

ГРАФОАНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД КОРИГУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ СВЕРДЛОВИНИ

І.С.Васько, І.А.Васько, А.І.Васько

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42264, 42453,
e-mail: public@nung.edu.ua*

Розроблено методику графоаналітичного способу розрахунку скоригованої траєкторії з використанням бланка сферичних координат. Розглядаються особливості коригування траєкторії свердловини порівняно з проектним розрахунком.

Ключові слова: сферичні координати, коригування траєкторії свердловини, проектний профіль, зенітний кут.

Разработана методика графоаналитического способа расчёта скорректированной траектории с использованием бланка сферических координат. Приведены особенности корректирования траектории скважины в сравнении с проектным расчётом.

Ключевые слова: сферические координаты, корректирование траектории скважины, проектный профиль, зенитный угол.

Technique of graph-analytical method of calculation of the adjusted trajectory using the form of spherical coordinates is developed. Path well adjustment particularities in comparison with design calculations are given.

Keywords: spherical coordinates, adjusted trajectory of well, project profile, zenithal corner.

У процесі буріння похило скерованих свердловин (ПСС) з цілого ряду причин можливе відхилення фактичної траєкторії свердловини від проектного профілю. Причини невідповідності фактичного і проектного профілів можуть бути як об'єктивними (неточна або неповна геологічна інформація на етапі проектування, непередбачені ускладнення в процесі буріння, зміна запроєктованих режимно-технологічних параметрів буріння тощо), так і суб'єктивними (нерегулярність проведення інклінометрії, несвоєчасність забезпечення процесу буріння необхідними технічними засобами, низька технологічна і виконавча дисципліна тощо).

Якщо запроєктована траєкторія не потрапляє до кола допуску, проектний профіль свердловини коригують. За незначних відхилень фактичної траєкторії від проектного профілю за зенітним, а, особливо, за азимутальним кутом, її коригують, використовуючи неорієнтовані компоновки різних типів. Інакше коригування здійснюють за допомогою відхиляючих пристроїв [2, 1].

У будь-якому випадку потрібно розраховувати новий, як правило, просторовий профіль. Перепроєктування зводиться до визначення орієнтації викривлення, зенітного і азимутального кутів на інтервалі зміни азимута, раціональних довжин прямолінійно-нахилених і криволінійних ділянок профілю, довжини стовбура за інструментом, декартовими і сферичними координатами траєкторії на кожному з інтервалів скоригованої ділянки профілю.

Розрахунок коригування траєкторії свердловини порівняно з проектним розрахунком володіє низькою особливостями.

Під час розрахунку ділянки профілю для коригування напряму ПСС у початковій точці уже має певні зенітний і азимутальний кути.

Тому верхній інтервал нового профілю, котрий бурять компоновками з відхиляючими пристроями, розташований здебільшого у нахилений площині і характеризується одночасною зміною зенітного і азимутального кутів. В кінці цього інтервалу свердловина повинна мати обумовлені сферичні координати, котрі при подальшому бурінні забезпечать її влучання в задану точку на проектній глибині.

Інколи потрібно розрахувати декілька варіантів відкоригованого профілю, змінюючи розташування кінцевої точки (центр кола допуску, найближча або найдалша, ліва або права точки на колі допуску).

Ще однією особливістю перепроєктування профілю ПСС є те, що розрахунки виконують оперативно, як правило в умовах бурової. Тому методики розрахунку повинні бути, по можливості, простими.

Найпоширенішим, і в багатьох випадках раціональним, є профіль (рис. 1), що складається із розрахункового інтервалу AC роботи з відхилювачем і відтинку CD стабілізації отриманого напрямку. Інтервал штучного викривлення розраховується у вигляді дуги з постійною кривизною. Загалом пласка дуга AB лежить в нахилений площині. Інтервал стабілізації BC – це відрізок прямої.

В [1, 2] наведено аналітичний розрахунок сформульованої вище задачі. Однак, цей розрахунок є громіздким, і без використання персонального комп'ютера виконувати його досить складно.

Пропонується графоаналітичний метод розрахунку скоригованої траєкторії з використанням бланка сферичних координат.

