

теплових нейтронів у газоносному пласті більша, ніж щільність теплових нейтронів у водоносному. Про це свідчать криві $n=f(t_3)$ (рис. 4).

Таким чином, можливість виділення газоносних пластів від водоносних за ІННК в умовах низької мінералізації пластових вод не викликає ніяких сумнівів.

Отже, на основі проведених нами теоретичних розрахунків та графічних побудов можна зробити висновок:

– ІННК доцільно застосовувати для виділення порід-колекторів та вивчення їх фільтраційно-ємнісних властивостей в умовах незначних мінералізацій пластових вод;

– інформативність та однозначність результатів досліджень колекторів методом ІННК зростає із збільшенням пористості та газонасичення.

Література

1 Карцев А.А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. – М.: Недра, 1972.

2 Сухарев Г.Н. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. – М.: Недра, 1979.

3 Карцев А.А., Вагин С.Б., Шурин В.П. Нефтегазовая гидрогеология. – М.: Недра, 1992.

4 Поляченко А.Л., Цейтлин В.Г. Количественное исследование информативности импульсного нейтронного каротажа. // Прикладная геофизика. – М.: Недра, 1978. Вып. 91, 178-193.

5 Ларіонов В.В. Радіометрія скважин. – М.: Недра, 1969. – 321 с.

6 Коноплею Ю.В. Интерпретация диаграмм ИННК в условиях низкой минерализации пластовых вод при определении водо-нефтяного контакта / В кн.: Ядерно-геофизические методы. – М.: Наука (Сиб. отд.), 1972.

7 Денисин Ф.Ц. Трум А.Д. Оценка возможностей выделения газоносных пород по данным ИННК // Бюлл. НТИ, сер.: “Региональная, разведочная и промысловая геофизика”. – М.: Всесоюз. науч. исслед. ин-та экономики минер. Сырья. – 1968. – №8.

8 Денисин Ф.Ц., Сребродольский Д.М. и др. К вопросу об изучении газоносных пород методом ИННК // Бюлл. НТИ, сер.: “Региональная, разведочная и промысловая геофизика”. – М.: Изд. Всесоюз. науч. исслед. ин-та экономики минер. сырья, 1969. – №17.

9 Интенберг С.С. Интерпретация результатов каротажа скважин. – М.: Недра, 1978. – 382 с.

10 Интенберг С.С. Нефтепромысловая геофизика для геологов. – М.: Гостоптехиздат, 1957. – 385 с.

УДК 622.24.051.55

УТОЧНЕНИЙ АНАЛИЗ УТВОРЕННЯ КАНАВОК НА ВИБОЇ ДИСКОВИМИ ШАРОШКАМИ

М.С.Воробйов, В.М.Воробйов

*ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42342,
e-mail: public@nung.edu.ua*

В статье как альтернатива традиционным приближенным геометрическим методам описания профиля канавки, образуемой венцом дисковой шарошки на забое, предложен более точный метод преобразования координат. Он позволяет адекватно учесть форму долота, все виды движения его элементов, а также аналитически определить объём породы, разрушенной венцом за один оборот долота.

In clause as alternative to the traditional approached geometrical methods of the description of a structure of the flute formed by a wreath disk crusher on working face, more exact method of transformation of coordinates is offered. It allows to take into account adequately the form of a chisel, all kinds of movement of its elements, and also analytically to determine volume of the breed destroyed by a wreath for one revolution of a chisel.

Подальше вдосконалення породоруйнівного інструменту вимагає більш ретельного вивчення його взаємодії з вибоєм. У роботі [1] показано, що під дією осьового навантаження при перекочуванні шарошки по горизонтальній рівній поверхні вибою утворюється рейка. Вона має неоднаковий характер при розбурюванні гірських порід шарошковими долотами: суцільний – гладкими, перервний – зубчастими.

Однак у такого моделювання та низки зроблених припущень не враховуються такі два важливі чинники:

1) гвинтовий рух точок ріжучого інструменту;

2) наявність заточування в диску.

Два вказані чинники не дають змоги повною мірою використати результати, отримані в роботі [1], для вдосконалення породоруйнівного інструменту та прогнозування експлуатаційних показників проводки свердловин.

