

Визначення коефіцієнтів набухання глинистих порід в шлам не потребує додаткових суттєвих коштів.

Метод визначення нафтогазоносних шарів в розрізах свердловин за даними коефіцієнтів набухання глин може застосовуватися як самостійно (при бурінні свердловин при підготовці перших висновків), так і при виробі остаточних заключень в комплексі з результатами інтерпретації даних ГДС.

Література

1. Жданов М.А. Нефтегазопромысловая геология и подсчет запасов нефти и газа. – М.: Недра, 1970. – С. 35-40, 142.
2. Орлов О.О., Бенько В.М., Локтев А.В., Омельченко В.Г., Губич І.Б. Спосіб визначення нафтогазоносних шарів в розрізах свердловин за даними коефіцієнтів набухання глин: Патент. – К.: Держкомітет інтелектуальної власності, 2003. – 4 с.

УДК 681.5.015.3:622.24.054.2

АНАЛІЗ ВПЛИВУ НЕЛІНІЙНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНИХ АГРЕГАТІВ НА ТОЧНІСТЬ КОНТРОЛЮ КРУТИЛЬНОГО МОМЕНТУ НА ЇХ ВАЛІ

С.М.Бабчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46067,
e-mail: public@ifdtung.if.ua

Установлены параметры, которые влияют на адекватность косвенного контроля крутящего момента на коленчатом вале дизельных агрегатов типа В2-450 и величины этих влияний, а также возможные пути уменьшения данных отрицательных влияний.

The parameters are established which influence adequacy of the indirect control of the twisting moment on the shaft of diesel units such as V2-450 and size of these influences, and also possible ways of reduction of the given negative influences.

Україна належить до країн з дефіцитом власних природних енергетичних ресурсів. Протягом 1997-2000 років потреба у нафті за рахунок власного видобутку задовольнялась всього на 10-12%, у природному газі – на 22-25% [1,2]. Одним з основних шляхів підвищення енергозабезпечення нашої держави є нарощування власного видобутку нафти і газу. Національною програмою “Нафта і газ України 2010р.” передбачено збільшити обсяги буріння на газ у 2,3 рази, на нафту – у 1,87 рази, а розвідувального буріння – у 1,44 рази [3]. Очевидно, що нарощування обсягів видобутку нафти і газу неможливі без суттєвого збільшення ефективності буріння свердловин [4]. Один із шляхів вирішення даної проблеми є підвищення якості контролю технологічних параметрів буріння. Наявність достовірної інформації про процес дає змогу забезпечити підтримку оптимального режиму буріння і скорочення числа аварій [5,6].

Одним з важливих технологічних параметрів, які необхідно контролювати під час буріння, є енергетичні показники привода ротора бурової установки. Особливо актуально стоїть питання контролю даних параметрів для бурових установок з дизельним силовим приводом, адже вони складають більше половини бурових установок існуючого парку обладнання [7].

Проте наявні на даний час засоби і методи контролю енергетичних показників дизельного привода бурових установок не задовольняють вимог, які ставляться перед ними споживачами,

і унеможливають якісний контроль як даних параметрів, так і інших технологічних параметрів, що з ними пов'язані. На території України в приводі бурових установок широко застосовуються дизелі типу В2-450. З метою вирішення даної наукової проблеми був розроблений метод непрямого контролю крутильного моменту на валі дизельних агрегатів [8, 9]. Метою досліджень, описаних в даній роботі, було встановлення основних параметрів, що впливають на його адекватність, та величини цих впливів, а також можливі шляхи зменшення негативних впливів на точність контролю крутильного моменту на валі дизельних агрегатів, які використовуються в силовому приводі на бурових установках України.