За допомогою годографа уся група сферичних параметрів кривизни (зенітні і азимутальні кути, просторовий кут викривлення, кут

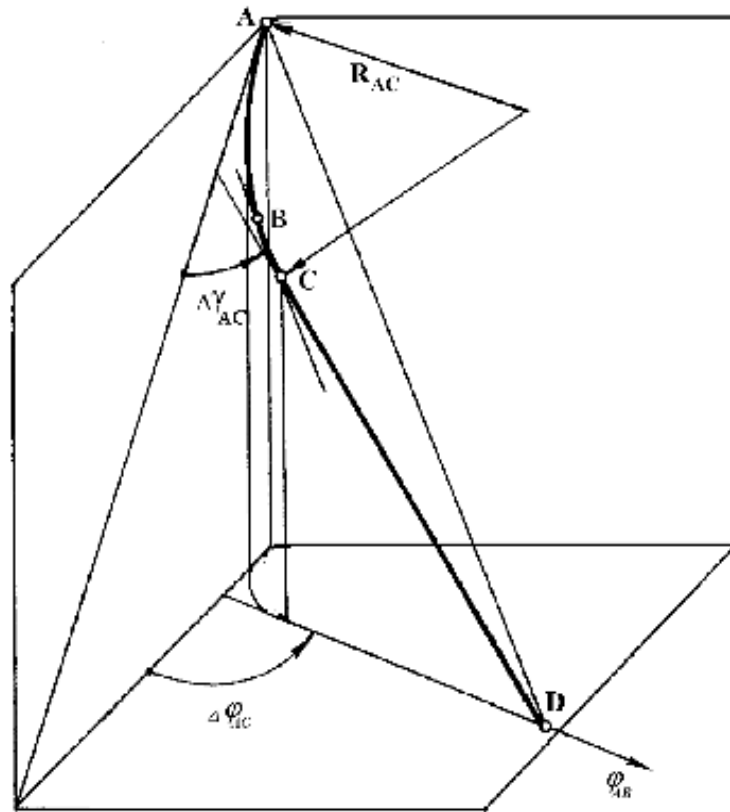


Рисунок 1 – Двоїнтервальний профіль для коригування напрямку свердловини

установки відхилювача, кут кручення тощо) розраховуються графічним шляхом.

Кінець скінченного вектора, який відтворює повороти дотичної при переміщенні точки вздовж просторової траєкторії, загалом описує її сферичний годограф. Графічні розрахунки зручно виконувати на плоскому графіку – бланку сферичних координат.

За допомогою годографа можна обробляти дані про фактичну траєкторію свердловини, аналізувати тенденції природного викривлення, розраховувати сферичні координати проектної траєкторії, або скоригованої, перерахованої траєкторії для свердловин, які відхилилися від проекту.

Слід зауважити, що годограф використовують, здебільшого, лише для розрахунку сферичних параметрів кривизни: він не містить в наочній формі координат точок траєкторії. Годограф є характеристичною лінією, яка розкриває особливості складної просторової траєкторії в специфічній інтерпретації. При цьому елементи і параметри траєкторії кривої на годографі набувають нового геометричного змісту і тому простіше піддаються розрахунку.

На рисунку 2 зображено бланк сітки сферичних координат [1].

На бланку нанесено сітку меридіанів і паралелей. Меридіани відповідають азимутальним кутам точок просторової траєкторії, а паралелі (відстань від полюса) – зенітним кутам.

Пласка крива, зокрема дуга кола AB , – відрізок прямої лінії, який з'єднує дві точки на бланку, що відповідають заданим сферичним координатам її початку і кінця.

Просторовий кут викривлення на інтервалі $\Delta\gamma_{AB}$ (кут повороту дотичної вздовж відрізка плоскої кривої) – довжина цього відрізка.

Кут установки відхилювача β_A в початковій точці інтервалу – кут між меридіаном в заданій точці і лінією годографа, при цьому додатнім напрямом меридіана вважається напрям в бік збільшення зенітного кута.

Перед розрахунком профілю відомі такі величини:

l_A, α_A, φ_A – довжина пробуреної частини свердловини, зенітний і азимутальний кути в точці A , котра є початковою для розраховуваного профілю відповідно;

x_A, y_A, z_A – декартові координати точки A при такій орієнтації осей: OX – схід, OY – північ, OZ – вниз вздовж вертикалі;

x_D, y_D, z_D – декартові координати центра кола допуску на проектній глибині.

Потрібно задатися i_{AC} – інтенсивністю штучного викривлення на інтервалі AB .