У даній статті будемо аналізувати лише випадки буріння, не пов'язані з наявністю рівної форми вибою та формування δ від нульового значення. Хоч закономірності руху точок розповсюджуються на всі типи доліт, надалі

будуть розглянуті тільки дискові у зв'язку з такими відомими їх перевагами [1]:

1) підвищення ефективності руйнування гірської породи в результаті збільшення контактного тиску та безперервності його дії на вибій, що визначає збільшення механічної швидкості проходки та зменшення енергоємності руйнування;

2) збільшення крутного моменту на долоті, оскільки відсутнє перекочування із зубця на зубець;

3) підвищення довговічності як опори, так і озброєння, оскільки динамічність взаємодії долота з породою зводиться до мінімуму;

4) значне спрощення технології виготовлення шарошок долота внаслідок виключення досить трудомісткої операції фрезерування зубців, що визначає зниження вартості долота.

Окремо розглянемо рух заглиблених в породу суцільних дискових шарошок аксіального та дезаксіального конструктивних варіантів. При цьому не будемо враховувати вплив деформації елементів озброєння шарошки та притуплення кромки дисків.

На рис. 1 наведено розрахункову схему аксіальної дискової шарошки з одностороннім заточуванням, заглибленої на величину δ .

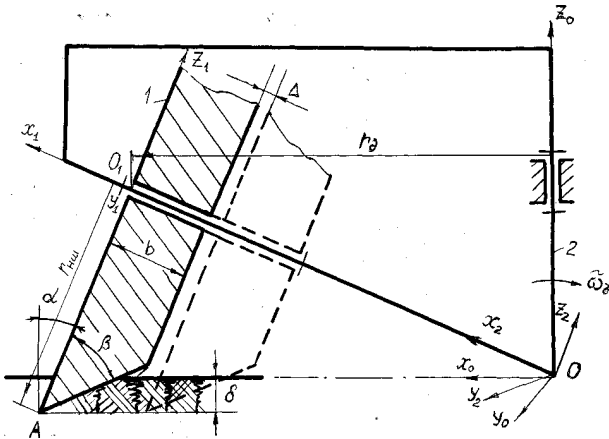


Рисунок 1 – Аксіальна шарошка

Введемо до розгляду точки A_2, A_1 та A_0 , які в дану мить співпадають з точкою A , але належать відповідно диску 2, водилу 1 та вибою 0. Потрібно визначити положення точки зовнішньої поверхні ріжучої грані.

Зв'яжемо рухому систему координат O_1, x_1, y_1, z_1 з торцем периферійного вінця шарошки, вісь O_1x_1 спрямуємо вздовж осі обертання, а осі O_1y_1 та O_1z_1 розташуємо в площині торця. Будемо аналізувати рух точки A_1 торця, розташованої на відстані $r_{ни}$, оскільки цей торець формує профіль канавки. Коловий профіль цього торця визначається системою рівнянь

$$\begin{cases} y_{A_1} = r_{ни} \sin \omega_{ш} t; \\ z_{A_1} = r_{ни} \cos \omega_{ш} t, \end{cases} \quad (1)$$

де: $r_{ни}$ – радіус вінця на цьому торці; $\omega_{ш}$ – кутова швидкість обертання шарошки; t – час.

Другу систему координат O, x_2, y_2, z_2 пов'яжемо з водилом долота так, що осі Ox_2, Oy_2, Oz_2 спрямовані як Ox_1, Oy_1, Oz_1 , але початок координат знаходиться в точці O .

Нерухому систему координат пов'яжемо з вибоєм з початком координат в точці O

$$\begin{cases} x_{A_2} = x_{A_1} + OO_1; \\ y_{A_2} = y_{A_1}; \\ z_{A_2} = z_{A_1}, \end{cases} \quad (2)$$

де: $OO_1 = \frac{r_0}{\cos \alpha}$; r_0 – радіус долота.

