-

ріння стовбура свердловини при різних співвідношеннях діаметрів долота і турбобура, викривлення стовбура внаслідок фрезерування стінки свердловини в 4,84 рази більше, ніж в результаті асиметричного руйнування вибою [4]. Якщо виникає прогин вибійного двигуна, то частка викривлення стовбура за рахунок асиметричного руйнування породи на вибої буде ще менша.

На рисунку 2 наведена розрахункова схема для визначення радіуса викривлення ділянки траєкторії стовбура свердловини, що проводиться за допомогою орієнтованої КНБК. Дуга *BC* відображає частину траєкторії свердловини, що була проведена по гвинтовій лінії. Точка *C* відповідно є точкою переходу від орієнтованої до неорієнтованої КНБК. Для визначення величини радіуса викривлення необхідно мати інформацію про кут між дотичною до осі неорієнтованої ділянки траєкторії свердловини і перпендикуляром до осі *Y* (кут  $\beta$ ); довжину відрізка *AC*, тобто величину горизонтального зміщення точки *C* відносно апсидальної площини буріння за допомогою ступінчастої КНБК.

Величина радіуса викривлення *R*, якщо кут  $\beta$  менший  $90^\circ$ :

$$R = \frac{L}{1 - \cos \beta}. \quad (1)$$

У випадку коли кут  $\beta$  більший  $90^\circ$ , то формула для визначення величини радіуса викривлення матиме наступний вигляд:

$$R = \frac{L}{1 + \cos \beta}. \quad (2)$$

Проведення цього розрахунку дозволяє оцінити значення радіуса викривлення дуги гвинтовій лінії *R*, що є проєкцією на горизонтальну площину реальної траєкторії стовбура свердловини з певним радіусом кривизни  $R_r$ .

Оскільки буріння за допомогою відхилювача по гвинтовій лінії здійснюється зі зміною тільки азимутального напрямку свердловини при стабільній величині зенітного кута  $\alpha$ , то цей кут і буде характеризувати кут нахилу до горизонтальної площини, на яку проектується план траєкторії свердловини. Тоді величину радіуса кривизни можна визначити за наступною залежністю [3]:

$$R_r = \frac{R}{\sin^2 \alpha}. \quad (3)$$

Формулу для визначення довжини ділянки траєкторії, яка проводиться за допомогою орієнтованих КНБК, матиме наступний вигляд:

