

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ОПОРНО-ЦЕНТРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ У ШАРОШКОВОМУ ВИКОНАННІ НА ЕТАПІ КОНСТРУКТОРСЬКОГО ПРОЕКТУВАННЯ

І.В.Восвідко, І.П.Марцінковська

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46329,
e-mail: public@nung.edu.ua*

Рассмотрены вопросы моделирования опорных органов шарошечных центраторов и их автоматизированного проектирования, что позволяет повысить точность изготовления и, как следствие, опорно-центрирующую способность инструментов такого типа.

The questions of the modelling and the computer-aided design of the rock-cutting elements for roller centrators considered. This allowed to high the fidelity and the support-centering capability for instruments of this kind.

В останній час компоновки з калібруючими і опорно-центруючими пристроями знайшли широке застосування під час буріння спрямовано викривлених свердловин як в Україні, так і за її межами. Такого типу компоновки застосовуються для вирішення різних завдань спрямованого буріння і забезпечують одержання високих техніко-економічних показників буріння.

Діаметр калібруючих і опорно-центруючих елементів компоновок низу бурильної колони (КНБК) відіграє першочергову роль у керуванні величиною відхиляючої сили на долоті, що, в кінцевому результаті, безпосередньо пов'язано з вирішенням основних функціональних задач компоновок в аспекті формування заданої траєкторії свердловини [1, 2]. Тому застосування в складі КНБК недосконалих конструкцій опорно-центруючих елементів, які виготовлені зі значним відхиленням від номінального діаметра, часто призводить до зміни не тільки інтенсивності, але й напрямку викривлення [3, 4].

Отже, для забезпечення роботоздатності центратора необхідною умовою є виготовлення його з розрахунковим номінальним діаметром по всій довжині опорної поверхні.

Автоматизоване проектування складних об'єктів, до яких належать також шарошкові

калібратори, значно підвищує точність і прискорює виконання проектних робіт.

За допомогою комп'ютера виконуються ті функції, які дозволяють ефективно використовувати переваги у швидкості й точності, у накопиченні, збереженні та пошуку нормативної і проектної інформації, а також готових проектних рішень, у перетворенні інформації до прийнятної для людського сприйняття та обміну даними між конструкторською та технологічною системами.

Зараз існує потреба у розробці системи автоматизованого проектування бурових інструментів. Автори вже довгий час працюють у цьому напрямку. Дана стаття є продовженням багатьох інших праць, що були проведені в цій галузі. Тут представлено розширену методику проектування калібруючої та опорно-центруючої поверхні шарошки калібратора, звернено увагу на виявленні недоліки, що виникли у процесі проектування.

На рис. 1 зображено загальний вигляд тришарошкового калібратора-центратора фірми „Сек'юріті”. Як бачимо, в результаті нахилу осей шарошок їх опорно-центруюча поверхня набуває складної форми і її розрахунок та викреслювання пов'язані з певною трудомісткістю.

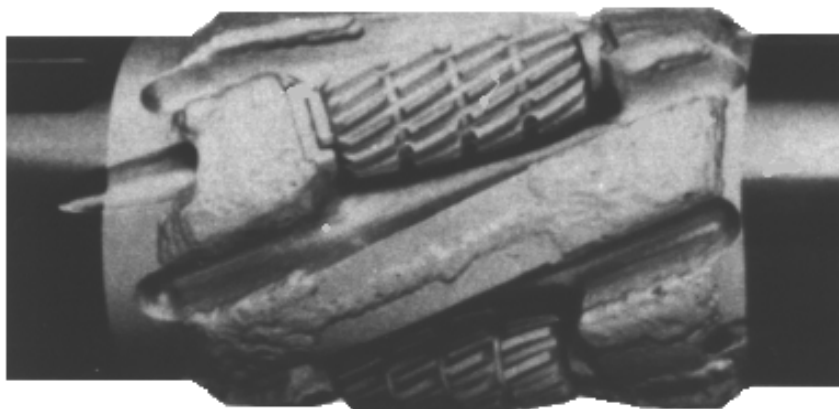


Рисунок 1 — Загальний вигляд тришарошкового калібратора-центратора фірми „Сек'юріті”