Тоді координати точки A в нерухомій системі O, x_0, y_0, z_0 визначатимуться з системи рівнянь повороту осей [2]

$$\begin{cases} x_{A_0} = x_{A_2} \cos \alpha \cos \omega_{\partial} t + \\ \quad + z_{A_2} \sin \alpha \cos \omega_{\partial} t - y_{A_2} \sin \omega_{\partial} t; \\ y_{A_0} = x_{A_2} \cos \alpha \sin \omega_{\partial} t + \\ \quad + y_{A_2} \cos \omega_{\partial} t + z_{A_2} \sin \alpha; \\ z_{A_0} = x_{A_2} \sin \alpha + z_{A_2} \cos \alpha, \end{cases} \quad (3)$$

де: ω_{∂} – частота обертання долота, яка пов'язана з частотою обертання шарошки $\omega_{ш}$ (без врахування зміни радіусів від деформації) залежністю [3];

$$\omega_{\partial} = \frac{\omega_{ш} (r_{ни} - \delta/3)}{r_0}; \quad (4)$$

α – кут нахилу осі цапфи.

Отримана закономірність за вказаних припущень розповсюджується на всі вінці.

У разі двобічного заточування диска на периферійну частину граней до "вивертальних" сил [1] будуть додаватися сили контактного тиску і ці грані швидше сточаться, тому перевагу слід віддати дисковим шарошкам з однією стороною заточуванням.

Для дезаксіальних дискових шарошок (рис. 2) осі обертання перегинають горизонтальну площину з дезаксіалом $\pm e$ і розташовані під кутом $\pm \mu$ до осі обертання аксіальної шарошки. При цьому система рівнянь (1) не зміниться, а система рівнянь (2) перетвориться так:

$$\begin{cases} x_{A_2}^{\partial} = x_{A_1}^{\partial} + O_1 O_{\partial}; \\ y_{A_2}^{\partial} = y_{A_1}^{\partial}; \\ z_{A_2}^{\partial} = z_{A_1}^{\partial}, \end{cases} \quad (5)$$

де $O_1 O_{\partial} = e \operatorname{ctg} \mu$.

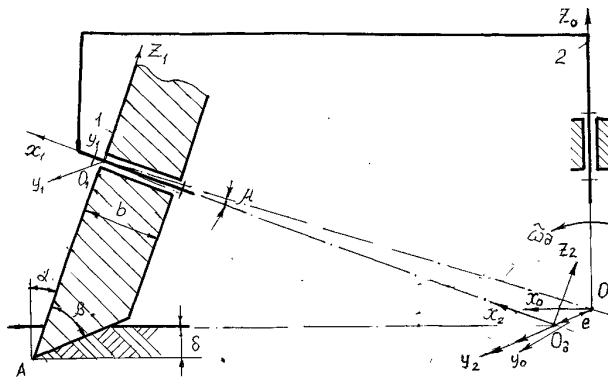


Рисунок 2 – Дезаксіальна шарошка

Система рівнянь (3) набуде вигляду:

$$\begin{cases} x_{A_0}^\delta = x_{A_2}^\delta \cos \alpha \cos(\omega_\delta t + \mu) - \\ - y_{A_2}^\delta [\sin(\omega_\delta t + \mu) + \cos \alpha \cos(\omega_\delta t + \mu)] + \\ + z_{A_2}^\delta \sin \alpha \cos(\omega_\delta t + \mu); \\ y_{A_0}^\delta = -x_{A_2}^\delta \cos \alpha \sin(\omega_\delta t + \mu) + \\ + y_{A_2}^\delta \cos(\omega_\delta t + \mu) + \\ + z_{A_2}^\delta \sin \alpha \sin(\omega_\delta t + \mu) + e; \\ z_{A_0}^\delta = -x_{A_2}^\delta \sin \alpha + z_{A_2}^\delta \cos \alpha. \end{cases} \quad (6)$$

У першій формулі з системи рівнянь (6) дезаксіал e , а у двох перших формулах кут μ потрібно підставляти зі знаком “-”, якщо кут μ спрямована протилежно вказаному на рис. 2 напрямку.

Варіюючи часом в межах $-\frac{1}{\omega_{nu}} \arccos\left(1 - \frac{\delta}{r_{ui}}\right) \leq t \leq \frac{1}{\omega_{nu}} \arccos\left(1 - \frac{\delta}{r_{ui}}\right)$, радіусом в інтервалі $r_{nu} - \delta \leq r_{ui} \leq r_{nu}$ та швидкістю ω_{ui} , можна проаналізувати процес утворення профілю канавки різними точками заточеної під кутом β дискової шарошки за різних режимів руху.