$$L_r = \frac{L \cdot \beta}{(1 \pm \cos \beta) \sin \alpha}, \quad (4)$$

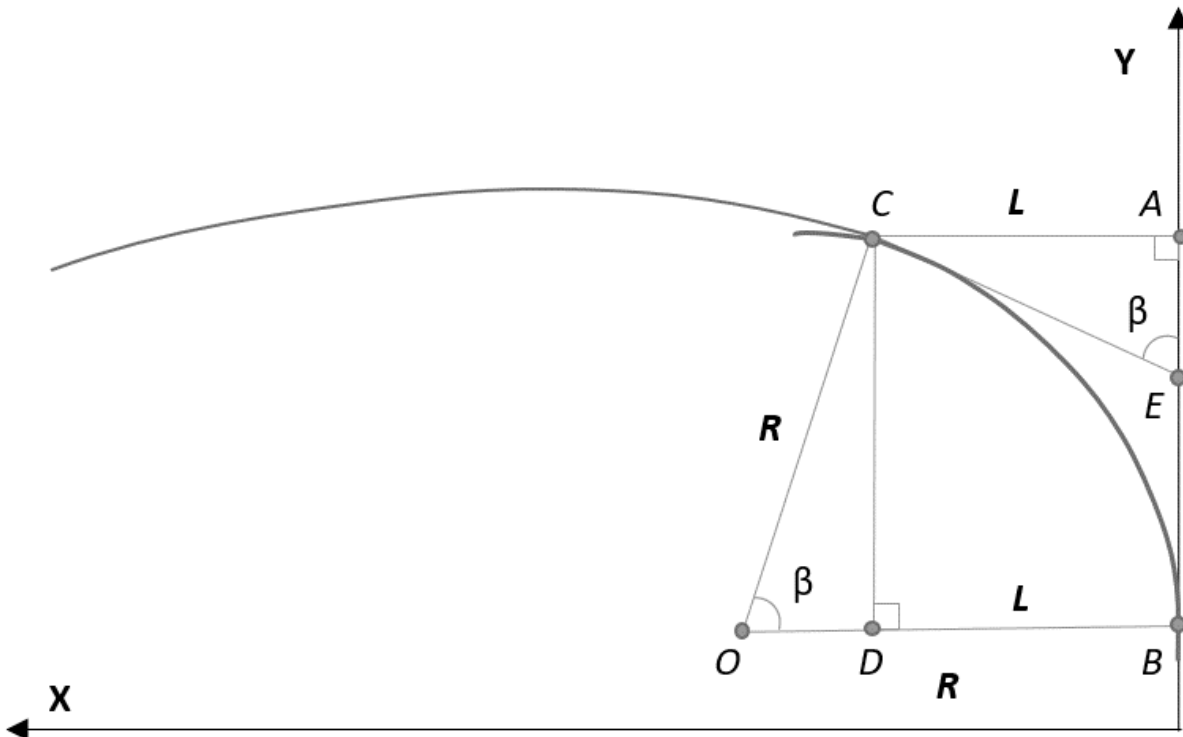


Рисунок 2 – Розрахункова схема для визначення радіуса викривлення орієнтованої ділянки стовбура свердловини

де  $L$  – величина горизонтального зміщення кінцевої точки цього інтервалу відносно напрямку буріння ступінчастою КНБК;

$\beta$  – кут між дотичною до початкової точки проекції неорієнтованої ділянки траєкторії і апсидальною площиною буріння за допомогою ступінчастої КНБК;

$\alpha$  – зенітний кут орієнтованої ділянки свердловини.

Аналізуючи це рівняння, можна дійти висновку, що величина довжини примусово викривленої ділянки свердловини залежить від трьох основних параметрів, а саме від:

- зенітного кута  $\alpha$  цієї ділянки свердловини, який є постійний на всьому інтервалі буріння;
- величиною горизонтального зміщення  $L$  кінцевої точки цього інтервалу відносно апсидальної площини буріння за допомогою ступінчастої КНБК;
- кутом  $\beta$  між дотичною до початкової точки проекції неорієнтованої ділянки траєкторії і точкою  $B$  – початком викривлення свердловини за допомогою відхилювача.

У разі, якщо викривлення відбувається, в основному, за рахунок фрезування стінки свердловини, то такі відхилювачі називаються “з пружною направляючою секцією”, а якщо за рахунок перекосу інструменту – “з жорсткою направляючою секцією”. До найбільш пошире-

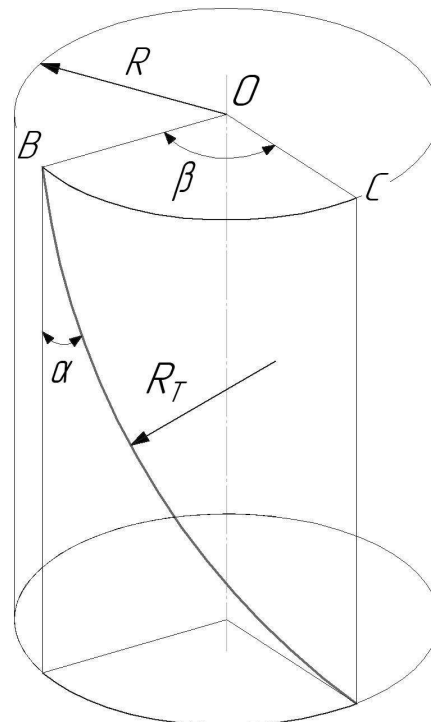


Рисунок 3 – Схема траєкторії примусово викривленої ділянки свердловини

них відхилювачів відноситься кривий перехідник. Це звичайний перехідник, приєднувальні різби якого виконані під кутом один до одного. Цей кут може становити від  $1^\circ$  до  $4^\circ$ . Кривий перехідник включається в КНБК між найбільшим двигуном і ОБТ.