Під час експериментальних і промислових досліджень встановлено, що в лінеаризованих моделях механічних характеристик дизельних агрегатів В2-450АВТ-С3 [10], які закладені в основу методу непрямого контролю крутильного моменту на колінчастому валі, методична похибка контролю змінюється залежно від зміни швидкості обертання колінчастого вала (рис. 1, табл. 1). Дана похибка відсутня при роботі дизельного агрегату з швидкістю обертання колінчастого вала 1200 об/хв, що зумовлюється тим, що при стендовій налагодці на заводі-виробнику дані дизелі відрегульовуються саме при цій швидкості обертання. Необхідно зауважити, що експлуатацію дизелів типу В2-450 рекомендовано проводити саме при швидкості 1200

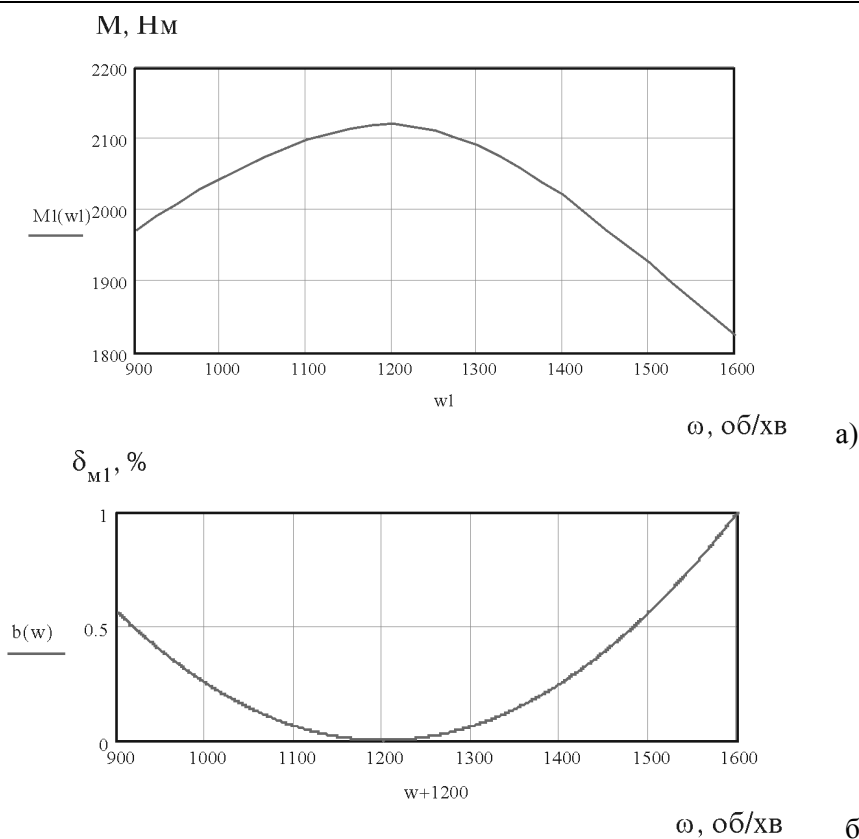


Рисунок 1 – Графіки зміни крутильного моменту (а) і методичної похибки непрямого контролю крутильного моменту (б) на колінчастому валі дизельного агрегату В2-450АВТ-С3, що застосовується в силовому приводі бурових установок, від швидкості обертання колінчастого вала

Таблиця 1- Зміна методичної похибки непрямого контролю крутильного моменту на колінчастому валі дизельного агрегату В2-450АВТ-С3 залежно від зміни швидкості обертання колінчастого вала

Швидкість обертання колінчастого вала ω , об/хв	Крутильний момент на колінчастому валі M , Нм	Методична похибка непрямого контролю крутильного моменту $\delta_{M1}(\omega)$, %
900	1971,14	0,563
1000	2044,69	0,250
1100	2097,65	0,063
1200	2120,20	0
1300	2091,76	0,063
1400	2020,17	0,250
1500	1926,03	0,563
1600	1824,04	1,000

об/хв. Тобто, якщо експлуатувати дані дизельні агрегати при рекомендованій швидкості (1200 об/хв), то можна вважати, що методичної похибки контролю крутильного моменту немає. Але на практиці, як правило, для збільшення потужності на валі дизеля чи для її зменшення доводиться швидкість обертання зменшувати чи збільшувати відносно рекомендованої. Методична похибка контролю крутильного моменту на колінчастому валі дизельного агрегату В2-