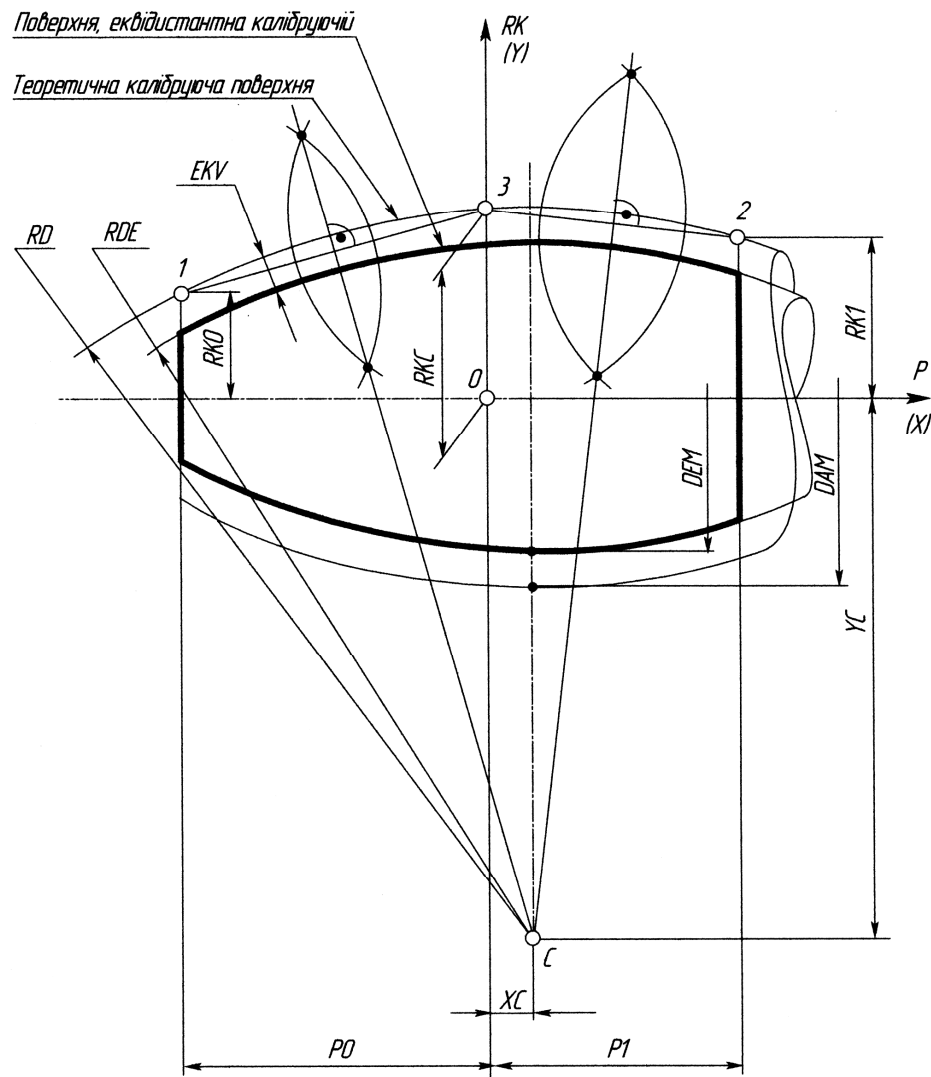


Рисунок 2 – Графічний алгоритм побудови контура еквідистантної поверхні до калібруючої поверхні шарошки

Для побудови теоретичної калібруючої поверхні шарошки калібруатора можна використати графічний спосіб. Графічний алгоритм побудови теоретичної калібруючої поверхні вже був розроблений [5], описано роботу підпрограм COMMON, PROFIL і блока CHAR, які формують дискретну цифрову модель теоретичної калібруючої поверхні шарошки. Структура і опис цифрової моделі об'єкта проектування детально розглянуті у статті [6].