Частина об’єму породи, зруйнованої периферійним торцем вінця, заглибленого у вибій, за один оберт долота, визначиться з формули

$$V_1 = V_{zm} + V_n, \quad (7)$$

де

$$\begin{aligned} V_{zm} = -V_0 + \int_0^{\frac{2\pi}{\omega_\delta}} dx_{A_0} \int_0^{\frac{2\pi}{\omega_\delta}} & \left[-r_\delta \text{tg} \alpha \cos \omega_\delta t + r_{nu} \times \right. \\ & \left. \times (\sin \omega_{ut} \sin \omega_\delta t - \cos \omega_{ut} \sin \alpha \cos \omega_\delta t) \right] v_{mc} \cdot dt \times \\ & \times r_{nu}^{-1} \left[(\omega_{ui} \sin \omega_{ut} \cos \omega_\delta t + \omega_\delta \cos \omega_{ut} \sin \omega_\delta t) \sin \alpha + \right. \\ & \left. + \omega_{ui} \cos \omega_{ut} \sin \omega_\delta t + \omega_\delta \sin \omega_{ut} \cos \omega_\delta t \right]^{-1}; \end{aligned} \quad (8)$$

$$V_0 = \left[(r_\delta + r_{nu} \sin \alpha) \delta - \frac{1}{2} \delta^2 \sin^2 \alpha \right] \times \quad (9)$$

$$\times \sqrt{\frac{\left[(r_\delta + r_{nu} \sin \alpha)^2 - \frac{2\delta^2 \sin^2 \alpha}{3} \right]^2}{r_\delta + (r_{nu} - 0,5\delta) \sin \alpha} 4\pi^2 + \delta^2}.$$

Об’єм породи, зруйнованої за один оберт скошеною частиною периферійного вінця, визначиться формулою

$$V_n = A_n \ell_n, \quad (10)$$

де: A_n – площа, яка дорівнює

$$A_n = \delta^2 [\text{tg}(\alpha + \beta) - \text{tg} \alpha]; \quad (11)$$

ℓ_n – довжина гвинтової лінії центра ваги площі скошеної частини периферійного вінця аксіальної шарошки

$$\ell_n = \left\{ 4\pi^2 \left(r_\delta - \frac{h}{3} \cos \alpha + (r_{nu} - x_C) \sin \alpha \right)^2 + \right. \\ \left. + (V_{mct})^2 \right\}^{1/2}; \quad (12)$$

$$x_C = \frac{4}{3} \delta (1 - 2\text{tg}(\alpha + \beta));$$

$$h = \delta (\sec \alpha + \text{tg}(\alpha + \beta) - \text{tg} \alpha) \cos \alpha \text{tg} \beta.$$

Тоді об’єм породи, зруйнованої за один оберт долота, дорівнюватиме

$$V_1 = V_{zm} + V_n. \quad (13)$$

Для усіх інших вінців об’єм руйнування за один оберт долота визначається аналогічно з відповідним врахуванням зміни таких величин: $r_{j\delta} = r_\delta (j-1)(b+\Delta)$; $r_{ju} = r_{nu} - (j-1)(b+\Delta) \text{tg} \alpha$; x_{A_0} та y_{A_0} визначаються за допомогою r_{ju} та відстані для перенесення системи координат, яка дорівнює $OO_1 - (j-1)(b+\Delta)$, де j – номер вінця у напрямку від периферії до осі обертання долота; Δ – проміжок між торцями вінців; b – ширина вінця.

Зв’язок v_{mc} з ω_δ встановлюється рівнянням динаміки руху системи, як і формування величини заглиблення δ .

Отримані формули для об’єму зруйнованої породи відрізняються від альтернативних [1] підвищеною точністю. В [1] введена усереднена площа канавки, яка в гвинтових поверхнях, що фактично обмежують канавку, може бути подана лише наближеною проекцією. Для визначення об’єму руйнування використовується шлях горизонтального перекочування вінця. А реально, у зв’язку з гвинтовим рухом точок вінця, повинна бути використана частина траєкторії руху центра ваги площі заглибленої частини перерізу диску площиною, в якій лежить вісь обертання долота. Для частини ж того об’єму, що формує криво ліній профіль канав-

ки, точки заглибленого зовнішнього торця “вертань” потрібно використати поверхневий інтеграл другого роду по поверхні канавки, яка описується рівнянням (3) у кінцевому вигляді $x_{A_0} = x(t)$; $y_{A_0} = y(t)$; $z_{A_0} = v_{mc}t$.

