

4. Дубровський В.В. Проблеми науки в галузі автоматизації нафтогазового комплексу України // Проблеми нафтогазового комплексу України 1993-2002. – Львів: УНГА, 2002. – С. 84-85.

5. Белоусов Д.В. Контрольно-измерительные средства в АСУ технологическим процессом бурения газовых скважин // Газовая промышленность. – 1996. – №7-8. – С.50-52.

6. Семенов Г.Н., Горбійчук М.І. Оптимальне адаптивне керування процесом буріння свердловин. // Нафтова і газова промисловість. – 2002. – №2. – С.18-20.

7. Батырбаев Э.М. Использование дизельных силовых приводов буровых установок // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 1996. – №8. – С.13-14.

Основною причиною, що зумовлює закономірність процесу природного викривлення сто-

8. Бабчук С.М. Контроль енергетичних параметрів дизельних двигунів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. – №8. – С. 124-126.

9. Бабчук С.М. Модель контролю енергетичних параметрів дизельного привода ротора бурових установок // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2002. – №1. – С.60-63

10. Дизель В2 (12Ч 15/18, 12ЧН 15/18): Описание и руководство по эксплуатации. – М.: ВО “Энергомашэкспорт”, 1980. – 253 с.

11. Бабчук С.М. Модель моменту на валі ротора бурових установок з дизельним приводом // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Технічна кібернетика та електрифікація об'єктів паливно-енергетичного комплексу. – 2001. – №37. – С.72-92.

УДК 622.243.2

ОЦІНКА ВПЛИВУ АНІЗОТРОПНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР НА ТЕНДЕНЦІЮ ПОХИЛОСПРЯМОВАНОЇ СВЕРДЛОВИНИ ДО ЗМІНИ АЗИМУТА

І.В.Восвідко

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 45369,
e-mail: public@ifdtung.if.ua*

Рассмотрено влияние анизотропии горных пород на тенденцию скважины к азимутальному искривлению. Предложены геометрические критерии оценки влияния отклоняющего геологического фактора. Приведены графики зависимостей степени влияния отклоняющего фактора на азимутальное искривление скважин при их различном расположении относительно геологической структуры.

The influence of anisotropy of rocks on the tendency of well to the azimuth inclination is reviewed. The geometrical criterions of valuation of influence deflecting geological factor are proposed. The graphs of dependence of influence of deflecting factor to azimuth well inclination during its different disposition relatively to geological structure are shown.

Спрямоване буріння починається з реалізації заходів боротьби з викривленням свердловин або полягає в штучному їх викривленні. При цьому використовуються певні способи і технічні засоби стосовно конкретних геологічних умов буріння.

На природне і штучне викривлення стовбура свердловини має вплив цілий комплекс факторів, що характеризують геологічні умови, техніку і технологію буріння. Зазначені фактори в одних випадках можуть збільшувати викривлення свердловини, в інших – зменшувати, а в деяких випадках взаємно компенсують один одного і взагалі не впливають на цей процес [1]. Тому знання характеру впливу вказаних факторів, механізму і основних закономірностей викривлення стовбура свердловини має надзвичайно важливе значення при проектуванні і бурінні похилоспрямованих свердловин з високими якісними та техніко-економічними показниками [2].

вбурів свердловин, є геологічні умови буріння, при цьому основним і постійнодіючим відхиляючим фактором слід вважати анизотропію механічних властивостей гірських порід [3].

Ряд вчених, спираючись на результати буріння в різних анизотропних геологічних структурах, систематизували напрями викривлення свердловин залежно від їх розташування відносно таких утворень, однак це давало можливість лише якісно оцінити вплив геологічних факторів [3, 4].

Деякими вченими зроблені спроби вивчення природи викривлення стовбурів свердловин при бурінні в анизотропному середовищі в комплексі, що дало змогу отримати залежності, з допомогою яких з'явилась можливість кількісно оцінити вплив такого геологічного чинника [5, 6, 7].

Так, М.П. Гулізаде з групою вчених теоретично вивели формулу для розрахунку величини

ни миттєвого кута зміни напрямку буріння під впливом анізотропії гірських порід [6]

$$\Delta\eta = -\frac{h}{2} \sin 2(\alpha - \gamma), \quad (1)$$

де: h – буровий індекс анізотропії;
 α – кут нахилу вектора швидкості буріння до вертикалі;
 γ – кут падіння пластів.

