

## ВПЛИВ ОБВАЖНЕНИХ БУРИЛЬНИХ ТРУБ НА ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ ПРИ РОТОРНОМУ СПОСОБІ БУРІННЯ

*Б. М. Малярчук, канд. техн. наук (ДК „Укргазвидобування”), В. Ю. Худолей, асп. (МНТУ)*

*Предложен порядок применения мер по предотвращению формирования волнообразного забоя буровой скважины. В основу рекомендаций положены результаты исследования влияния характеристик утяжеленных бурильных труб на динамическое состояние бурильной колонны.*

Підвищення техніко-економічних показників при бурінні свердловин на нафту і газ досягається, як правило, за рахунок збільшення осьового навантаження на долото, кутової швидкості або вибору раціональної комбінації цих параметрів.

Однак при збільшенні осьового навантаження і швидкості обертання долота відбувається посилення ударно-вібраційних навантажень на долото і колону. Виникнення значних динамічних сил у бурильній колоні є результатом коливання шарошок долота по рейковому хвилеподібному вибою (як правило, виникає рейковий вибій з трьома вибоїнами). Процес утворення такого вибою пов'язаний з резонансними явищами в бурильній колоні [2], точніше, з резонансними коливаннями компоновки низу бурильної колони (КНБК).

В цьому випадку долото за оберт здійснює три поздовжніх коливання. Встановлено, що амплітуда коливань становить 0,35...12,7 мм [2] і при цьому виникають періодичні динамічні сили з частотою три цикли за оберт, що призводить до постійної вібрації всієї бурильної колони.

Метою роботи є виявлення впливу обважнених бурильних труб (ОБТ) на формування хвилеподібного вибою і розроблення заходів щодо зменшення ймовірності виникнення такого вибою.

Як показує практика роторного буріння, осьові навантаження 200...300 кН на долото діаметром 240...300 мм не повинні перевищувати 75 % ваги ОБТ. При довжині ОБТ 150...250 м і більше застосовують швидкості обертання ротора в межах 70...120 хв<sup>-1</sup>. Використовуючи узагальнену модель бурильної колони [1–4] та розв'язання її в імпульсній формі, яка базується на запису вхідного імпульсу бурильної колони як складної стрижневої системи із змішаними хвилями, можна визначити вплив параметрів ОБТ і СБТ (сталених бурильних труб) на вібростан бурильної колони:

$$Z_{\text{BX}} = \frac{F_{\text{д}}(t)}{V(t)} = R_{\text{BX}} + jX_{\text{BX}} = \rho \frac{Z_n \cos ml + j\rho \sin ml}{\rho \cos ml + jZ_k \sin ml}, \quad (1)$$

де  $F_d(t)$  – динамічне навантаження від долота;  $V(t)$  – віброшвидкість на вході;  $X_{BX}$  – реактивна складова  $Z_{BX}$ ;  $R_{BX}$  – активна складова  $Z_{BX}$ ;  $\rho$  – хвильовий опір, залежить від конструкції КНБК;  $m = \frac{2\pi}{\lambda}$ ;  $\lambda$  – довжина хвилі;  $l$  – довжина ОБТ;  $j$  – комплексне число;  $Z_k = Z_H$  – вхідний імпеданс колони бурильних труб як комплексне навантаження.

Більш розширене дослідження (1) показує, що при  $l = n \frac{\lambda}{4}$ ,  $x_{BX} = 0$  в ОБТ настає резонанс, при цьому  $n$  не може бути цілим числом.

Оскільки імпульс проходить вздовж ланцюга з'єднаних між собою елементів (система з окремих труб та інших елементів КНБК), то для попереднього елемента кожний наступний елемент є “навантаженням”.

Розрахунок виконується в два етапи:

1) за відомими граничними умовами, заданими у вигляді імпедансів, визначаються імпеданси на вході колони за значеннями імпедансів її елементів;  
2) за імпедансами визначається значення амплітуди сили або швидкості.

