УДК 622.276.53:621.671(047)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПРОФІЛЮ СВЕРДЛОВИН ЗА ДАНИМИ ІНКЛІНОМЕТРІЇ

Дуткевич О. Р.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська,15, olya.dytkevuch@ukr.net

Анотація. *У статті розглянуто декілька методів розрахунку профілю стовбура нафтовидобувних свердловин, їх переваги і недоліки та представлена порівняльна таблиця з даними інклінометрії .*

Abstract. *The article describes several methods for calculating the borehole profile, their advantages and disadvantages and presented a comparative table with inclinometer data.*

Вступ. Значна частина нафтовидобувних свердловин, обладнаних штанговими глибиннонасосними установками (ШГНУ), мають викривлену траєкторію стовбура свердловини. Математичні моделі руху штангової колони зазвичай будуються у припущенні, що стовбур свердловини є вертикальним. Однак, викривленість спричиняє появу додаткових напружень згину у штанговій колоні, що негативно впливає на довговічність штангової колони і збільшує імовірність її обриву в процесі експлуатації [1].

Для того, щоб ризики обриву були мінімальними, потрібно враховувати дійсну траєкторію стовбура свердловини. Визначення траєкторії стовбуру свердловини за даними інклінометрії передбачає вимірювання у кожній опорній точці кута нахилу та азимуту, а також довжини стовбура від гирла свердловини до даної точки [2].

Існує більше вісімнадцяти методів, доступні для обчислення або визначення траєкторії стовбура свердловини [3]. Основна відмінність у всіх методах полягає в тому, що одна група використовує пряму лінію апроксимації, а інші припускають, що стовбур свердловини є більш кривим і апроксимація відбувається з вигнутими сегментами. Нижче перераховані шість методів в порядку зростання їхньої переваги та складності:

1. Тангенційний метод
2. Зрівноважений тангенційний метод
3. Метод Меркьюрі
4. Метод середнього кута
5. Радіус кривини
6. Метод мінімального радіусу кривини

Тангенційний метод (також відомий як зворотна станція або метод кутового терміналу) - найпростіший і старий метод, який використовується протягом багатьох років [3]. Він передбачає, що

стовбур буде підтримувати той же кут і азимут між кожною опорною точкою, таким чином, що кути, які проектуються залишаються незмінними між опорними точками. Цей метод дуже неточний, особливо в побудові і керуванні конфігурацією, в якій він показує менш вертикальне і більш горизонтальне зміщення, ніж є насправді.

Зрівноважений тангенційний метод використовує нахил і напрям кутів у верхній і нижній частині довжини дистанції, щоб збалансувати тангенційно два набори виміряних кутів. Цей метод поєднує в собі тригонометричні функції, щоб забезпечити середній нахил і напрям кутів, які використовуються в стандартних обчислювальних процедурах. Він забезпечує більш гладку криву, яка повинна більш точно апроксимувати фактичний стовбур свердловини.

Метод Меркьюрі є поєднанням тангенційного і зрівноваженого тангенціайного методів.

Метод усереднення (також відомий як метод середнього кута) враховує середнє значення кутів по довжині свердловини [3]. Він заснований на припущенні, що стовбур свердловини паралельний середньому арифметичному обох кутів між двома опорними точками. Цей метод досить простий і в основному його прийнято використовувати в польових умовах.

Метод радіусу кривини передбачає, що стовбур свердловини є гладкою дугою між опорними точками. Стовбур свердловини прямує до гладкої сферичної дуги між опорними точками і проходить через виміряні кути на обох кінцях, які теоретично обгрунтовані і максимально точні. Проте, цей метод включає в себе складні розрахунки. Припущення про те, що свердловина є гладкою кривою між опорними точками робить цей метод менш сприйнятливим до розміщення і відстані між опорними точками в порівнянні з іншими методами [4]. Він не підходить для використання, якщо дані дуже схожі, так як проміжні розрахунки в рівнянні можуть викликати ділення на нуль або неправильну фактичну вертикальну глибину, якщо стовбур свердловини являє собою пряму лінію.

Метод мінімальної кривини став прийнятим галузевим стандартом для розрахунку 3D спрямованих обстежень. Траєкторія свердловини представлена певним набором дуг кола і прямих ліній [5]. Мінімальна кривина передбачає, що стовбур являє собою сферичну дугу з мінімальною кривиною або максимальним радіусом кривини між опорними точками [3]. Тобто стовбур свердловини прямує до плавної дуги кола між опорними точками. Це, по суті, зрівноважений тангеційний метод, кожен проміжний результат якого потрібно помножити на коефіцієнт відношення (КВ). Цей метод включає в себе дуже складні розрахунки, але з появою комп'ютерів він став найбільш поширеним і прийнятним методом для промисловості.

Таблиця 1 показує порівняння шести методів, перерахованих вище.

Як бачимо, тангенційний метод показує значну похибку для широти, довготи і висоти, тому його не доцільно використовувати в промисловості [3]. Відмінності між іншими методами дуже незначні, тобто будь-який з них може бути використаний для розрахунку траєкторії стовбура.

Перші чотири метода, застосовують до траєкторії стовбура свердловини, напрям якого наближається до прямої лінії, в той час як радіус кривини строго використовують до траєкторії стовбура свердловини, який нагадує напрям сегменту кривої. Тангенційний метод в основному застосовують до утворень з великою площею (з високим ступенем контролю). Метод мінімальної

кривини є універсальним, його можна застосовувати до будь-якого напрямку траєкторії та цільового радіусу.

Таблиця 1 – Порівняння точності шести методів

Відмінність від фактичного значення	Північне зміщення	Відмінність від фактичного значення	Фактична вертикальна глибина	Метод
43,09	998,02	-25,38	1628,61	Тангенційний
-0,21	954,72	-0,38	1653,61	Зрівноважений тангенційний
0,04	954,89	-0,37	1653,6	Меркьюрі
0,11	955,04	0,19	1654,18	Середнього кута
0	954,93	0	1653,99	Радіус кривини
0	954,93	0	1653,99	Мінімальної кривини

Висновки. Для визначення координат опорних точок на даний час найдоцільніше застосовувати метод мінімальної кривини, що передбачає представлення ділянок між опорними точками, в яких проводяться вимірювання, сегментами кола із мінімально можливою кривиною. Даний метод забезпечує найкращу точність визначення координат вузлових точок порівняно з іншими відомими методами (середнього кута, радіусу кривини, тангенційним).

Використані літературні джерела:

1. Мищенко И.Т . Скважинная добыча нефти: Учебное пособие для вузов. — М : Изд-во «Нефть и газ », 2003. - 816 с.

2. Калинин А. Г. Профили направленных скважин и компоновки низа бурильных колонн / А. Г. Калинин, Б. А. Никитин, К. М. Солодкий, А. С. Повалихин. – М. : Недра, 1995. - 304 с.

3. Bourgoyne Jr. Adam T. Applied Drilling Engineering, SPE Textbook Series, Vol. 2/, Bourgoyne, Millheim, Chenvert, Young . – Texas: Society of Petroleym Engineers Richardson, 1991. – 508 c.

4. Tarek A. Reservoir Engineering Handbook, Second Edition/ Tarek Ahmed . – Houston, Texas: Gulf Publishing Company, 2000. - 1211 c.

5. Sawaryn S.J. A Compendium of Directional Calculations Based on the Minimum Curvature Method/ Sawaryn S.J., SPE, and J.L. Thorogood // SPE Annual Technical Conference and Exhibition: 5-8 October, 2003, Denver. Colorado.