Однак формула (1) справедлива тільки для часткового випадку, коли апсидальна площина свердловини співпадає з лінією падіння пластів.

Д. Бернгард в роботі [5] запропонував просторову модель викривлення свердловини при бурінні в анізотропному геологічному середовищі, в якій напрям руху долота в азимутальній площині визначається рівнянням

$$\begin{aligned} & \operatorname{tg} \eta = \\ & = \frac{(1-h) \sin \varphi \sin \Theta}{\sin \varphi \cos \Theta - h \cos \gamma (\sin \varphi \cos \Theta - \cos \varphi \sin \gamma)}, \quad (2) \end{aligned}$$

де: φ – зенітний кут сили, що діє на долото;
 Θ – азимут напрямку сили;
 γ – кут падіння пластів.

Хоча формула (2) і забезпечує взаємозв'язок ступеня впливу анізотропії на процес викривлення свердловин з геометричними параметрами пласта і свердловини, однак, вона не є універсальною. Наприклад, при $\eta = \Theta$ отримується часткове рівняння, яке має фізичний зміст при $\varphi < 20^\circ$ і $\gamma = 70^\circ$. Однак такі умови буріння трапляються досить рідко, що звужує можливість застосування математичної моделі загалом.

Заслужують на увагу теоретичні дослідження, які направлені на виявлення впливу анізотропії гірських порід на орієнтацію миттєвого повороту вибою свердловини в зенітній і азимутальній площинах [7], в результаті яких отримані досить об'ємні формули. Підстановка в зазначені рівняння конкретних даних засвідчила, що отримані величини зенітної та азимутальної складових загального кута миттєвого зміщення вектора швидкості руху долота як мінімум на порядок відрізняється від теоретично можливих. Таким чином, в даний час не існує універсальної моделі для визначення ступеня впливу анізотропії гірських порід на процес викривлення стовбура свердловини у взаємозв'язку з геометричними параметрами свердловини і пласта.

Загальним недоліком всіх досліджень, в яких вивчався вплив анізотропії гірських порід на процес викривлення стовбура свердловини, є відсутність строгого наукового підходу до визначення ступеня цього впливу у взаємозв'язку з геометричними параметрами пласта, свердловини та їх взаємного розташування.

Метою цієї статті є проведення аналізу впливу анізотропних властивостей гірських порід на тенденцію похилоспрямованої свердловини до зміни азимуту у відповідності з запропонованими геометричними критеріями оцінки

ступеня впливу відхиляючого фактора цього геологічного чинника.

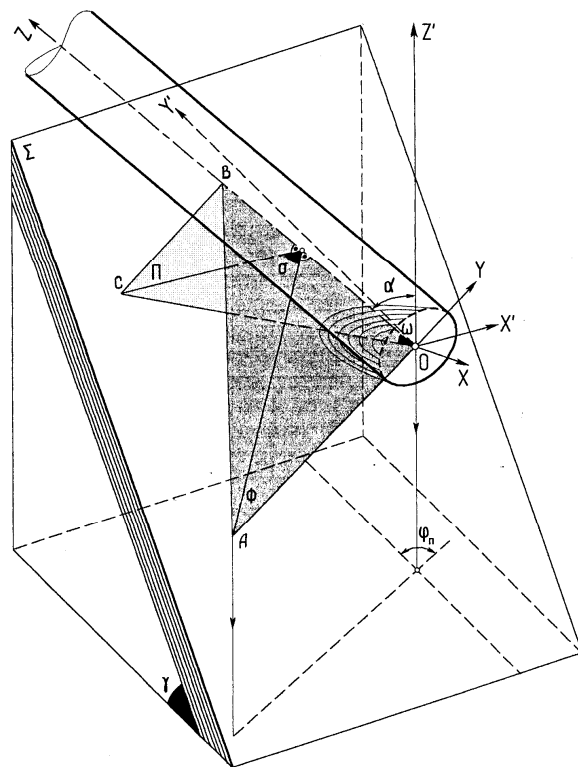


Рисунок 1 — Геометрична модель взаємодії долота з геологічною структурою у вигляді паралельних площин

На рис. 1 зображена геометрична модель взаємодії долота з геологічною структурою у вигляді паралельних площин. Просторове положення свердловини характеризується зенітним кутом α і азимутом φ кожної точки її осі. Розташування геологічної структури в даному випадку визначається азимутом підняття пластів φ_0 , а також кутом їх нахилу γ . Напрямок свердловини відносно підняття пластів визначається відомим виразом $\varphi_n = \varphi - \varphi_0$. Співвідношення вищезазначених параметрів при різних значеннях бурового індексу анізотропії h буде визначати інтенсивність викривлення свердловини як в апсидальній, так і в азимутальній (горизонтальній) площинах.