Робоча калібруюча частина шарошки, яка зазвичай вибирається в межах визначеної теоретичної калібруючої поверхні та наближено співпадає з нею, характерна тільки для фрезерованих шарошок або шарошок з твердосплавними зубками, запресованими врівень з поверхнею шарошки.

У процесі проектування шарошок калібруаторів, оснащених виступаючими вставними твердосплавними зубками, постає задача побудови еквідистантного теоретичного профілю шарошки дещо зменшеного робочого профілю шарошки, який нестиме виступаюче над поверхнею шарошки твердосплавне оснащення.

Величина EKV зміщення теоретичного та еквідистантного профілів задається конструктором залежно від габаритів шарошок та діаметрів запресованих штирків.

Важливим завданням є побудова цифрової моделі еквідистантної ділянки профілю, на якому розміщені вставні елементи твердосплавного оснащення.

З технологічних міркувань виготовлення шарошки з таким складним профілем неекономічно, а тому цей профіль найчастіше апроксимують частиною дуги кола. На цьому етапі цифрова модель профілю шарошки уточнюється та модифікується.

Графічну модель еквідистантної поверхні шарошки зображено на рис. 2.

Робоча ділянка 132 теоретичного калібруючого профілю апроксимується дугою кола радіуса RD. Центр дуги C(XC, YC) визначається в перетині двох перпендикулярів, проведених до середин хорд 13 та 32, що стягують базові точки 1, 3 та 2 на теоретичному профілі. У системі координат шарошки OXY радіуси калібруючих кіл RK0, RK1 та RKC є функціями від їх

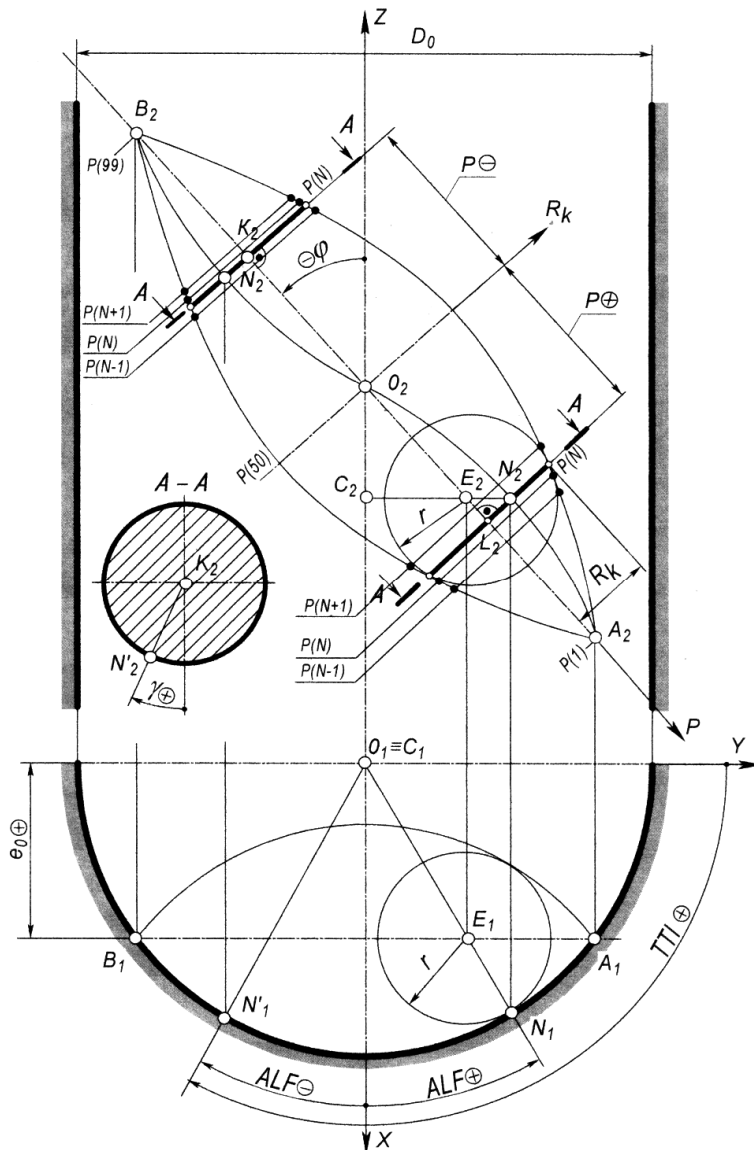


Рисунок 3 – Алгоритм розрахунку радіуса калібруючого кола $RK = f(P)$ за заданою базовою відстанню з наперед заданою точністю DELTA