На першому етапі проводимо розрахунок сферичних координат прямої AD , що проходить через поточний і кінцевий вибої:

$$\alpha_B = \arctg \left\{ (z_D - z_A) \times \right. \quad (1)$$

$$\left. \times \left((x_D - x_A)^2 + (y_D - y_A)^2 + (z_D - z_A)^2 \right)^{-1/2} \right\};$$

$$\varphi_B = \arctg \frac{(x_D - x_A)}{(y_D - y_A)}. \quad (2)$$

На бланк наносимо точки, які відповідають сферичним координатам точок проектної трає-

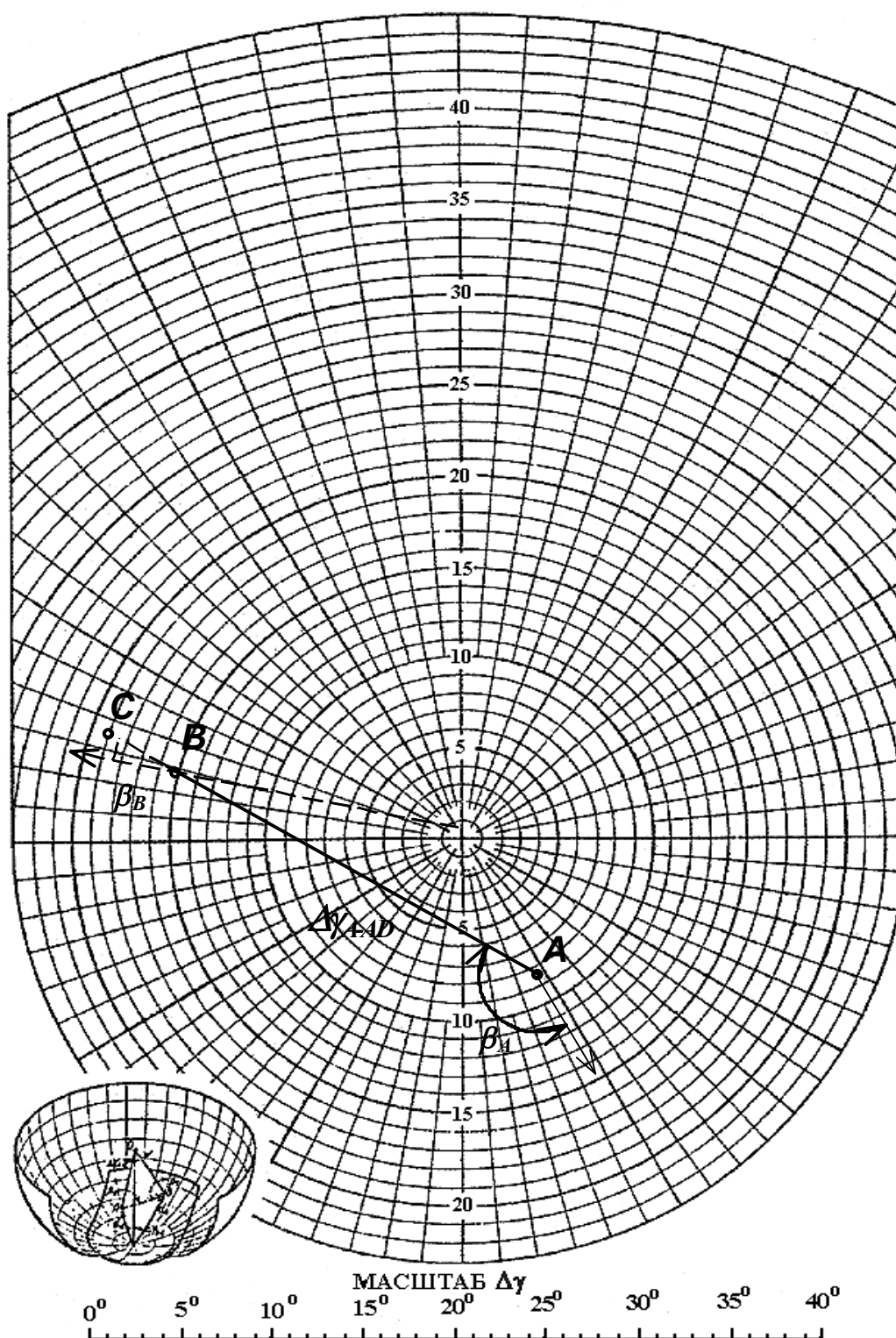


Рисунок 2 – Розрахунок коригування профілю з використанням годографа

кторії A і B . З'єднавши їх відрізком прямої, будемо годограф інтервалу свердловини AB .

Довжина відрізка AB у відповідному масштабі відповідає куту просторового викривлення $\Delta\gamma_{AB}$ на цій ділянці.

Кут установки відхилювача β_A в початковій точці A – кут між меридіаном і лінією годографа, причому позитивним вважається напрям меридіана в бік зростання зенітного кута.

Довжину інтервалу AB визначаємо за формулою $\Delta l_{AB} = 10 \cdot i_{AC} \cdot \Delta\gamma_{AB}$, якщо інтенсивність викривлення має розмірність град/10 м.