450АВТ-С3 зростає при зменшенні швидкості обертання вала до 900 об/хв і досягає 0,56%, а при збільшенні до 1600 об/хв – 1%. Щоб виявити характер зміни методичної похибки контролю крутильного моменту від швидкості обертання колінчастого вала, було проведено аналіз процесу виготовлення, випробування і нормування дизельних агрегатів типу В2-450, в результаті чого встановлено, що зміну даної ме-

тодичної похибки контролю описує математична залежність

$$\begin{cases} \delta_{м1}(\omega) = 0,00000625 \cdot \omega^2 \\ \omega = \omega_i - \omega_k \end{cases} \quad (1)$$

де: $\delta_{м1}(\omega)$ – методична похибка методу непрямого контролю крутильного моменту на колінчастому валі дизельного агрегату В2-450АВТ-С3, яка залежить від швидкості обертання колінчастого вала, %;

ω_i – поточне значення швидкості обертання колінчастого вала дизельного агрегату В2-450АВТ-С3, об/хв;

ω_k – критичне значення швидкості обертання колінчастого вала дизельного агрегату В2-450АВТ-С3, $\omega_k = 1200$ об/хв.

Для того, щоб виявити вплив на величину похибки контролю крутильного моменту непрямым методом зміни величин ділянок лінеаризації, було проведено аналіз механічної характеристики дизельного агрегату В2-450АВТ-С3 і розробленої лінеаризованої моделі, в результаті чого встановлено, що на точність непрямого контролю крутильного моменту на колінчастому валі даного дизельного агрегату впливає нелінійність його механічної характеристики. Як було вказано в [11], наявні детерміновані математичні описи механічної характеристики не можуть адекватно відобразити дану механічну характеристику. Нелінійність механічної характеристики дизельного агрегату В2-450АВТ-С3 впливає і на розроблену для непрямого методу контролю крутильного моменту лінеаризовану модель.

Щоб зменшити негативний вплив нелінійності механічної характеристики дизельного агрегату В2-450АВТ-С3 на точність контролю крутильного моменту, було проведено дослідження лінеаризованої моделі механічної характеристики даного агрегату в програмному середовищі MathCad, в результаті чого встановлено, що у встановлених контрольних точках вплив нелінійності зведений практично до нуля, а максимальний його негативний вплив, як правило, – в точках ділянок лінеаризації, найбільш віддалених від контрольних (на серединах ділянок лінеаризації). Простежується яскраво виражений ріст похибки контролю залежно від віддалення швидкості обертання від контрольної точки в напрямі до середини ділянки лінеаризації, а відтак його спад в напрямі до наступної контрольної точки (рис. 2, табл. 2).

Вплив нелінійності механічної характеристики дизельного агрегату В2-450АВТ-С3 найбільш сильний в околі критичної швидкості обертання колінчастого вала дизельного агрегату $\omega_k = 1200$ об/хв і найменш відчутний по краях механічної характеристики. Це дає підстави зробити висновок, що необхідно в математичних моделях, які будуть застосовуватись в методі непрямого контролю крутильного моменту на колінчастому валі дизельного агрегату В2-450АВТ-С3 в околі критичної швидкості обертання колінчастого вала дизельного агрегату $\omega_k = 1200$ об/хв, робити ділянки лінеариза-

ції як можна менші, а по краях механічної характеристики вони можуть бути і більшими.

На рис. 2 зображено графічну залежність зміни похибки непрямого контролю крутного моменту на колінчастому валі дизельного агрегату В2-450АВТ-С3 залежно від швидкості обертання колінчастого вала і місця знаходження значення даної швидкості на 7-ми ділянках лінеаризації. Максимальне значення впливу нелінійності механічної характеристики дизельного агрегату В2-450АВТ-С3 на ділянці лінеаризації 1200-1300 об/хв (в околі критичної швидкості обертання колінчастого вала дизельного агрегату $\omega_k = 1200$ об/хв) зумовлює похибку контролю 0,28%. Тому було прийнято рішення про необхідність поступового зменшення ділянок лінеаризації механічної характеристики дизельного агрегату В2-450АВТ-С3 в міру наближення до швидкості обертання колінчастого вала 1200 об/хв в обох гілках механічної характеристики. Це дало змогу загалом зменшити вплив нелінійності механічної характеристики дизельних агрегатів В2-450АВТ-С3 на точність контролю непрямым методом крутильного моменту на валі майже в 2 рази – до 0,14% (рис. 3, табл. 2), а головне – практично звести до мінімуму похибку контролю в рекомендованому робочому діапазоні даних дизелів ($\omega = 1100 \div 1250$ об/хв). При цьому математичний опис лінеаризованих моделей ускладнився незначно порівняно з приростом точності контролю важливого енергетичного параметра – крутильного моменту на колінчастому валі дизельного агрегату В2-450АВТ-С3.

