

УДК 622.245.23

## РОЗРАХУНОК КОМПОНОВОК НИЗУ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ (КНБК) З ДВОМА ЦЕНТРАТОРАМИ

\* В.М. Івасів, \* І.І. Чудик., \*\* А.В. Козлов, \*\* В.Г. Глушич

\*ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, Карпатська 15,

тел. (03422) 42342, e-mailpublic@ifdtung.if.ua,

\*\* ДАК "Чорноморнафтогаз", 333000, м. Сімферополь, проспект Кірова, 52, тел. 27-23-09

[e-maildrill@gas.crimea.ua](mailto:e-maildrill@gas.crimea.ua)

Рассматривается способ расчета компоновок низа бурильной колонны с двумя опорно-центрирующими элементами (ОЦЕ) в стволе прямой наклонной скважины, с учетом реального взаимодействия ее элементов со стенками ограничивающего пространства. Расчет проводится в два этапа. Первый этап – это расчет КНБК с одним ОЦЕ. Второй – это расчет КНБК с двумя ОЦЕ с учетом результатов первого расчета. Для наглядности наведен пример расчета турбинной КНБК.

В практиці буріння похилоскерованих свердловин широкого розповсюдження набули КНБК з двома опорноцентрируючими елементами (ОЦЕ). Їх використовують для управління зенітним кутом та стабілізації азимута похилоспрямованого стовбура. При цьому, від них вимагається велика ефективність і надійність в роботі, що залежить, насамперед, від конструктивних параметрів елементів компоновки. Тому, для досягнення того чи іншого результату при бурінні спрямованої свердловини слід підбирати компоновку, враховуючи реальні умови її взаємодії із стінками свердловини. Адже бувають випадки, коли компоновка між центраторами прогинається і лягає на стінку свердловини або один із центраторів зависає і не впливає на роботу системи. Роботи [1, 2, 3], які присвячені розрахунку таких компоновок, розглядають систему вже з конкретно заданими умовами взаємодії обох ОЦЕ з стінкою свердловини і вважається, що якщо в КНБК є дві опори, то вони контактують, переважно, із нижньою стінкою свердловини. Тому виникає необхідність розробки математичної моделі розрахунку КНБК з врахуванням таких умов її роботи в стовбурі свердловини. Це дозволить здійснювати правильний вибір діаметрів центраторів і місця їх встановлення для вирішення тієї чи іншої задачі.

В зв'язку з цим, авторами було розроблено спосіб розрахунку КНБК з двома центраторами для роторного і для турбінного способу буріння.

The method for calculation of bottom string make with two bearing-centralizing elements (BCE) is reviewed in a well bore a straight well. Actual interaction of BCE with sidewalls is also considered. Calculation includes two stages. The first stage is the calculation of bottom string make with one BCE. The second one is the calculation of bottom string make with two BCE considering the results of previous calculation. An example of calculation of turbine bottom string make is given for demonstration.

Він дозволяє проводити розрахунок компоновок в два етапи. Перший етап – це розрахунок КНБК з одним центратором, другий – з двома на основі результатів попереднього розрахунку. Детальніше зупинимося на кожному з них. На першому етапі розглядається робота компоновки з одним центратором, пружна вісь якої задається двома диференціальними рівняннями (1) і (2) та зображена на рис. 1.

Рівняння пружної лінії КНБК на ділянці I:

$$EI_1 \frac{d^2 y_1}{dx_1^2} = -Py_1 + Qx_1 + \frac{q_1 x_1^2 \sin \alpha}{2}. \quad (1)$$

Рівняння пружної лінії КНБК на ділянці II:

$$EI_2 \frac{d^2 y_2}{dx_2^2} = -[P - q_1 l_1 \cos \alpha] y_2 + Q(l_1 + x_2) - R_2 x_2 + \left( \frac{q_1 l_1^2}{2} + q_1 l_1 x_2 + \frac{q_2 x_2^2}{2} \right) \sin \alpha. \quad (2)$$

$EI_i$  - жорсткість на згин елементів КНБК;  $P$  - осьове навантаження на долото;  $q_i$ ,  $l_i$  - вага погонного метра та довжина елементів КНБК;  $\alpha$  – зенітний кут нахилу осі свердловини.

З врахуванням граничних умов (3) визначаються такі невідомі: величина бокового відхиляючого зусилля на долоті  $Q$ ,  $R_2$  – реакція на центраторі;  $l_3$  – віддаль від центратора до точки дотику КНБК із стінкою свердловини [4].

$$\begin{aligned} x_1 = 0, y_1 = 0. \\ x_1 = l_1, y_1 = r_1, y_1^I = y_2^I; \\ x_2 = 0, y_2 = r_1. \\ x_2 = l_2, y_2 = r_2, y_2^I = 0, y_2^{II} = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

В результаті розрахунку отримуємо реальну вісь КНБК з одним ОЦЕ. Знаючи значення її прогинів по відношенню до осі свердловини, отримуємо можливість оцінити доцільність та місце встановлення ОЦЕ відповідного діаметра між долотом і тим центратором, що використовувався в першому етапі розрахунку або між ним же і точкою контакту КНБК із стінкою свердловини. Згідно з величиною прогину осі КНБК з одним ОЦЕ по відношенню до осі свердловини можна проаналізувати взаємодію встановленого центратора із стінкою свердловини.