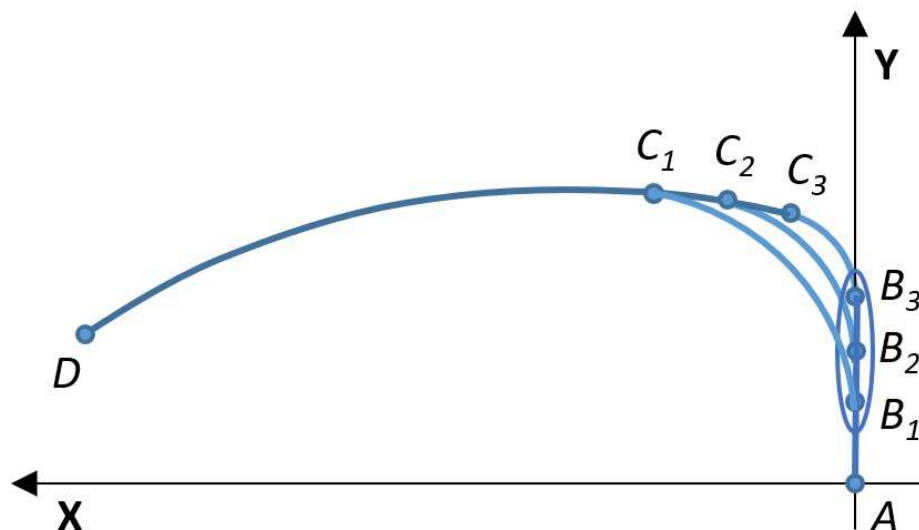


Рисунок 4 – Формування проміжного поля допуску зміни КНБК

В результаті великої жорсткості ОБТ на вибійному двигуні виникає прогин, а на породоруйнуючому інструменті – відхиляюча сила. Величина її істотно залежить від довжини і жорсткості вибійного двигуна, тому криві перехідники використовуються з односекційними або вкороченими турбобурами і гвинтовими вибійними двигунами.

Отже, використовуючи криві перехідники, величину інтенсивності викривлення можна змінювати в межах  $1^{\circ}$ - $6^{\circ}/10\text{м}$ . При використанні відхилювачів цього типу інтенсивність викривлення свердловини залежить від кута перекосу різьб, геометричних, жорсткісних і вагових характеристик КНБК, режиму буріння, фрезуючої здатності долота, фізико-механічних властивостей гірських порід, зенітного кута свердловини.

4. Визначення координат точки переходу від ступінчастої до орієнтованої КНБК (див рис.4, т.В). Підбір оптимальної компоновки з двома породоруйнуючими елементами можна здійснити, використовуючи результати розрахунків, проведених авторами раніше [5, 6].

В результаті розрахунку траєкторії свердловини з різними точками переходу між орієнтованими і неорієнтованими КНБК, на осі ОУ формується масив точок переходу від ступінчастих до орієнтованих компоновок. При нанесенні цих точок на вісь формується масив точок, який умовно можна назвати проміжним полем допуску зміни КНБК. За допомогою цих точок можна здійснювати вибір оптимальної ступінчастої КНБК, керуючись необхідними значеннями зенітного кута на кінцевому етапі буріння стовбура великого діаметра і кінцевою глибиною цього інтервалу.

На рисунку 4 зображено план траєкторії свердловини для декількох варіантів стовбурів, які проводяться за допомогою ступінчастих і орієнтованих КНБК, і виділено проміжне поле допуску при переході між ними.

