

АНАЛІЗ СИЛ ТЕРТЯ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ ПРИХОПЛЕНЬ ПІД ДІЄЮ СТАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ

¹М.М.Яворський, ¹Б.М.Малярчук, ²П.І.Огородніков, ¹В.М.Світлицький

¹ДК "Укргазвидобування", м. Київ
e-mail: svetlitsky@gasdob.com.ua

²МНТУ, м. Київ
e-mail: ogorodnikov@mail.ru

Проведен анализ сил трения, возникающих при ликвидации прихватов под действием статических нагрузок буровой колонны. Результаты анализа свидетельствуют, что задача по освобождению прихваченной колонны под воздействием статической нагрузки носит стохастический характер: расчеты без учета сухого трения и с его учетом позволяют определить верхнюю и нижнюю границы значений продольной силы, при этом точное значение продольной силы, находящееся между этими границами, носит характер стохастической переменной. Уменьшить продольную силу возможно путем уменьшения коэффициента трения за счет использования более активных жидкостей для установки ванн, а также использования виброударных устройств.

The analysis of frictional force, arising up at freeze liquidation under the action of the static loadings of drill column is conducted. The results of analysis testify that a task on liberation of the frozen column under the action of the static loading has stochastic character: calculations without taking into account dry friction and with its account give high and low bounds of values of longitudinal force, here the exact value of longitudinal force, between these scopes, has a character of stochastic variable. Decreasing longitudinal force is possible by diminishing of coefficient f due to utilizing of more active liquids for baths arranging, and also utilizing of vibration and impact devices.

Прихоплення бурового інструменту є найрозповсюдженішою і найскладнішою групою аварій. У загальному об'ємі аварійних робіт на їх частку припадає від 30 до 70% невиробничих витрат часу і засобів [1].

У випадку використання бурових розчинів з високою водовіддачею на стінках свердловини утворюється товстий шар глинистої кірки, яка в процесі піднімання бурового інструменту зрізається перехідниками, при цьому виникає щільна глиниста пробка, яка прихоплює інструмент. У більшості випадків позитивного результату ліквідації прихоплення можна досягти встановленням нафтової ванни. Пористі породи або шлам, насичений нафтою, будуть мати менший коефіцієнт тертя, що вимагатиме менших статичних зусиль розтягнутої бурової колони для її вивільнення від прихоплення. У зв'язку з цим виникає завдання щодо визначення поведінки прихопленої бурової колони під дією попереднього натягу та умов її звільнення.

Розглянемо моделюючу схему (рис. 1) прихопленої бурової колони, яка знаходиться під дією сили натягу талевої системи. При цьому будемо вважати, що прихоплена частина колони знаходиться у викривленій свердловині.

Метою цієї статті є аналіз сил тертя, які виникають під час ліквідації прихоплення.

Для побудови математичної моделі прийнято такі умови взаємодії сил тертя.

1. Напрямок вектора сили тертя, прикладений у деякій точці прихоплення, протилежний напрямку вектора відносної швидкості у тій же точці контакту між поверхнею труби і породою.

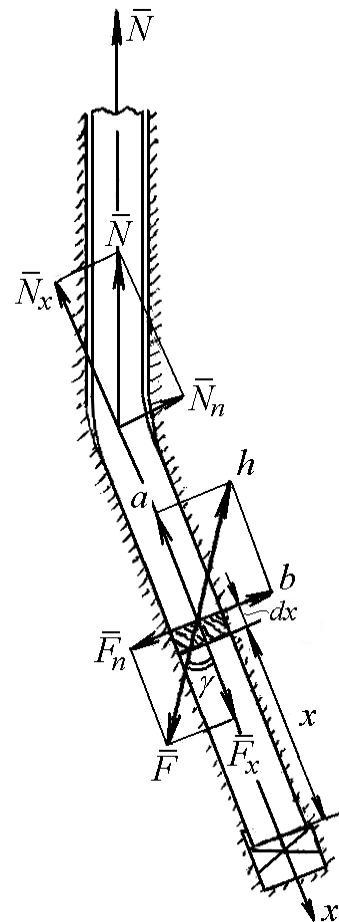


Рисунок 1 – Моделююча схема прихоплення бурової колони

2. Для умов сухого тертя величина сили тертя являє собою ступінчасту функцію переміщень (рис. 2). Така розривність визначає значну нелінійність і виключає застосування принципу суперпозиції.