Висновки

Отримані в статті узагальнені закономірності формування канавок на вибої відрізняються від розробок попередників врахуванням руху усіх характерних елементів бурильної колони. Вони можуть бути корисними під час проектування режимів буріння та відкривають перспективи обґрунтованого вибору параметрів бурильного інструменту:

- 1) форми вінців і поперечного перерізу дисків;
- 2) кута заточування кромки;
- 3) величини ексцентриситету та нахилу осей обертання шарошок;
- 4) комбінації різних варіантів багатошарошкових доліт (аксіальних і дезаксіальних);
- 5) кроку між вінцями.

Література

- 1 Симонов В.В., Вискребцов В.Т. Работа шарошечных долот и их совершенствование. – М.: Недра, 1978. – 240 с.
- 2 Павловський М.А. Теоретична механіка. – К.: Техніка, 2002. – 511 с.
- 3 Палий Б.А., Корнеев К.Е. Буровые долота – М.: Недра, 1971. – 446 с.

УДК 622.243.272

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ БЕЗОПОРНИХ КОМПОНОВОК НИЗУ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ (КНБК) В ПОХИЛО-СКЕРОВАНОМУ СТОВБУРІ СВЕРДЛОВИНИ

А.Р.Юрич

ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42480,
e-mail: ndingtn@nunge.edu.ua

Описан подход к расчету и моделированию положения неориентированных безопорных КНБК в наклонно-направленном стволе скважины для обеспечения ее проектного профиля. Подход реализуется на ЭВМ и обеспечивает высокую точность результатов.

In the paper the approach of position calculation and simulating of non-oriented unsupported drill string assembly's in directional drilled hole for providing its design profile is described. The approach is realized on PC and provides precise results.

Одним із основних завдань, яке ставиться під час спрямованого буріння є дотримання параметрів проектного профілю. Тому постає завдання розробки науково-обґрунтованих технологічних рекомендацій та технічних засобів, які б дали змогу проводити оптимальне керування системою „долото – КНБК – бурильні труби”. Актуальність проблеми керування рухом долота в процесі поглиблення свердловини обумовлена тим, що у випадку відхилення профілю від проектного, часто виникають ускладнення та аварії, ліквідація яких призводить до непрогнозованих затрат часу та матеріальних ресурсів. Основними причинами відхилення від проектного профілю свердловини є неправильно вибрані конструктивні параметри нижньої частини бурильної колони для конкретних умов буріння. Тому дослідження пружно-деформованого стану КНБК і вдосконалення методології проектування є першочерговим завданням, яке потребує вирішення.

чись в основному на обширні аналітичні спрощення та припущення, пов'язані з складністю отримання розв'язку диференціальних рівнянь, без потужних пакетів математичних програм. На даний час наявність таких програм дає можливість розв'язати дану задачу з високою точністю. У поєднанні з промисловими відомостями про реальні умови роботи КНБК це дасть змогу ефективніше оцінити напружено-деформований стан (НДС) КНБК і забезпечити провдку свердловини згідно проектного профілю.

Як показала практика ведення бурових робіт, найчастіше використовуються безопорні та одноопорні КНБК [6-7]. Причому безопорні КНБК є найчастіше однорозмірними або дворозмірними.

Основні методи проектування напружено-деформованого стану КНБК і їх вибору наводяться в дослідженнях [1-5]. Вони побудовані на основних принципах взаємодії елементів компоновок із стовбуром свердловини, опираю-

В зв'язку з цим, розроблено підхід до розрахунку неорієнтованих КНБК у похило-спрямованому стовбурі свердловини. Базовою залежністю при цьому може бути диференціальне рівняння IV порядку, отримане в результаті подвійного диференціювання рівняння пружної осі КНБК [4], і описує НДС однорозмірної КНБК (рис. 1) у свердловині.