

Якщо при прогнозуванні формування ареалу забруднень довкілля необхідно врахувати горизонтальну фільтрацію ґрунтових вод, то слід скористатися принципом незалежності рухів. Вектор вертикальної фільтрації шкідливих витоків в кожній точці координатної площини направлений нормально до побудованої ізолінії. Напрямок вектора горизонтальної фільтрації ґрунтових вод в загальному випадку відомий. Тому для отримання вектора сумарної швидкості в кожній точці координатної площини необхідно знайти геометричну суму вказаних векторів.

Таким чином, створена математична модель дає змогу прогнозувати формування ареалу шкідливих витоків зі сховищ відходів виробництва.

Література

1. Шкіца Л.Є. Математична модель формування ареалу забруднень довкілля шкідливими витокими // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ, 2002. – № 4(5). – С.65-66.
2. Adamski W. Modelowanie systemow oczyszczania wod. Wyd.Naukowe PWN. Warszawa 2002. – 254с.

УДК 622.245.23

СПОСІБ РОЗРАХУНКУ КОМПОНОВОК НИЗУ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ

¹В.М.Івасів, ¹Г.І.Чудик, ¹І.М.Моргулець, ²П.В.Пушкар

¹ ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42002,
e-mail: public@ifdtung.if.ua

² НГВУ "Надвірнанафтогаз", 78400, м. Надвірна, вул. Грушевського, 3

Рассматривается способ расчета компоновок низа буровой колонны без опорно-центрирующих элементов в стволе прямолинейной наклонной скважины с учетом реального взаимодействия ее элементов со стенками ограничивающего пространства. Расчет проводится путем минимизации функционала полной потенциальной энергии деформированного стержня. Для наглядности приведен пример расчета КНБК маятникового типа.

The method to calculate the make of drilling string bottom without supporting-centralizing elements (SCE) in the hole of linear inclined well is reviewed considering actual interaction of its elements with side walls of boundary space. The calculation is done by complete energy functional minimizing of loaded rod. The example of the make of drilling string bottom of pendular type calculation is given for visualization.

Основною проблемою похило-спрямованого буріння є реалізація проектного профілю свердловини, яка пов'язана з розробкою ефективних компоновок низу бурильної колонни (КНБК), в першу чергу неорієнтованих. Існує значна кількість аналітичних моделей проектування неорієнтованих компоновок, що дають змогу розробляти КНБК для різних завдань спрямованого буріння як роторним способом, так і за допомогою гідравлічних вибійних двигунів. Розрахункова схема будь-якої компоновки являє собою стрижневу систему, яка складається з ділянок різної власної ваги, жорсткості та геометричних розмірів і може включати опорно-центруючі елементи (ОЦЕ), що і визначають положення осі КНБК у свердловині на інтервалах їх встановлення. При роботі КНБК, її вісь може набувати різної форми, що обумовлюється, насамперед, радіальними зазорами між ОЦЕ та стінками свердловини. Особливістю попередніх розрахунків КНБК є те, що в місці встановлення долота, ОЦЕ та у верхній точці її дотику із стінкою свердловини відомі радіальні зазори на цих елементах. Однак, лише на долоті та в верхній точці дотику із нижньою стінкою свердловини точно відомі величини зміщень пружної осі КНБК відносно осі свердловини.

Поширеними методами розрахунку КНБК вважають підходи [1-3]. Вони побудовані за основними принципами взаємодії елементів компоновок зі стовбуром свердловини опираючись на численні аналітичні спрощення та припущення. Це було зумовлено обмеженими можливостями обчислювальної техніки, так як математичний апарат при цих розрахунках є дуже об'ємним із збільшенням кількості ділянок компоновки.

В зв'язку з цим, авторами було розроблено новий підхід до розрахунку неорієнтованих КНБК без ОЦЕ, які знаходяться в похило-спрямованому стовбурі свердловини, використовуючи при цьому рівняння повної потенціальної енергії стрижня змінної жорсткості і ваги погонного метра, запропоноване Герцбергом [5, 6].

$$W(x_i) = \sum_{i=1}^n \left\{ \int_0^{l_i} \frac{EI_i \left[\frac{d^2 y(x)}{dx^2} \right]^2}{2} - \frac{P - q_i \cdot x \cdot \cos(\alpha)}{2} \times \right. \\ \left. \times \left[\frac{dy(x)}{dx} \right]^2 - q_i \cdot \sin(\alpha) \cdot y(x) \right\} dx, \quad (1)$$

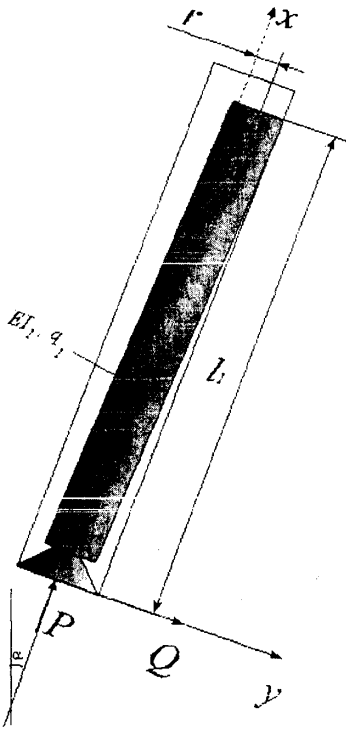


Рисунок 1 — Розрахункова схема взаємодії низу бурильної колони зі стінками свердловини