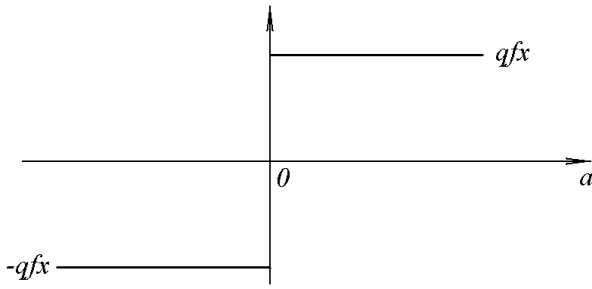


Рисунок 2 – Ступінчаста функція переміщень сил тертя

Кінцева деформація колони, обумовлена ліквідацією прихоплення у результаті зміни сили натягу системи \bar{N} , відшукується за результатом аналізу деформацій і пов'язаних з ним сил тертя, починаючи з початкового стану. Для цього введемо таке спрощення: енергія розтягу колони набагато більша від енергії згину.

Розглянемо нескінченно малий елемент прихопленої труби dx (рис. 1), який знаходиться на відстані x від вибою, і прийнемо, що сила натягу змінюється повільно і рівномірно. Під дією сили натягу колона розтягується в осьовому напрямі на величину

$$a_N = \frac{Nx}{EA}, \quad (1)$$

де: E – модуль пружності; A – площа поперечного перерізу труби; x – деформація, що призводить до появи протидіючої сили тертя, яка поглинає переміщення в прихопленій зоні за рахунок сил тертя.

Розподілені по довжині прихопленої колони сили тертя можуть змінюватись у випадку зміни довжини прихопленої частини під дією натягу чи інших чинників до певного мінімального значення, після досягнення якого починається рух колони. Цю умову можна записати через переміщення a_F

$$a_F = \int_0^x \frac{N}{EA} dx - \int_0^x \frac{qf}{EA} x dx, \quad (2)$$

де: q – навантаження породи у зоні прихоплення на одиницю довжини стінки труби; f – коефіцієнт тертя в системі “труба-порода”.

У випадку рівноваги можна вважати, що $N=F=qfx$. Тоді після інтегрування отримаємо

$$a_F = \frac{F}{EA} \cdot \left(x - \frac{1}{2} x \right) = \frac{1}{2} \frac{F}{EA} \cdot x, \quad (3)$$

де F – сила тертя.

Виходячи із вказаного вище бачимо, що переміщення елемента dx не відбуваються, оскільки

$$F < qfx. \quad (4)$$

Такий стан нерухомості буде зберігатись лише до того часу, поки збільшення осьової сили не досягне деякого граничного значення. Як тільки граничне значення буде перевищено – труби колони починають рухатись.

Рух труби в похилій частині свердловини визначиться повним переміщенням h , осьовим переміщенням a і боковим переміщенням b .

Згідно з рис. 1, кут γ визначатиметься за формулою

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{b}{a}. \quad (5)$$

Розкладемо силу тертя F на складові: осьову і бокову

$$F_x = F \frac{a}{h} = \frac{F \cdot a}{\sqrt{a^2 + b^2}},$$

$$F_n = F \frac{b}{h} = \frac{F \cdot b}{\sqrt{a^2 + b^2}}. \quad (6)$$

За малої кривизни свердловини можна знехтувати впливом бокової складової тертя F_n на осьове переміщення a .

Застосовуючи рівняння (7) отримаємо

$$F_x = F \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}. \quad (7)$$

Розглянемо осьову складову силу тертя як рівномірне навантаження, яке діє на прихоплену трубу в її перетині

$$EA \frac{da}{dx} = -F_x. \quad (8)$$

Використовуючи рівняння (6), (7) і співвідношення $F=qfx$, перетворимо рівняння (8) до такого вигляду:

$$EA \frac{da}{dx} = qfx \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}. \quad (9)$$

Отримане рівняння являє собою диференціальне рівняння першого порядку з деяким змінним коефіцієнтом, що є нелінійною функцією.

Розв'язок рівняння такого типу в замкнутій формі не відомий. Для його розв'язання слід застосовувати числове інтегрування або наближений метод.

Таким чином, поставлене завдання вивільнення прихопленої колони під дією статичного натягу носить стохастичний характер: розрахунки без врахування сухого тертя і з його врахуванням дають верхню і нижню границі значень поздовжньої сили, причому точне значення поздовжньої сили, яке знаходиться між цими границями, має характер стохастичної змінної. Зменшити поздовжню силу можна шляхом зменшення коефіцієнта тертя f за рахунок використання більш активних рідин під час встановлення ванн, а також у випадку застосування віброударних пристроїв.

Література

1 Ветров А.К., Коломеец А.В. Аварии в разведочном бурении и основы борьбы с ними. – М.: Недра, 1969. – 178 с.