Як видно з рис. 1, вісь свердловини знаходиться в апсидальній площині Φ , а взаємодія з пропластками породи проходить по лінії OC , тобто в площині Π , яка перпендикулярна до площини геологічної структури Σ . В даному випадку σ – кут між площинами Φ і Π , а вісь свердловини нахилена до площини Σ під кутом ω .

В результаті детального аналізу геометричної моделі взаємодії долота з площиною напластування геологічної структури були запропоновані і обґрунтовані геометричні критерії оцінки впливу відхиляючого фактора її анізотропних властивостей на процес викривлення свердловини – кути ω і σ .

На базі розробленого графічного алгоритму були отримані необхідні рівняння для ви-

значення числових значень геометричних параметрів ω і σ

$$\omega = \arcsin\left(\frac{\cos(\alpha - \beta)\cos\gamma}{\cos\beta}\right); \quad (1)$$

$$\sigma = \arcsin\left(\frac{\sin\gamma\sin\varphi_n}{\cos\omega}\right), \quad (2)$$

де $\beta = \arctg(\tgg\cos\varphi_n)$ – кут падіння пластів в апсидальній площині Φ .

За методом [5] з врахуванням специфіки геометричної моделі (рис. 1) був знайдений кут μ між напрямками дії векторів миттєвого переміщення долота в ізотропній та анізотропній породах. Вказаний кут μ визначає ступінь впливу відхиляючого фактора анізотропії на процес викривлення свердловини, а його проекція на горизонтальну площину дає змогу оцінити тенденцію до зміни її азимутального кута

$$\mu_\varphi = \arctg\left(\frac{0,5h\sin 2\omega\sin\sigma}{\sin\alpha}\right), \quad (3)$$

де h – буровий індекс анізотропії.

Авторами з урахуванням рівнянь (1)-(3) була розроблена програма ANIZOTROP, яка забезпечує отримання в автоматичному режимі числових значень кута μ_φ залежно від α , γ , φ_n .

На рис. 2 зображені графіки залежностей $\mu_\varphi = f(\varphi_n)$ при $\gamma = 15^\circ$ і середньому значенні бурового індексу анізотропії $h = 0,01$, аналіз яких засвідчив, що азимут свердловини на проміжку $0 < \varphi_n < 180^\circ$ зберігає тенденцію до зменшення. При цьому із збільшенням числових значень φ_n від 0 до 90° ймовірність зменшення азимутального кута зростає і при $\varphi_n = 90^\circ$ μ_φ досягає максимального значення. При подальшому збільшенні числових значень φ_n від 90 до 180° ймовірність зменшення азимута свердловини знижується. В той же час зенітний кут нахилу стовбура свердловини суттєво впливає на можливість зміни її азимутального кута. Із збільшенням зенітного кута свердловини її тенденція до зміни азимута зменшується. Так, при $\varphi_n = 90^\circ$ і $\alpha = 10^\circ$ $\mu_\varphi = -0,45^\circ$, а при $\alpha = 40^\circ$ $\mu_\varphi = -0,1^\circ$. Тобто ймовірність викривлення свердловини в азимутальній площині при $\alpha = 10^\circ$ в 4,5 рази вища, ніж при $\alpha = 40^\circ$. В діапазоні $180^\circ < \varphi_n < 360^\circ$ азимут свердловини зберігає тенденцію до збільшення своїх числових значень і при $\varphi_n = 270^\circ$ μ_φ досягає максимального значення. Фактично ця частина графіка є дзеркальним відображенням тієї частини графіка, де φ_n змінюється на проміжку $0 \dots 180^\circ$.

На рис. 3 зображені графіки залежностей $\mu_\varphi = f(\varphi_n)$ при $\gamma = 45^\circ$, характер яких приблизно такий самий, як і при $\gamma = 15^\circ$. Проте в даному випадку тенденція свердловини до зміни азимута значно зростає. Екстремуми спостерігаються при $\varphi_n \approx 90$ і 270° і при $\alpha = 10^\circ$ $\mu_\varphi = \pm 1,33^\circ$. З цього можна зробити висновок, що при бурінні свердловини з зенітним кутом $\alpha = 10^\circ$ в пластах з кутом падіння 45° тенденція до зміни азимута в 3 рази вища, ніж при $\varphi_n = 15^\circ$. Такі ж співвідношення спостерігаються і при інших значеннях зенітного кута.