Отже, використовуючи розроблену методику визначення методичної похибки контролю крутного моменту на колінчастому валі дизельного агрегату В2-450АВТ-С3, який застосовується в силовому приводі бурових установок, можна залежно від швидкості обертання колінчастого вала дизеля коректувати значення контрольованого енергетичного параметра, що дасть змогу врахувати під час контролю найсуттєвіше джерело похибок (максимальне значення похибки – 1%) і зменшити його вплив на точність контролю. Крім цього, зменшено загальний вплив нелінійності механічної характеристики дизельних агрегатів В2-450АВТ-С3 на точність непрямого контролю крутильного моменту в 2 рази (максимальне значення похибки – 0,14%) і практично зведено до мінімуму похибку контролю в рекомендованому робочому діапазоні даних дизелів ($\omega = 1100 \div 1250$ об/хв).

Література

1. Копилов В.А. Стан і перспективи розвитку нафтогазового комплексу України // Нафта і газ України-2000: В 3 т. – Івано-Франківськ, 2000. – Т.1. – С. 9.
2. Проблеми нафтогазового комплексу України 1993-2002 / Під ред. Ковалко М.П.. – Львів: УНГА, 2002. – 93 с
3. Коцкулич Я.С., Яремійчук Р.С. Проблеми і перспективи розвитку буріння на нафту і газ

// Проблеми нафтогазового комплексу України
1993-2002. – Львів: УНГА, 2002. – С. 52.

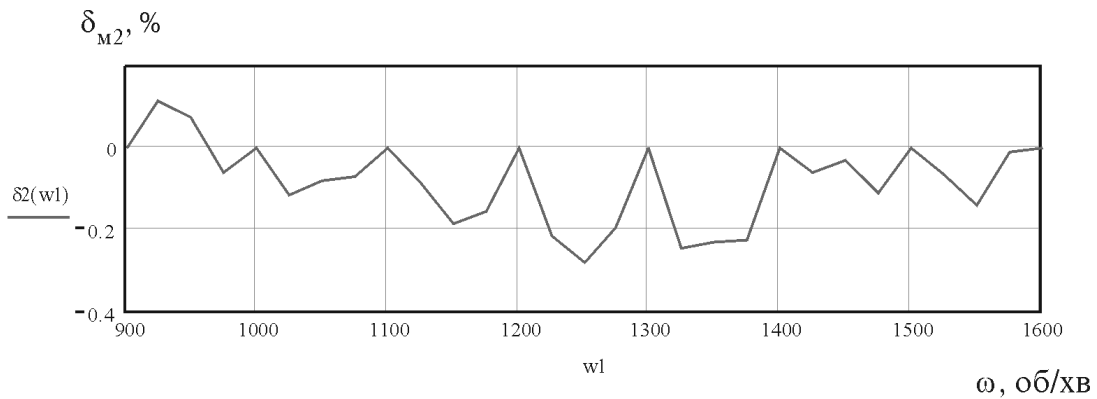


Рисунок 2 – Графік зміни похибки непрямого контролю крутильного моменту на колінчастому валі дизельного агрегату B2-450ABT-C3, що застосовується в силовому приводі бурових установок, залежно від швидкості обертання колінчастого вала і місця знаходження значення даної швидкості на ділянці лінеаризації

Таблиця 2– Зміна похибки непрямого контролю крутильного моменту на колінчастому валі дизельного агрегату B2-450ABT-C3