Розрахунок проводиться послідовно для фіксованих частот. В результаті визначення функцій  $F_d$  і  $V(t)$  можна зробити висновок про наявність резонансних коливань.

На основі моделюючих схем і запропонованого імпедансного методу розрахунку за допомогою ЕОМ були проведені дослідження впливу параметрів ОБТ і СБТ на динамічний стан бурильної колони.

Для дослідження було вибрано конкретну бурильну колону, яка складалася із СБТ діаметром 139,7/10 мм, довжиною 2000 м, та ОБТ діаметром 178/90 мм, довжиною 150...250 м, і була підвішена на талевій системі.

На рис. 1 наведено динамічну характеристику входу бурильної колони при довжині ОБТ 150 м (крива 2). Крива 1 є апроксимацією кривої 2 за методом найменших квадратів.

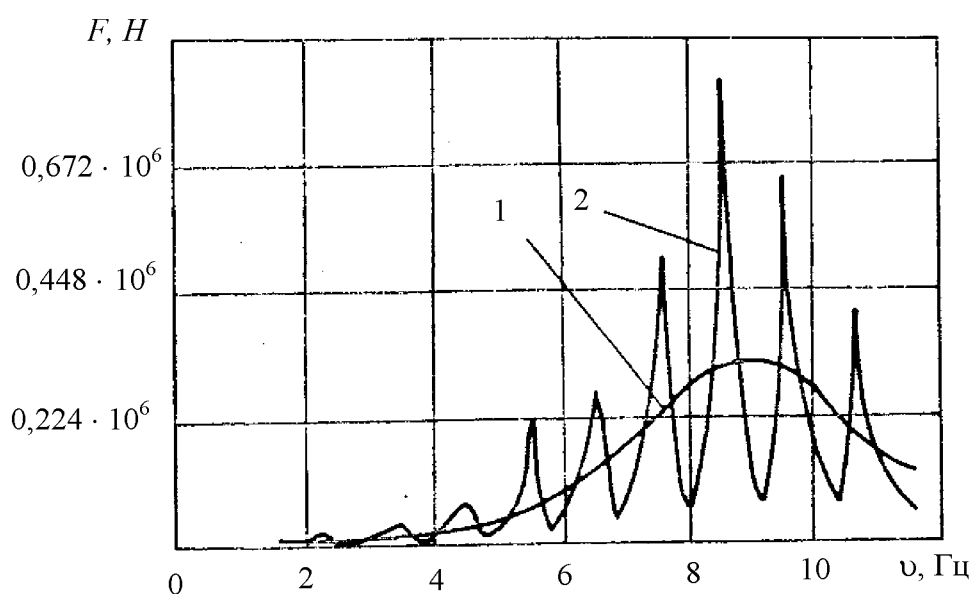


Рис. 1. Динамічна характеристика входу бурильної колони

Із наведених залежностей випливає, що максимум досягається при частоті  $\sim 9$  Гц. При цьому ОБТ працює в резонансному режимі, і у випадку резонансу крутильних коливань колони на тих же частотах є небезпека появи хвилеподібного вибою.

Максимум на частоті 9 Гц обумовлений довжиною ОБТ, а гармоніки девіації – впливом СБТ. З ростом глибини свердловини частота девіації збільшується, а амплітуда зменшується. Особливе значення девіація має при малих довжинах СБТ, тобто при малій глибині свердловини. Для виходу з резонансного режиму необхідно змінити довжину ОБТ. На рис. 2 показано залежності динамічних характеристик при зміні довжини ОБТ. Як випливає з рисунка, резонансний режим ОБТ зміщується в сторону більш низьких частот. В цьому випадку можна знайти комбінацію довжини ОБТ і швидкості обертання долота, при якій досягається максимум механічної швидкості.

