

БУРІННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

УДК 622.248

ВПЛИВ ЗАМКОВИХ З'ЄДНАНЬ НА КОЛИВНІ ПРОЦЕСИ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ В БУРИЛЬНІЙ КОЛОНІ

Л. М. Заміховський

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,
тел. 4-72-46, e-mail: ktsu@nung.if.ua*

Б. М. Малярчук

*НАК "Нафтогаз України", 01201, м. Київ, вул. Б.Хмельницького, 6,
тел. 586-37-95, e-mail: spas@urg.viaduk.net*

П. І. Огородніков

*Міжнародний науково-технічний університет ім. ак. Бугая, 02660, м. Київ,
Провулок Магнітогорський, 3, тел. 551-58-39, e-mail: istu@istu.kiev.ua*

Исследуется влияние замкового соединения (муфты) на колебательные процессы возникающие в бурильной колонне. Установлено, что замковые соединения являются своего рода демпфером высокочастотных колебаний, вызывающих изменение закономерностей распространения колебательных процессов в бурильной колонне. Знание последних позволяет определять опасные, с точки зрения отказа, сечения бурильной колонны.

The coupler interlocks influence on the vibrational processes, wich appeared in drill column is investigated. It was defined that interlocks is the kind of vibrational damper for the high-frequency vibrations, which are the reason of the drill column vibrational processes diffusion's rule changing. The information about one's allows to determine the emergency sections of drill column from the point of view of possible failure.

Аналіз аварій з бурильними трубами на колишньому об'єднанні "Укрнафта" [1] засвідчує, що з усіх аварій, обумовлених руйнуванням (406 аварій), 23% відбулися по трубних різьбах, 31% по замкових різьбових з'єднаннях ОБТ, 4,5% – по різьбовій частині бурильних замків і т. д.

Це свідчить про те, що процес визначення показників надійності бурильної колони і її елементів, недосконалий.

На даний час, згідно, наприклад, [2] проведено багато досліджень, спрямованих на зменшення втомних руйнувань бурильної колони шляхом розробки і застосування різних конструктивних і технологічних засобів підвищення працездатності елементів колони, підвищення ефективності використання засобів неруйнівного контролю, удосконалення методик розрахунку бурильних колон на змінні згинальні навантаження, спираючись на результати натурних стендових випробувань на втому її елементів. Очевидно, що перелічені дослідження принесли вагомі результати, спрямовані на підвищення надійності бурильних колон, але, як засвідчив аналіз аварійності колон, не зуміли відчутно зменшити кількість їх втомних руйнувань. Останнє свідчить про практичну недосконалість розповсюджених методів розрахунку бурильних колон, а також підтверджує правильність висновків, наведених, наприклад, у [3] про домінуючий вплив на руйнування елементів бурильної колони її вібрацій.

В першу чергу виникає запитання, як впливає замкове з'єднання (муфта) на коливальний процес при з'єднанні двох труб (рис. 1).

Для цього розглянемо поздовжні коливання механічної системи, яка складається з двох стрижнів з масою і геометричними розмірами двох труб завдовжки l_1 і l_2 , з'єднаних між собою замком або муфтою. Припускається, що маса (замок) абсолютно жорстка. Розв'язок хвильового рівняння [4] для першої частини стрижневої системи від $x=0$ до $x=l_1$ виглядає так:

$$\hat{\xi} = A(e^{-jkx} + \bar{R}e^{jkx}) \quad (1)$$

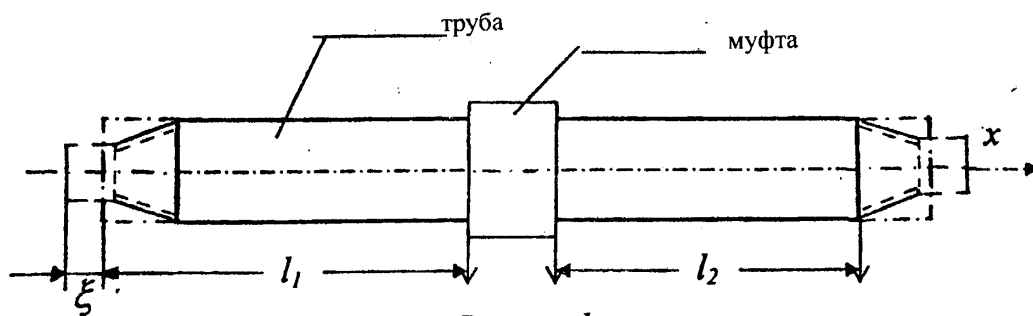


Рисунок 1.

Муфту і другу трубу (стрижень) можна представити акустичним імпедансом \bar{Z} , який дорівнює відношенню сили до швидкості. \bar{Z} – має бути одним і тим же, як для одного стрижня, так і для другого від точки з’єднання. Амплітуда в точці $x=l_1$ дорівнює:

$$\left| \left(\frac{\hat{\xi}}{\xi} \right)_{x=l_1} \right| = \left| A \left(e^{-jkl_1} + \bar{R} e^{jkl_1} \right) \right| \quad (2)$$

Сила, з якою труба завдовжки l_1 діє на систему “муфта-друга труба” $x=l_1$ дорівнює:

$$\bar{F} = -\lambda_\ell \sigma \left(\frac{\partial \hat{\xi}}{\partial x} \right) = jk\lambda\sigma A \left(e^{-jkl_1} - \bar{R} e^{jkl_1} \right) = j\omega \bar{A} \bar{Z}_c \left(e^{-jkl_1} - \bar{R} e^{jkl_1} \right) \quad (3)$$

де $\lambda_\ell = \rho c^2$; $k = \frac{\omega}{c}$; $k\lambda\sigma = \omega m \ell = \omega Z_c$

\bar{R} – відносна величина і фаза відбитої хвилі;

λ_E – модуль Юнга;

ρ – густина матеріалу;

ξ – переміщення;

ω – частота;

Z_c – характеристичний імпедант стрижня (труби);

c – швидкість розповсюдження хвилі.