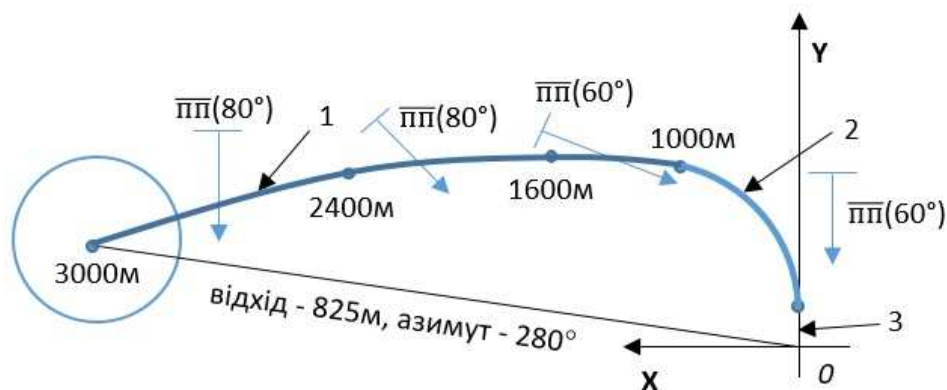
Аналізуючи плани траєкторій, зображених на рисунку 5, можна стверджувати, що при меншому боковому зміщенні вибою ділянки великого діаметра для досягнення початкової точки інтервалу неорієнтованого буріння потрібно обрати траєкторію орієнтованої ділянки з більшим радіусом викривлення, і, відповідно, з більшою довжиною.

Для спрощення проектування траєкторії свердловини було розроблено програмне забезпечення в середовищі Delphi 10, яке дозволяє враховувати поінтервальні параметри гірничо-геологічного розрізу, параметри конструкції свердловини і технологічні параметри буріння.

На рисунку 5 зображено проектний план траєкторії свердловини, для якої буріння стовбура великого діаметра відбувається в напрямку підняття пластів. Проектування здійснювали для наступних вихідних даних:

1. Буріння під експлуатаційну колону на глибину 3000м буде проводитись долотами розміром 215,9мм з коефіцієнтом фрезуючої здатності 0,051 із використанням наступної КНБК: діаметр долота – 215,9 мм, ОБТ 178 мм – 10 м, діаметр ОЦЕ – 215,9 мм, ОБТ 178 мм – 110 м.

2. В інтервалі 500-1000 м буде здійснюватися буріння зі зміною азимутального кута з допомогою відхилювача ТО-240 з кутом перекосу  $1,5^{\circ}$  з розрахунковою інтенсивністю  $i=15\text{град}/100\text{м}$ .



**Рисунок 5 - Проектний план траєкторії свердловини при бурінні в гірських породах з різними властивостями**

3. Верхній блок літологічного розрізу свердловини (0 - 1600м) характеризується анізотропною геологічною структурою (буровий індекс анізотропії  $h=0,01$ ) з кутом нахилу пластів  $\gamma = 60^\circ$ , напрям підняття яких на інтервалі 0-1000м –  $180^\circ$ , а на інтервалі 1000-1600м –  $100^\circ$ .

4. Нижній блок розрізу свердловини (1600-3000м) складається також з анізотропної геологічної структури ( $h=0,015$ ) з кутом нахилу пластів  $\gamma = 80^\circ$ , підняття яких спрямоване в азимуті  $180^\circ$ .

5. Відхід вибою свердловини від її устя на кінцевій глибині повинен скласти 825 м в азимуті  $280^\circ$ .

6. Радіус круга допуску по відході від заданої точки на поверхні продуктивного горизонту складає 75м.

7. Товщина продуктивного пласта становить 30м, зенітний кут входу в пласт -  $30^\circ$ , азимут свердловини в точці входу в пласт -  $220^\circ$ .

Згідно з проведеними раніше дослідженнями [5, 6] для буріння стовбура великого діаметра на інтервалі 0-500 м було обрано наступну компоновку: долото  $\varnothing 295,3\text{мм}$  + ОБТ 203мм - 3м + ОЦЕ  $\varnothing 295,3\text{мм}$  + ОБТ 203мм - 2м + РШ  $\varnothing 393,7\text{мм}$  + ОБТ 203мм - 3м + ОЦЕ  $\varnothing 393,7\text{мм}$  + ОБТ 203мм, що дозволяє забезпечити зміну зенітного кута від  $2^\circ$  на початку буріння інтервалу до  $10^\circ$  на глибині 500 м. В результаті буріння з використанням цієї КНБК горизонтальне зміщення на глибині 500 м становить 45 м. Для подальшого буріння на інтервалі 500-1000 м використовувалась КНБК з відхилювачем ТО-240 з кутом перекосу  $1,5^\circ$ , що дозволило здійснити буріння цього інтервалу зі зміною азимуту свердловини від  $360^\circ$  до  $290^\circ$ . При поглибленні свердловини з використанням неорієнтованих компоновок за рахунок впливу геологічних і технічних факторів досягається зміна

азимуту від  $290^\circ$  на глибині 1000м до  $220^\circ$  на 3000м, і приріст зенітного кута від  $17^\circ$  до  $30^\circ$ .

