

38(1), 95–101. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2025-1-95-101>
<https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/948>

4. Склярів, М. В., Швець, В. В., & Каушканов, А. А. (2024). Інноваційні технології у будівництві як ресурс економічного розвитку. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, 37(2), 163–170. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2024-2-163-170>
<https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/908>

5. Смоляк, В. В., & Подорожнюк, В. (2024). Інноваційні стратегії в галузі первинної нерухомості України. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, (1), 177–182. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2024-1-177-182>
<https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/886>

6. СНА (Мінрегіон України). (2025, 19 вересня). Економічний ефект від цифровізації будівельних послуг – \$3,3 млрд щорічно. <https://mindev.gov.ua/news/ekonomichnyi-efekt-vid-tsyfrovizatsii-budivelnikh-posluh-33-mlrd-shchorichno>

УДК

РОЗРАХУНОК ТРАЄКТОРІЇ ТА ПОБУДОВА ПРОФІЛЮ ПОХИЛО-СКЕРОВАНИХ СВЕРДЛОВИН

Матяш О.В., PhD, доцент

Діготь О.А., аспірант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

matyash19831010@gmail.com

Сучасна нафтогазова індустрія характеризується високим рівнем технічної складності, глибокими свердловинами, складною геологічною будовою родовищ та підвищеними вимогами до безпеки й економічної ефективності. У таких умовах традиційні вертикальні свердловини часто не забезпечують досягнення поставлених завдань. Віддаленість покладів, обмеження щодо розміщення бурових майданчиків, необхідність оптимізувати розкриття пластів і підвищувати видобуток нафти та газу — усе це стимулює активне застосування похило-скерованого буріння.

Похило-скероване буріння є однією з найбільш технологічно складних і водночас стратегічно важливих методик сучасної нафтогазової інженерії. Його розвиток став можливим завдяки вдосконаленню конструкцій бурового інструменту, впровадженню систем вимірювання під час буріння (MWD/LWD) та розвитку математичних моделей для точного передбачення й контролю траєкторії стовбура свердловини. У сучасних умовах ця технологія забезпечує максимальну ефективність освоєння родовищ і дозволяє вирішувати широкий спектр геологічних, технічних і економічних завдань.

Розрахунок координат і побудова профілю похило-скерованої свердловини — це комплексний процес, що поєднує геометрію, тригонометрію, інженерні обмеження та реальні дані під час буріння. Сучасні методи буріння дозволяють з точністю до сантиметрів визначити положення забою, але лише за умови правильного використання математичних моделей і методів обробки траєкторних даних. Ефективність буріння значною мірою залежить від точного визначення просторового положення свердловини, правильного планування її траєкторії та коректного розрахунку координат усіх точок стовбура. Проектування спрямованої свердловини починається з вибору поверхневих координат бурового майданчика, координат цільового об'єкта в пласті, істинної вертикальної глибини (TVD); точки початку відхилення, типу профілю свердловини, допустимого викривлення. Ці дані дозволяють визначити форму майбутнього стовбура у вертикальній та горизонтальній площинах.

Одним із найнадійніших та найпоширеніших методів розрахунку координат похило-скерованих свердловин є метод мінімальної кривизни (Minimum Curvature Method, MCM),

який дозволяє будувати фізично реалістичну, плавну траєкторію, що враховує як кут нахилу, так і азимут кожного інтервалу буріння. Даний метод є найточнішим та найбільш фізично обґрунтованим математичним алгоритмом, що дозволяє визначити тривимірну форму свердловини між вимірювальними точками, забезпечуючи високу точність розрахунків, ефективний контроль відхилень від проектної траєкторії та можливість створення тривимірних моделей свердловини. Цей метод став стандартом у сучасному бурінні завдяки своїй надійності, універсальності та здатності інтегруватися з програмними системами планування буріння, це офіційний стандарт індустрії, який рекомендовано SPE, API, ISCWSA, а також реалізовано в програмних продуктах провідних сервісних компаній: Schlumberger, Halliburton, Baker Hughes, Weatherford.

Метод мінімальної кривизни ґрунтується на побудові тривимірної кривої між сусідніми точками свердловини так, щоб кутові зміни були мінімальні. Основне завдання розрахувати координати X, Y, Z . Для розрахунку координат використовуються: глибина (MD) – довжина стволу від початкової точки, нахил (I) – кут між стволом свердловини і вертикаллю, азимут (A) – напрямок проєкції свердловини на горизонтальну площину, (F) – фактор кривизни, що дозволяє врахувати дугоподібність траєкторії. Координати наступної точки обчислюються за формулами, які поєднують нахил, азимут, глибину і фактор кривизни:

$$\begin{aligned}\Delta MD &= MD_2 - MD_1; \\ X_2 &= X_1 + \frac{\Delta MD}{2} (\sin I_1 \cos A_1 + \sin I_2 \cos A_2) * F; \\ Y_2 &= Y_1 + \frac{\Delta MD}{2} (\sin I_1 \cos A_1 + \sin I_2 \cos A_2) * F; \\ Z_2 &= Z_1 + \frac{\Delta MD}{2} (\sin I_1 \cos A_1 + \sin I_2 \cos A_2) * F.\end{aligned}$$

Метод мінімальної кривизни є одним із найбільш ефективних і надійних способів розрахунку просторового профілю похило-скерованих свердловин. Він забезпечує точне визначення координат, плавність траєкторії та можливість адаптації до різних типів свердловин. Завдяки своїй точності та універсальності, є незамінним інструментом у сучасному бурінні, дозволяючи оптимізувати планування, підвищувати безпеку та ефективно освоювати нафтові та газові поклади. Його застосування дозволяє ефективно контролювати відхилення від проектної траєкторії, інтегрувати розрахунки з програмними системами планування буріння та будувати тривимірні моделі свердловини.

Розрахунок координат і побудова профілю похило-скерованих свердловин є ключовим етапом планування буріння, що забезпечує точність, безпеку та ефективність освоєння родовищ. Метод мінімальної кривизни виступає основним інструментом у цьому процесі, поєднуючи математичну точність, фізичну реалістичність та практичну застосовність у сучасній нафтогазовій інженерії.

Література:

1. T. A. Inglis. *Directional Drilling: Volume 2. Petroleum Engineering and Development Studies*. London: Graham & Trotman Inc 1987. – 260 P.
2. Baker Hughes INTEQ, 1995: *Drilling engineering workbook. A distributed learning course*. Baker Hughes INTEQ Inc., 410 P.
3. Мислюк М.А., Рибчич І.Й., Яремійчук Р.С. *Буріння свердловин: У 5 т. Том 3. Вертикальне та скероване буріння*. К. : Інтерпрес ЛТД, 2004. – 293 с.