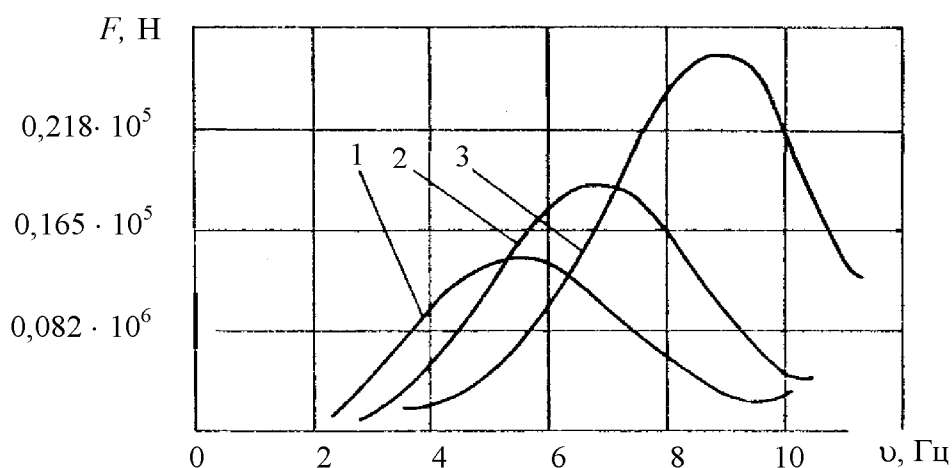


Рис. 2. Залежність динамічної характеристики входу колони від довжини ОБТ: 1 –  $L_{\text{ОБТ}} = 250$  м; 2 –  $L_{\text{ОБТ}} = 200$  м; 3 –  $L_{\text{ОБТ}} = 150$  м

Частотна перебудова ОБТ може бути здійснена за рахунок введення бурового амортизатора або раціонального вибору частоти обертання долота.

Щоб уникнути утворення хвилеподібного вибою, можна рекомендувати здійснити заходи в такій послідовності:

на основі загальноприйнятих розрахунків, наприклад, згідно з [3], визначається довжина КНБК;

визначається критична частота обертання долота, при якій виникає резонанс бурильної колони;

вибирається робоча частота обертання долота, по можливості більша за критичну, що забезпечує зсув фази при виникненні резонансних коливань і дозволяє уникнути утворення вибоїв на поверхні вибою свердловини.

Значення фазового кута  $\varphi$  між  $F_d$  і  $u$  (переміщення долота) при виникненні хвилеподібного вибою знаходиться в діапазоні  $0^\circ < \varphi < 180^\circ$ . В цьому випадку виникають удари шарошки по схилу вибоїни тривибойного вибою, що в результаті викликає одночасне виникнення інтенсивних крутильних і поздовжніх коливань. Долото в даному випадку працює нерационально.

Якщо вибрана робоча швидкість обертання долота виявиться надто високою, необхідно знизити частоту власних коливань КНБК. Для цього можна збільшити довжину ОБТ або ввести в компоновку амортизатор.

1. *Огородніков П. І., Сурнін Л. С., Тачинський М. Є.* Розподіл динамічних напружень по довжині бурильної колони // Праці Міжнародної наукової конференції «Проблеми і шляхи енергозберігання України». – Ч. 2. – Івано-Франківськ. – 1995. – С. 33–41.

2. *Юнин Е. К.* Низкочастотные колебания бурильного инструмента. – М.: Недра, 1983. –132 с.

3. *Хуань Дернинг.* Продольный изгиб и поперечные колебания бурильных труб // Сб.: Конструирование и технология машиностроения / Тр. Американского общества инженеров-механиков. – М.: Мир. – 1968. – № 4. – С. 99–106.

4. *Сурнин Л. С.* Повышение эффективности применения амортизаторов в бурении скважин на базе исследования волновых процессов в бурильной колонне. Автореф. дис....канд. техн. наук. – Івано-Франковск, 1987. – 15 с.