базових відстаней: $RK_0 = f(P_0)$, $RK_1 = f(P_1)$, $RK_C = \max(RK_i)$ і визначаються ітераційним методом за допомогою програмного модуля KALIBR. Очевидно, що $RDE = RD - EK_V$, а центр дуги залишається в точці С.

У процесі проектування шарошки калібруатора конструктор неодноразово намагається розв'язати дві протирічні задачі: в зону обмеженого простору теоретичної калібруючої поверхні шарошки пробує вписати шарошку максимально можливих габаритів для зручного розміщення на її поверхні породоруйнівних елементів, сконструювати забірну частину, а з другого боку – хоче забезпечити потрібний діаметр осі шарошки з урахуванням її міцнісних характеристик. Розв'язання цих задач зв'язано з вибором із конструктивних міркувань оптимальних базових відстаней P^+ та P^- , що обмежують по довжині робочу ділянку калібруючої поверхні та визначають для них відповідні ра-

діуси калібруючих кіл $RK = f(P)$ за такою модифікованою формулою (рис. 3):

$$RK_0 = \text{SQRT}(\text{ABS}((R - E_0/\text{AST})^2 - (\text{AP}_0 - E_0 \cdot \text{ABS}(\text{CT})/\text{ASF}^2))) \quad (1)$$

де: $R = 0,5 \cdot D$ – радіус циліндра свердловини;
 $E_0 = E$ – ексцентриситет;
 $\text{ASF} = \text{ABS}(\text{SIN}(FI))$ – абсолютне значення синуса кута FI нахилу осі шарошки до осі свердловини;
 $\text{AST} = \text{ABS}(\text{SIN}(TTI))$ – абсолютне значення синуса кута поточного кутового параметра λ ;

$\text{CT} = \text{COS}(TTI)$ – косинус цього кута;
 $\text{AP}_0 = \text{ABS}(P_0)$ – абсолютна величина прийнятої базової відстані P_0 .

Прийняте конструктором значення базової відстані P практично ніколи не співпадає точно ні з одним із табличних значень базових відстаней масиву $P(99)$. Важливим завданням є розробка алгоритму та підпрограми KALIBR

автоматичного розрахунку радіуса калібруючого кола RK для прийнятого значення базової відстані P , використовуючи наявну цифрову модель калібруючої поверхні шарошки – загальний блок COMMON/CHAR/.

Ідея запропонованого ітераційного методу пояснюється за допомогою алгоритму, на основі якого здійснюється розрахунок $RK=f(P)$ з наперед заданою точністю DELTA програмним модулем KALIBR (див. рис. 3).

Прийняте значення базової відстані P (P – або $P\oplus$, у подальшому – ключове значення $P0$) в інтервалі $[A_2B_2]$ осі шарошки завжди буде лежати десь найближче до одного з 99-ти розрахованих програмою PROFIL проміжних елементів масиву базових відстаней $P(99)$. Слід зауважити, що сформовані програмним модулем PROFIL масиви геометричних параметрів $T(99)$, $P(99)$, $RK(99)$, $GAMA(99)$ будуть доступні модулю KALIBR через загальний блок COMMON/CHAR/.