Відношення сили до швидкості для другої труби від точки з’єднання дорівнює:

$$Z = \frac{\bar{F}}{\bar{V}} = \frac{j\omega \bar{A} Z_c \left(e^{-jkl_1} - \bar{R} e^{jkl_1} \right)}{j\omega \bar{A} \left(e^{-jkl_1} - \bar{R} e^{jkl_1} \right)} = \frac{Z_c \left(1 - \bar{R} e^{2jkl_1} \right)}{1 - \bar{R} e^{2jkl_1}} \quad (4)$$

Нехай нормований опір вправо від відбиваючого перетину на віддалі l_1 в протилежну сторону від точки $x=0$ буде дорівнювати $\bar{\xi}$, оскільки відношення сил і швидкостей для обох труб однакове стосовно муфти то,

$$\frac{1 - \bar{R} e^{2jkl_1}}{1 + \bar{R} e^{2jkl_1}} = \frac{\bar{Z}}{Z_c} = \bar{\xi} \quad (5)$$

Отже,

$$\bar{R} = \frac{1 - \bar{\xi}}{1 + \bar{\xi}} e^{-2jkl_1} \quad (6)$$

Множник e^{-2jkl_1} відповідає затримці хвилі на час проходження від точки $x=0$ до точки $x=l_1$ і назад до точки $x=0$.

Постійна \bar{A} визначається за граничними умовами.

Таким чином, на високих частотах розповсюдження поздовжніх коливань у трубі від одного кінця до іншого, значно подавлюється муфтою, яка з’єднує труби одну з одною, через значну різ-



ниці перерізів, які є дуже неоднорідними, падаюча хвиля частково відбивається від муфти в бік джерела збурювання – вибій – долото.

Враховуючи, що маса муфти порівняно з трубою незначна, а її момент інерції невеликий, та використовуючи результати роботи [4] встановлено, що в бурильній колоні впливом осі муфт на параметри зчинних коливань можна нехтувати.

У бурильній колоні муфта виконує роль опорної призми, котра жорстко закріплює колону в просторі й дещо додає інерційного навантаження.

Використовуючи теоретичні рішення [4] припустимо, що дві труби жорстко скріплені муфтою.

Оскільки рішення має бути кінцевим при $x = \infty$ і $x = -\infty$, на кінці, де відбувається збурення, воно виглядає так:

$$\hat{\xi} = \bar{A}e^{-jkx} + \bar{R}e^{jkx} + \bar{B}e^{kx} \quad (x \leq 0) \quad (7)$$

а розв'язок для другої труби:

$$\hat{\xi} = \bar{T}e^{+jkx} + \bar{D}e^{+kx} \quad (x \geq 0) \quad (8)$$

З граничних умов складається рівняння:

$$\left(\hat{\xi}\right)_{x=0} = \bar{A} + \bar{B} - \bar{R} = \bar{T} + \bar{D} = 0 \quad (9)$$

$$\frac{1}{k} \left(\frac{\partial \hat{\xi}}{\partial x} \right)_{x=0} = -j\bar{A} + \bar{B} + j\bar{R} = -j\bar{T} - \bar{D} \quad (10)$$

$$\frac{1}{k^2} \left(\frac{\partial^2 \hat{\xi}}{\partial x^2} \right)_{x=0} = -\bar{A} + \bar{B} - \bar{R} = -\bar{T} - \bar{D} \quad (11)$$

У першому можна виключити \bar{D} .

Віднімаючи останнє рівняння з першого, включаємо \bar{R} , у результаті отримуємо:

$$\bar{T} = \frac{l}{1+j} \bar{A} \quad \text{або} \quad \bar{T} = \frac{\bar{A}}{\sqrt{2}} \quad (12)$$

Таким чином, незалежно від частоти через з'єднання передається $1/\sqrt{2}$ або 0,707 амплітуди падаючої хвилі.

Виходячи з вищеведеного, можна зробити висновки, що різьбові муфти є депферами високочастотних коливань і докорінно змінюють проходження коливального процесу в бурильній колоні. Оптимальний результат дозволяє визначити небезпечні перерізи в колоні.

Література:

1. Пелех В. Г., Стоян Б. М., Сенюк Б. Д. Анализ аварий с буровыми трубами по объединению "Укрнефть". Повышение работоспособности буровых, обсадных и насосно-компрессорных труб. – Куйбышев, 1982. – С. 35–39.
2. Трубы нефтяного сортамента: Справочник / Под общей ред. А. Е. Сарояна. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1987. – 488 с.
3. Дейли, Деринг, Пафф. Изменение сил, действующих на колонну бурильных труб, и ее элементов в процессе бурения // Конструирование и технология машиностроения. – 1968. – № 2. – С. 112–117.
4. Теумин И. И. Ультразвуковые колебания систем. – М: Госнаучиздат, 1959. – С. 330.