де: EI_i — жорсткість на згин елемента КНБК, Нм^2 ;
 l_i — довжина елемента КНБК, м;
 q_i — вага погонного метра елемента компоновки, Н/м ;
 P — осьове навантаження на долото, Н ;
 α — зенітний кут нахилу осі свердловини;
 n — кількість ділянок КНБК різної ваги погонного метра і жорсткості на згин;
 $y(x)$ — функція прогинів пружної осі КНБК.
 При реальній взаємодії компоновки із стінками свердловини, як вже наголошувалося, відомі такі граничні умови:

$$y(0) = 0, \quad y'(0) = C_1, \quad y''(0) = 0, \quad y\left(\sum_{i=1}^n l_i\right) = r, \quad y'\left(\sum_{i=1}^n l_i\right) = 0, \quad y''\left(\sum_{i=1}^n l_i\right) = 0. \quad (2)$$

Згідно з умовами (2), рівняння прогинів пружної осі КНБК матиме вигляд:

$$y(x) = C_1 \times \frac{-3 \cdot x^5 + 8 \cdot x^4 \cdot \sum_{i=1}^n l_i - 6 \cdot \left[\sum_{i=1}^n l_i\right]^2 \cdot x^3 + \left[\sum_{i=1}^n l_i\right]^4 \cdot x}{\left[\sum_{i=1}^n l_i\right]^4} + r \cdot \frac{6 \cdot x^5 - 15 \cdot \sum_{i=1}^n l_i \cdot x^4 + 10 \cdot x^3 \cdot \left[\sum_{i=1}^n l_i\right]^2}{\left[\sum_{i=1}^n l_i\right]^5}, \quad (3)$$

де: C_1 — змінна, яка відповідає величині кута нахилу осі КНБК в місці встановлення долота;
 r — зміщення осі КНБК відносно осі свердловини в верхній точці дотику, м;

Додатково припускаємо, що:

- стінки свердловини не деформуються;
- згин колони труб відбувається в одній площині (плоский);
- динамічна взаємодія бурового розчину не враховується.

На відміну від підходу, запропонованого авторами [5, 6], даний розрахунок реалізується шляхом мінімізації функціоналу повної потенціальної енергії деформованого стрижня (1) із заданою функцією прогинів осі компоновки, яка відповідає граничним умовам в кінцевих точках. Згідно даного методу визначаються такі значення C_1 та l_n , при яких функціонал (1) набуває мінімуму. Для цього скористаємося методом знаходження екстремуму функції багатьох змінних [4]. Складаємо систему двох рівнянь за допомогою якої проводиться розрахунок C_1 і l_n .

$$\begin{cases} \frac{\partial W(x)}{\partial l_n} = 0 \\ \frac{\partial W(x)}{\partial C_1} = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Результатом розв'язку даної системи рівнянь є декілька пар значень C_1 і l_n . Для визначення тих значень, які надають мінімум функціоналу (1), потрібно виконати перевірку. Для цього використаємо наступні вирази:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 W(x)}{\partial l_n^2} &= A, \\ \frac{\partial^2 W(x)}{\partial C_1^2} &= B, \\ \frac{\partial^2 W(x)}{\partial l_i \partial C_1} &= C. \end{aligned} \quad (5)$$

В наведені вище формули (5) підставляємо розрахункові пари значень C_1 та l_n . Мінімум функціоналу буде при тих значеннях C_1 і l_n , при яких виконуватимуться наступні нерівності:

$$\begin{aligned} A \cdot B - C^2 &> 0, \\ C &> 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Відхиляюче зусилля на долоті Q знаходимо з рівняння рівноваги деформованої системи

$$M(x) = Q \cdot \sum_{i=1}^n l_i + \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_i \cdot l_i^2}{2} + q_i \cdot l_i \cdot l_{i+1} \right). \quad (7)$$

Згідно з рис.1 та умовами (2) величина Q визначатиметься

$$Q = \frac{-q_1 \cdot l_1}{2}. \quad (8)$$

Для прикладу наведемо порівняльний розрахунок м'ягкої компоновки, що складається з ОБТ вагою погонного метра $q_1=2\text{кН}$, жорсткістю на згин $EI_1=20\text{МНм}^2$ та зміщенням