Для автоматичного пошуку найближчого до ключового значення $P0$ елемента масиву $P(99)$ формується допоміжний масив різниць $DP(99)$:

$$DP(N)=ABS(P(N)-P0), \text{ де } N = 1..99.$$

За допомогою підпрограми AMINEL визначається значення мінімального елемента масиву різниць $DP(N)$ та його порядковий номер N у цьому масиві. Тобто, знайшовши порядковий номер мінімального елемента N , легко знаходиться відповідний елемент масиву $P(N)$. Тобто шуканий елемент $P(N)$ масиву $P(99)$ вибереться за знайденим значенням N ; аналогічно можуть вибиратися відповідні цьому індексу значення $T(N)$, $RK(N)$, $GAMA(N)$. Найближче значення $P(N)$ до ключового $P0$ може розташовуватися в масиві як "зліва" – $\{P(N-1)\}$ так і "справа" – $\{P(N+1)\}$, тому з метою зменшення кількості обчислень вибирається звужений достовірний інтервал розсіювання $P(N)$ в межах

$$P(N-1) \geq P(N) \geq P(N+1). \quad (2)$$

Подальший пошук $RK=f(P)$ із заданою точністю DELTA ведеться в інтервалі (2), для якого кутівий параметр TTI лежить у межах

$$T(N-1) \geq TTI \geq T(N+1). \quad (3)$$

Інтервал (3) розбивається на 20 рівних частин, у циклі обчислюється значення $P(N)$ двадцяти уточнених базових відстаней і заповнюється новий масив $DLT(20)$ різниць між поточними $P(N)$ та ключовим значенням $P0$. Якщо ж одне зі значень масиву різниць $DLT(i)$ виявиться меншим або рівним заданому DELTA, процес обчислення завершується, знайдено задовільняючий результат. Якщо задана точність наближення DELTA не досягнута, далі звужується інтервал пошуку, знову за допомогою модуля AMINEL обчислюється номер N мінімального елемента більш звуженого масиву $DLT(20)$, і т.д. до досягнення заданої точності наближення.

У випадку досягнення потрібної точності DELTA здійснюється вихід з циклу, запам'ято-

вуються поточні значення знайдених параметрів, які беруть участь у подальших розрахунках радіуса калібруючого кола RK залежно від вирахованого з точністю до DELTA ключового параметра $P0$.

У COMMON /UGLR/ TTI, ALF, GAM запам'ятовуються геометричні характеристики знайденого калібруючого кола, а розраховані RK за певного значення P передаються через формальні параметри підпрограми KALIBR ($RK0,P0,DELTA$) у головну або викликаючу програму для подальшого використання в розрахунках.

Вищезазначені програми були використані під час розрахунку шарошок калібратора-центратора 5КШ-215,9 ТК, що, безумовно, забезпечило високу точність їх виготовлення.

Таким чином, розроблено графічні алгоритми моделювання геометричних параметрів виконавчих органів опорно-центруючих шарошкових пристроїв і пакет програм, що загалом дає змогу автоматизувати найбільш трудомісткі конструкторські операції та підвищити точність виготовлення інструменту.

Література

1. Профили направленных скважин и компоновка низа буровых колонн / А.Г.Калинин, Б.А.Никитин, К.М.Солодкий, А.С.Повалихин. – М.: Недра, 1995. – 649 с.
2. Прохорянко В.В., Крекина Т.В. Исследование и разработка оптимальных компоновок, содержащих турбобур с центраторами с помощью трехмерной аналитической модели КНБК в искривленной скважине // Труды ВНИИБТ. – 1988. – Вып.64. – С.37-52.
3. Бурение наклонных и горизонтальных скважин / А.Г.Калинин, Б.А.Никитин, К.М.Солодкий, Б.З.Султанов: Справочник. – М.: Недра, 1997. – 648 с.
4. Буслаев В.Ф., Гуменюк А.С., Гаджиев Н.С. Влияние частоты вращения долота на искривление скважин // Нефтяное хозяйство. – 1984. – №5. – С. 27-30.
5. Воевідко І.В., Марцінковська І.П. Автоматизоване проектування породоруйнуючих органів шарошкових калібраторів // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2002. – №3(4). – С. 85-87.
6. Петрина Ю.Д., Марцінковська І.П. Структура і опис цифрової моделі об'єкта проектування // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003. – № 3(8).