Як видно з рис. 1, інтервал роботи з відхилювачем більший за розрахований на довжину відрізка BC .

Далі необхідно:

1. Визначити декартові координати траєкторії в точці B за формулами

$$x_B = x_A + \frac{\Delta l_{AB}}{2} \times \quad (3)$$

$$\times (\sin \alpha_A \sin \varphi_A + \sin \alpha_B \cdot \sin \varphi_B);$$

$$y_B = y_A + \frac{\Delta l_{AB}}{2} \times \quad (4)$$

$$\times (\sin \alpha_A \cdot \cos \varphi_A + \sin \alpha_B \cdot \cos \varphi_B);$$

$$z_B = z_A + \frac{\Delta l_{AB}}{2} (\cos \alpha_A + \cos \alpha_B). \quad (5)$$

2. Повторити розрахунок, прийнявши за початкову точку **B**.

Як правило, отриманий результат достатньо точний для практичних цілей.

Другий етап розрахунку можна виконувати і пізніше, після виконання контрольного інклінометричного заміру у процесі буріння з відхиляючим пристроєм.

Розрахунок (рис. 2) проведено для таких вихідних даних:

$$l_A = 2437 \text{ м}; \alpha_A = 10^\circ; \varphi_A = 120^\circ;$$

$$x_A = 168 \text{ м}; y_A = 90 \text{ м}; z_A = 2400 \text{ м};$$

$$x_D = -32 \text{ м}; y_D = 140 \text{ м}; z_D = 3200 \text{ м};$$

$$i_{AC} = 0.87 \text{ град}/10 \text{ м} (R_{AC} = 500 \text{ м}).$$

Перший етап.

Розраховуємо аналітично

$$\alpha_B = \arctg \left\{ (3200 - 2400) \times \right.$$

$$\left. \times \frac{1}{\sqrt{(32 - 168)^2 + (140 - 90)^2 + (3200 - 2400)^2}} \right\} =$$

$$= 14,45^\circ;$$

$$\varphi_B = \arctg \frac{32 - 168}{140 - 90} = 284^\circ.$$

Визначаємо графічно з бланка сферичних координат:

$$\Delta \gamma_{AB} = 24.5^\circ; \beta_A = 170^\circ;$$

$$\Delta l_{AB} = 24.5 \cdot 0.87 \cdot 10 = 214 \text{ м}.$$

Другий етап.

Розраховуємо аналітично

$$x_B = 168 + \frac{214}{2} \times$$

$$\times (\sin 10 \cdot \sin 120 + \sin 14,45 \cdot \sin 284) = 158 \text{ м};$$

$$y_B = 90 + \frac{214}{2} \times$$

$$\times (\sin 10 \cdot \cos 120 + \sin 14,45 \cdot \cos 284) = 87 \text{ м};$$

$$z_B = 2400 + \frac{214}{2} (\sin 10 + \sin 14,45) = 2609 \text{ м};$$

$$\alpha_C = \arctg \left\{ (3200 - 2609) \times \right.$$

$$\left. \times \frac{(3200 - 2609)}{\sqrt{(32 - 158)^2 + (140 - 87)^2 + (3200 - 2609)^2}} \right\} =$$

$$= 18.5^\circ;$$

$$\varphi_C = \arctg \frac{32 - 158}{140 - 87} = 285^\circ.$$

Визначаємо графічно з бланка сферичних координат:

$$\Delta \gamma_{BC} = 4^\circ; \beta_B = 4^\circ; \Delta l_{BC} = 34 \text{ м}.$$

Для порівняння представимо результати аналітичного розрахунку, виконаного за методикою [1]:

$$\alpha_C = 18.6^\circ; \varphi_C = 285.5^\circ; \Delta \gamma_{AC} = 28.4^\circ;$$

$$\beta_A = 170.4^\circ; \Delta l_{AC} = 247.8 \text{ м}.$$

Як бачимо, результати, практично, збігаються. Це свідчить про ефективність запропонованого методу.

Література

1 Яремийчук Р.С. Обеспечение надежности и качества стволов глубоких скважин / Р.С. Яремийчук, Г.Г.Семак. – М.: Недра, 1982. – 259 с.

2 Мислюк М.А. Буріння свердловин: довідник: у 5 т. / М.А.Мислюк, І.Й.Рибич, Р.С.Яремийчук. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2004. – Т.3.: Вертикальне та скероване буріння. – 2004. – 294 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії
25.03.10

Рекомендована до друку професором
Коцкуlichem Я.С.