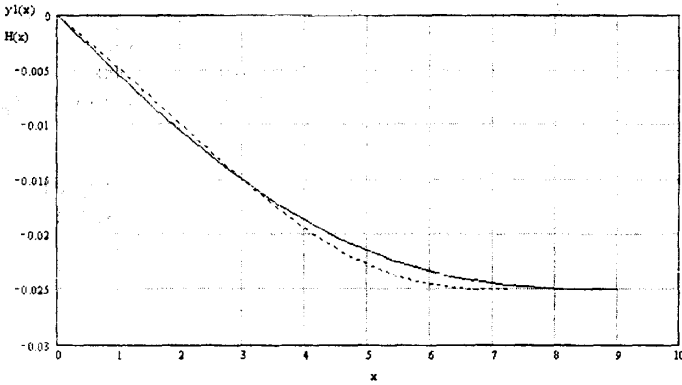


Рисунок 2 — Пружна вісь, розрахована за:
 ----- розробленим підходом
 ————— методикою [3]

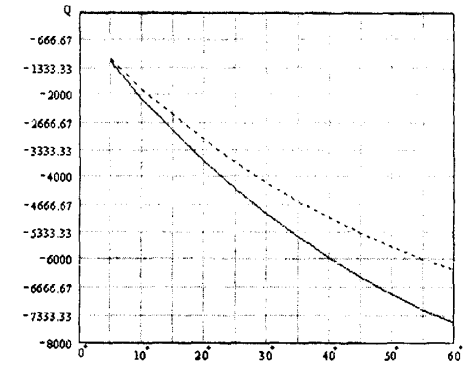


Рисунок 3 — Відхилююче зусилля на долоті, розрахована за:
 ----- розробленим підходом
 ————— методикою [3]

осі КНБК відносно осі свердловини $r=0,025$ м. На долото створено осьове навантаження $P=100$ кН при куті нахилу осі свердловини 60° .

В результаті розрахунку за запропонованим підходом та за методом [3] отримано графічні залежності (рис.2 та рис.3). Зміна прогинів пружної осі КНБК відносно осі свердловини, яка розрахована обома способами (рис.2.), має деякі особливості. Довжина ділянки l_1 , розрахована за новим підходом є меншою порівняно з довжиною обчисленою за методом [3], а форми пружних осей дещо різняться між собою. Це обумовлено відмінностями в математичній моделі розрахунку кожного методу зокрема та реалізації їх на ЕОМ. Для оцінки розбіжності в значеннях величини відхилюючого зусилля на долоті, розрахованого обома способами, побудовано графічну залежність (рис.3). При збільшенні зенітного кута нахилу осі свердловини α різниця між величинами відхилюючого зусилля на долоті зростає внаслідок збільшення різниці між довжинами ділянок КНБК від долота до верхньої точки її дотику із нижньою стінкою свердловини l_1 .

Розроблений підхід дає змогу проводити обчислення параметрів неорієнтованих КНБК без ОЦЕ, за результатами яких можна робити аналіз доцільності встановлення одного або двох центраторів на КНБК для виконання різних завдань спрямованого буріння. Всі аналіти-

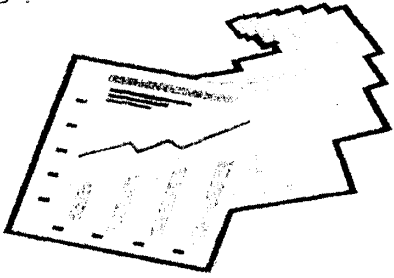
чні перетворення та розрахунки розглянутого способу можна проводити на ЕОМ з використанням математичного пакету MathCad або Maple 7, що забезпечує високу точність.

Література

1. Вудс Г., Лубинский А. Искривление скважин при бурении / Перевод с англ. – М.: Гостоптехиздат, 1960. – 161 с.
2. Методика расчета интенсивности искривления ствола наклонной скважины / М.П.Гулизаде, Л.Я.Кауфман, Л.Я.Сушон. – Тюмень: Типография ГипроТюменнефтегаза, 1975. – 60 с.
3. Султанов Б.З., Ишемгузин Е.И., Шаммасов М.Х., Сорокин В.Н. Работа бурильной колонны в скважине. – М.: Недра, 1973. – 217 с.
4. Игнатъева А.В., Краснощекова Т.И., Смирнов В.Ф. Курс высшей математики. – М.: Высшая школа, 1968. – 691 с.
5. Гержберг Ю.М. Чарков В.Д., Никитин Б.А. Исследование работы сложных компоновок низа бурильной колонны методом динамического программирования // Нефт. хозяйство. – 1982. – №4. – С. 21-23.
6. Гержберг Ю.М. Чарков В.Д. Исследование напряжений в сложных компоновках низа бурильной колонны при роторном бурении // Нефт. хозяйство. – 1985. – №4. – С. 25-27.

МИ ЧЕКАЄМО НА ВАС !

МІСЦЕ ВАШОЇ РЕКЛАМИ



З питань виготовлення і розміщення реклами звертатися м. Івано-Франківськ, 76019, вул. Карпатська 15. ІФНТУНГ. Редакція журналу "Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ". тел.: (03422) 42062, тел./факс: (03422) 42139, ел. пошта: rozvidka@ifn.tung.if.ua