### Висновки

Використання методики проектування траєкторії стовбура свердловини в напрямку від центра кола допуску, тобто від вибою, дозволяє значно підвищити точність проведення свердловини і зменшити кількість уточнюючих розрахунків. В свою чергу, максимальне використання неорієнтованих КНБК дозволяє значно підвищити техніко-економічні показники буріння. Використовуючи описану методику, було проведено проектування раціональної траєкторії свердловини для конкретних гірничо-геологічних умов буріння.

### Література

1 Белоруссов В.О. Прогнозирование и расчёт естественного искривления скважин: Справочное пособие / В.О. Белоруссов, Т.М. Боднарчук. – М.: Недра, 1988. – 175 с.

2 Гулизаде М.П. Методика расчёта интенсивности искривления ствола наклонной скважины / М.П. Гулизаде, Л.Я. Кауфман, Л.Я. Сушон. – Тюмень: Гипротюменнефтегаз, 1974. – 61 с.

3 Воевидко И.В. Прогнозирование искривления скважин при неориентированном бурении с использованием гидравлических забойных двигателей / И. В. Воевидко, И. И. Чудык // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2015. – №2. – С. 6-11.

4 Григорян Н.А. Бурение наклонных скважин уменьшенных и малых размеров / Н.А. Григорян. – М.: Недра, 1974. – 240 с.

5 Воевидко И.В. Разработка компоновок низа бурильной колонны для бурения условно вертикальных скважин диаметром 660мм / И. В. Воевидко, В. В. Токарук // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2018. – №1. – С. 112-120.

6 Воевидко І.В. Проектування компоновок низу бурильної колони з двома породоруйнівними інструментами для буріння свердловин в заданому напрямку / І. В. Воевидко, В. В. Токарук, М. А. Бодзян // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2018. – №2 (67). – С. 14-20.

#### REFERENCES

1 Belorussov V.O. Prohnozyrovanye u raschiot estestvennoho yskryvleniya skvazhyn: Spravochnoe posobyе / V.O. Belorussov, T.M. Bodnaruk. – M.: Nedra, 1988. – 175 p.

2 Gulizade M.P. Metodika raschota intensivnosti iskrivleniya stvola naklonnoy skvazhiny / M.P. Gulizade, L.Ya. Kaufman, L.Ya. Sushon. – Tyumen: Giprotymenneftegaz, 1974. – 61 p.

3 Voevydko Y.V. Prohnozyrovanye yskryvleniya skvazhyn pry neorjentyrovannom burenyu s yspolzovanyem hydravlycheskykh zaboinykh dvyhatelei / Y. V. Voevydko, I. I. Chudyk // Vestnyk Belorussko-Rossyiskoho unyversyteta. – 2015. – No 2. – pp. 6-11.

4 Hryhorian N.A. Burenye naklonnykh skvazhyn umenshennykh y malykh razmerov. – M.: Nedra, 1974. – 240 p.

5 Voevydko Y.V. Razrabotka komponovok nyza burylnoi kolonne dlia burenyia uslovno vertykalnekh skvazhyn dyametrom 660mm / Y. V. Voevydko, V. V. Tokaruk // Vestnyk Belorussko-Rossyiskoho unyversyteta. – 2018. – No 1. – pp. 112-120.

6 Voievidko I.V. Proektuvannia komponovok nyzu burylnoi kolony z dvoma porodoruinivnymi instrumentamy dlia burinnia sverdlovyn v zadanomu napriamku / I. V. Voievidko, V. V. Tokaruk, M. A. Bodzian // Rozvidka ta rozrobka naftovyh i gazovyh rodovyshch. – 2018. – No 2 (67). – pp. 14-20.