Другий етап розрахунку використовується вже для КНБК з двома центраторами, взаємодія яких із стінками свердловини вже точно визначена (рис. 2). З допомогою рівнянь (1), (2) і (4), врахувавши граничні умови (5), які описують роботу компоновки з двома центруючими пристроями в свердловині, виконуємо розрахунок і визначаємо невідомі величини  $Q$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $l_3$ .

$$EI_3 \frac{d^2 y_3}{dx_3^2} = -[P - (q_1 l_1 + q_2 l_2) \cos \alpha] y_3 + Q(l_1 + l_2 + x_3) - R_2 x_3 - R_1(l_2 + x_3) + \left( \frac{q_1 l_1^2}{2} + q_1 l_1 l_2 + q_1 l_1 x_3 + q_2 l_2 x_3 + \frac{q_3 x_3^2}{2} + \frac{q_2 l_2^2}{2} \right) \sin \alpha. \quad (4)$$

$$\begin{aligned} x_1 = 0, y_1 = 0, x_1 = l_1, y_1 = r_1, y_1' = y_2'; \\ x_2 = 0, y_2 = r_1; x_2 = l_2, y_2 = r_2, y_2' = y_3'; \\ x_3 = 0, y_3 = r_2; x_3 = l_3, y_3 = r_3, y_3' = 0, y_3'' = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Таким чином, розроблений підхід розрахунку компоновок низу бурильної колони з двома ОЦЕ дозволяє проаналізувати її взаємодію з вибоєм та стінкою свердловини при наявності одного центруючого пристрою та знайти оптимальне місце для встановлення іншого ОЦЕ, згідно з задачею, яка ставиться перед виконавцем. А вже подальший розрахунок зводиться до обчислення силових факторів, що виникають при роботі КНБК з двома центраторами в свердловині з умови найефективнішого їх використання.

Розрахунок проводиться в програмному забезпеченні Mathcad з можливістю відтворення розрахункових значень прогинів осі КНБК в графічній формі, для кращого уявлення процесу взаємодії елементів компоновки із стінками стовбура свердловини.

Для прикладу, проведено розрахунок такої КНБК: долото  $\varnothing 215,9$ мм, турбобур ЗТСШ-195 з центратором  $\varnothing 212$ мм, встановленим на відстані 15м від долота, ОБТ 178 в прямолінійному стовбурі свердловини з зенітним кутом  $30^\circ$ . Необхідно визначити оптимальне місце

встановлення другого центратора.

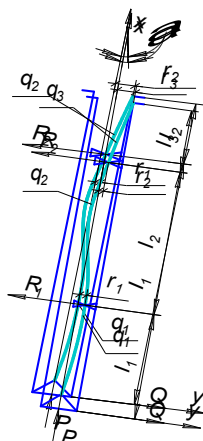


Рисунок 1 – Розрахункова схема КНБК з одним ОЦЕ

Рисунок 2 - Розрахункова схема КНБК з двома ОЦЕ

На першому етапі розрахунку ОЦЕ встановлюємо на віддалі 15м від долота. В результаті, отримуємо випрямляюче зусилля на долоті  $Q=4896$ Н, реакцію на ОЦЕ  $R_2=1258$ Н і форму пружної осі КНБК в стовбурі свердловини. По формі пружної осі визначаємо в якому місці і якого діаметру можна встановити центруючий пристрій, щоб змінити значення зусилля на долоті та реакції на центраторах, згідно з завданням, та добитися взаємодії обох ОЦЕ із стінками свердловини. В другому етапі згідно з розрахунками встановлюємо другий центратор на відстані  $l_1=3,5$ м від долота і отримуємо значення  $Q=19$ Н та  $R_1=7195$ Н, і  $R_2=10300$ Н.

#### Література

1. Арутюнов А.А., Кауфман Л.Я., Сушон Л.Я., Шахбазбеков К.Б. Механизм работы компоновки низа бурильной колонны с двумя центраторами в наклонной скважине.-Изв. ВУЗов. Нефть и газ, №4, 1976г. с. 26-28.
2. Гасанов И.З., Оганов Г.С. Расчет неориентируемой компоновки низа бурильной колонны с большим количеством опорных элементов. – Изв. ВУЗов. Нефть и газ, № 2, 1988г., с. 19-22.
3. Расчет отклоняющей силы на долоте системы с тремя центраторами в наклонном участке скважины / Ситдыков Г.А., Юнусов М.М., Левинсон Л.М., Нурғалиев Р.М. -В. сб.: Вопросы технологии бурения скважин и

- механика разрушения горных пород. Уфа, 1972г., с. 154-159 (труды УФНИ Вып. XI).
4. Работа бурильной колонны в скважине / Султанов Б.З., Ишемгужин Е.И., Шаммасов М.Х., Сорокин В.Н. – М.: Недра. 1973г., 217 с.