Як видно з графіка (рис. 4), при бурінні в пластах з кутом падіння 75° залежність $\mu_\varphi = f(\varphi_n)$

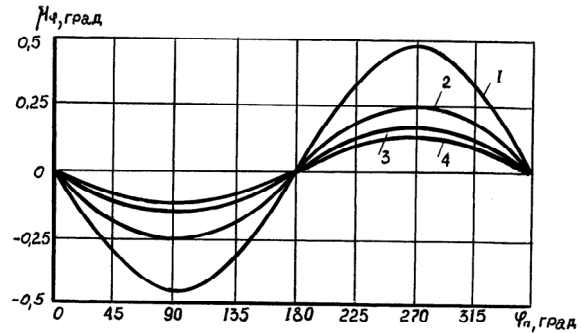


Рисунок 2 – Залежності μ_φ від φ_n при різних значеннях α : $h=0,01$; $\gamma=15^\circ$; 1, 2, 3, 4 – $\alpha=10, 20, 30, 40^\circ$

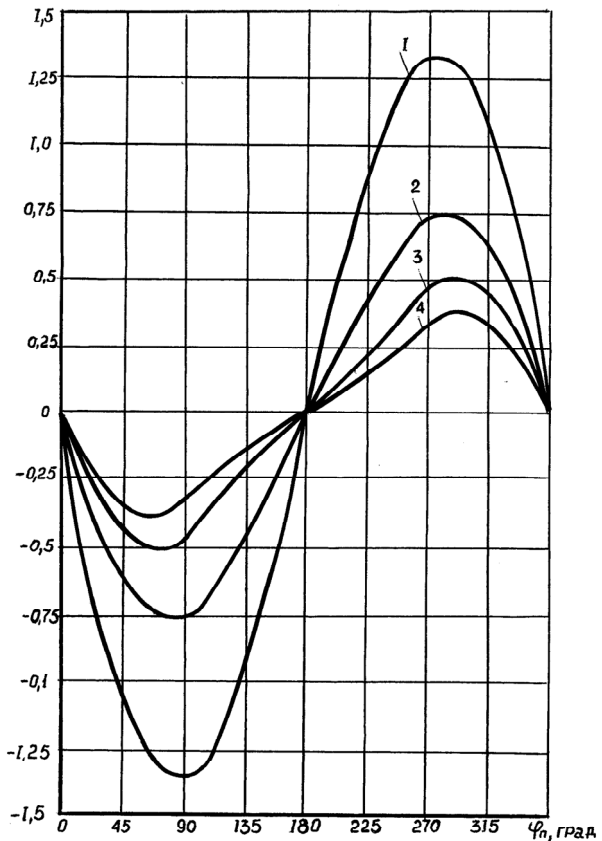


Рисунок 3 – Залежності μ_φ від φ_n при різних значеннях α : $h=0,01$, $\gamma=45^\circ$; 1, 2, 3, 4 – $\alpha=10, 20, 30, 40^\circ$

має складну форму. При $\alpha = 10^\circ$ крива має приблизно такий самий вигляд, як і в попередніх графіках. Однак при $\alpha = 20, 30, 40^\circ$ ці залежності характеризуються наявністю переходу кривих через нульовий відлік, тобто зміною знаку не тільки при $\varphi_n = 0$, але й при $\varphi_n = 145, 125, 115^\circ$ і $\varphi_n = 215, 235, 245^\circ$ відповідно. Максимальні абсолютні значення μ_φ існують при $\varphi_n = 55 \dots 70^\circ$ і $\varphi_n = 295 \dots 310^\circ$, проте тенденція до зміни азимутального кута загалом значно слабша, ніж при $\alpha = 10^\circ$.