Швидкість обертання колінчастого вала ω , об/хв	Похибка непрямого контролю крутильного моменту $\delta_{M2}(\omega)$ на 7-ми ділянках лінеаризації, %	Похибка непрямого контролю крутильного моменту $\delta_{M2}(\omega)$ на 13-ти ділянках лінеаризації, %
1025	-0,119	-0,078
1050	-0,081	0
1075	-0,073	-0,034
1100	0	0
1125	-0,086	0,009
1150	-0,185	0
1175	-0,156	0
1200	0	0
1225	-0,217	0
1250	-0,282	0
1275	-0,195	-0,056
1300	0	0
1325	-0,249	-0,133
1350	-0,231	0
1375	-0,228	-0,114

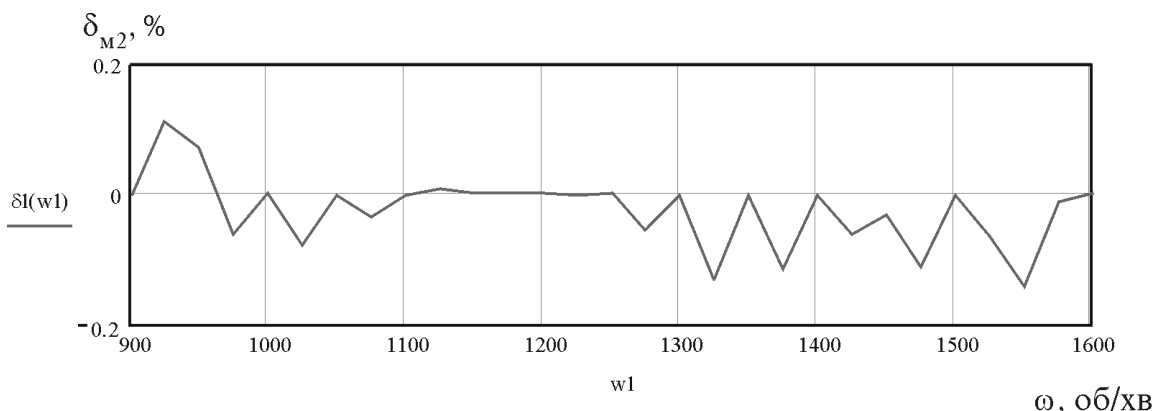


Рисунок 3 – Графік зміни похибки непрямого контролю крутильного моменту на колінчастому валі дизельного агрегату B2-450ABT-C3, що застосовується в силовому приводі бурових установок, залежно від швидкості обертання колінчастого вала і місця знаходження значення даної швидкості на ділянці лінеаризації при коригуванні величин ділянок лінеаризації і збільшенні їх кількості до 13

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 энергетичних 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.

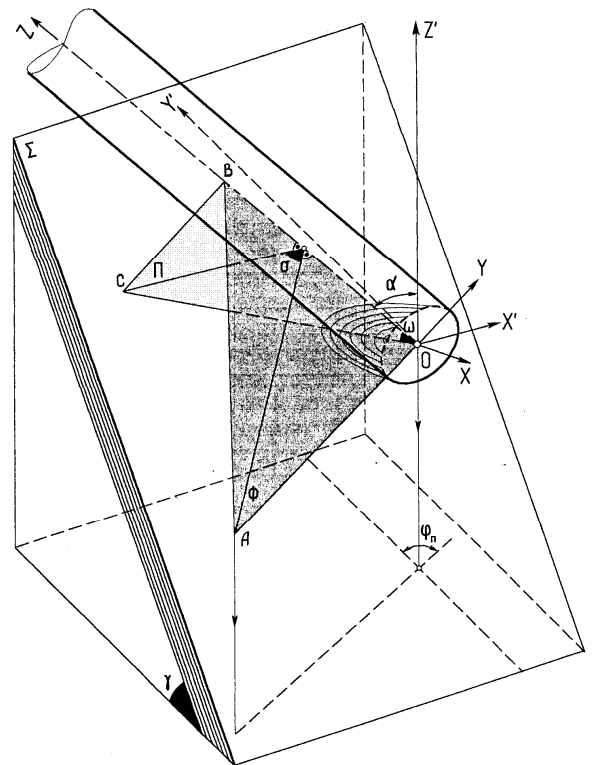


Рисунок 1 — Геометрична модель взаємодії долота з геологічною структурою у вигляді паралельних площин

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 OS , 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-