Таким чином, отримана математична модель впливу анізотропних властивостей гірсь-

ких порід на азимутальну складову просторового викривлення свердловини. Математична мо-

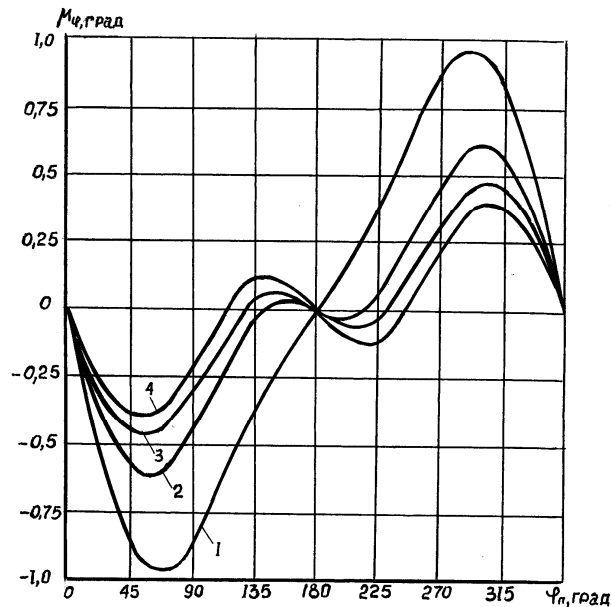


Рисунок 4 – Залежності μ_{ϕ} від ϕ_n при різних значеннях α :
 $h=0.01$; $\gamma=75^{\circ}$; 1, 2, 3, 4 – $\alpha=10, 20, 30, 40^{\circ}$

дель дає змогу як якісно, так і кількісно обчислити величину азимутального відхиляючого фактора анізотропії геологічної структури μ_{ϕ} у взаємозв'язку з основними геометричними параметрами пласта і свердловини, що в кінцевому результаті дає можливість оцінити її тенденцію до зміни азимутального кута.

для створення геологічних моделей сучасної будови та прогнозування корисних копалин, особливо нафтогазоносності.

В подальшому на базі отриманих залежностей планується розробити математичну модель викривлення свердловини при бурінні в анізотропному середовищі, що дасть змогу в комплексі охарактеризувати цей процес.

Література

1. Калинин А.Г., Григорян Н.А., Султанов Б.З. Бурение наклонных скважин: Справочник. – М.: Недра, 1990.
2. Калинин А.Г., Никитин Б.А., Солодкий К.М., Султанов Б.З. Бурение наклонных и горизонтальных скважин: Справочник. – М.: Недра, 1997.
3. Сулакшин С.С. Направленное бурение. – М.: Недра, 1987.
4. Рожков В.П., Ольшанский И.Ю. Математическое описание азимутального искривления скважин в зависимости от угла встречи с их стабильным направлением // Изв. вузов: Геология и разведка. – 1988. – №6.
5. Вудс Г., Лубинский А. Искривление скважин при бурении. – М.: Гостоптехиздат, 1960.
6. Гулизаде М.П., Зельманович Г.М., Кауфман Л.Я., Сушон Л.Я. Влияние анизотропии пород по буримости на процесс пространственного искривления // Изв. вузов: Нефть и газ. – 1975. – № 8.
7. Нежильський А.Б., Новокшинов І.А., Атимович В.Д. Вплив гірничо-геологічних умов буріння на траєкторію свердловини // Нафтова і газова промисловість. – 1999. – № 1.

УДК 551.252.24

ГЕОДИНАМІЧНІ ПЕРЕМІЩЕННЯ (РУХИ) В КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ

Ю.Л.Мончак

Центральна науково-дослідна лабораторія ВАТ "Укрнафта", 76019, м. Івано-Франківськ,
Північний бульвар ім. Пушкіна, 2, e-mail: monchak@cndl.ukrnapta.ukrtel.net

В статті зроблена спроба оцінити мінімальне значення величини надвига, базуючись на фактичних даних, отриманих в результаті буріння глибоких скважин. Також произведена оцінка величини вертикальних движень прибрежної частини суши флішевого басейна и определен возможный источник поступления экзотического материала во флішевой басейн.

На основани изложенного материала сделан вывод о том, что Карпатская горная система сформировалась под влиянием как горизонтальных, так и вертикальных движень, и источником этих движень являлось действие плитовой тектоники.

In this article the attempt to evaluate the minimal value of overthrust on the basis of data obtained during drilling of deep wells has been made. In addition the evaluation of the value of the vertical displacements of the littoral part of the flysch basin has been made as well as the possible source of exotic material entry into the flysch basin has been determined. On the basis of the stated material it was made the conclusion on that the Carpathian mountain system was formed under the influence as horizontal as vertical displacements and the source of these dynamic movements was the action of plates tectonics.

Вивчення геодинамічних рухів земної кори загалом чи її окремих блоків та частин важливе