

(24) видно, що майже завжди  $P_{Kmax} > P_{Bmax}$ , але значення максимального тиску на виході капіляра  $P_{Kmax}$  стане дорівнювати максимальному тиску  $P_{Bmax}$  у вимірювальній камері, якщо експонента у виразі (24) прямує до 0. Очевидно, що для досягнення цього треба вибрати такі конструктивні розміри дроселя  $Dp1$ , вимірювальної камери  $B$ , вимірювального капіляра  $K$ , тиску живлення  $P_A$ , щоб  $t_n \gg \tau_2$ .

Досить легко встановити такі реальні конструктивні параметри вказаних елементів, щоб  $t_n \geq 8\tau_2$ , тоді, згідно з (24), максимальний тиск  $P_{Bmax}$  у вимірювальній камері  $B$  відрізняться від максимального тиску  $P_{Kmax}$  на виході капіляра менше ніж на 0,03%.

Отже, виконаний аналіз пневматичної схеми приладу для вимірювання крайового кута змочування дає можливість розраховувати прогнозовану складову похибки приладу.

Отримані результати свідчать, що ця складова є цілком прийнятною під час конструювання пневматичної частини приладу для вимірювання крайового кута змочування.

1. Боднар Р.Т. Визначення крайового кута змочування на границі розділення тверде тіло – рідина методом максимального тиску в газовому пухирці // Методи прилади контролю якості. 1997. Вип.1.
2. Кисиль И.С. Исследование и разработка дросельных преобразователей для измерения поверхностных свойств жидкостей по методу максимального давления в газовом пузырьке: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Львов, 1974.
3. Залманзон Л.А. Проточные элементы пневматических приборов контроля и управления. М., 1961.
4. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. Л., 1975.
5. Abram J., Jones R.E.S., McVeigh J.C. A resistance floweret for liquids at low Reynolds number // Measurement and Instrument Review. 1969. Jan. P.17-18. Feb. P.91-92.

УДК 622.241(088.8)

## ПІДБІР ІНДИКАТОРІВ ВТОМИ ДЛЯ РЕЄСТРАТОРА ОСЬОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОЛОТО

© Івасів В.М., 1998

ІФДТУНГ, м. Івано-Франківськ

*Проаналізовано використання індикаторів втоми для прогнозування ресурсу деталей машин. Запропонований спосіб їх підбору для реєстраторів осьового навантаження на долото.*

Сучасні розрахункові методи та засоби контролю не дають змоги точно спрогнозувати ресурс деталей машин. Тому останнім часом розвиваються методи та засоби оцінки залишкового ресурсу за допомогою використання індивідуальних індикаторів (давачів) втоми.

За конструктивними особливостями їх можна поділити на такі 4 типи [1]:

- 1 – давачі, виготовлені гальванічним нанесенням плівки міді;
- 2 – давачі, виготовлені із матеріалу самої конструкції;
- 3 – фольгові давачі – "свідки";
- 4 – давачі, виготовлені із константанового дроту.

Відомі також давачі, які виготовлені із гафтітового дроту і поміщені в в'яжучий матеріал [2]. Автори [3] вказують на такі переваги індикаторів, як

малі розміри, простота конструкції, технологічність виготовлення, високі метрологічні характеристики.

Проводяться науково-дослідні роботи для використання індикаторів втоми деталей механізмів і машин у нафтовій і газовій промисловостях.

Розроблені конструкції та проведені дослідження з забезпечення надійності з використанням індикаторів втоми бурильних труб [4, 5], глибинно-насосних штанг [6], бурових доліт [7, 8] газопроводів [9].

Оцінка зусиль, які виникають у бурильній колоні внаслідок взаємодії долота з вибоєм, є одним із важливіших питань у технології буріння.

Інформація про процеси, які проходять у компонованні низу бурильної колоні може прискорити вирішення проблем ефективного руйнування порід, оптимального відпрацювання доліт, віброзахисту колоні та обладнання. У даний час отримання такої інформації є складною техніч-

ною задачею, пов'язаною з використанням досить складних вибірних приладів.

Нами запропонований досить простий реєстратор осьового навантаження на долото [7], за допомогою якого можна оцінити еквівалентне динамічне навантаження в компонуванні низу бурильної колони за час одного довбання і відповідно оптимізувати режими буріння наступним долотом, а також вирішувати інші завдання.

В основу [7] покладений принцип використання індикаторів втомки, який являє собою тонкостінний циліндр з вусиками різної ширини, встановлений у перехідник над долотом. На ці вусики опирається маса, прикріплена до пружини. Внаслідок взаємодії долота з вибоєм проходять коливання бурильної колони, які спричиняють коливання підпружиненої маси. Залежно від значення динамічного навантаження на долото маса діє на вусики індикатора з різною силою, яка зумовлює в них змінні напруження. Це призводить до виникнення в вусиках втомних тріщин і відповідно до поступової їх поломки. За кількістю поламаних вусиків і за часом роботи реєстратора в свердловині можна судити про еквівалентні навантаження, які діяли на долото в свердловині.

Раніше [8], нами проводився підбір значення маси, розміру вусиків і жорсткості пружини довготривалим експериментальним підбором. Для того був розроблений експериментальний стенд УІУ-1 [8].

Промислові випробовування реєстратора засвідчили також і певну конструктивну недосконалість. Вона заключається в тому, що маса може відриватись від вусиків, а потім вдаряти по них і, отже, руйнувати їх одночасно. Це може призвести до помилки в оцінці еквівалентного навантаження.

Вирішити цю проблему можна, якщо ввести в схему до пружини  $c_1$  додаткову пружину  $c_2$ , розрахункова схема якої показана на рисунку. Маса  $m$  тепер буде взаємодіяти з вусиками через пружину  $c_2$ .

Підбір значення маси  $m$  можна спростити, зменшивши об'єм експериментальних досліджень, якщо задатись рівнянням руху долота [10].

$$y = H(\sin pt + 1), \quad (1)$$

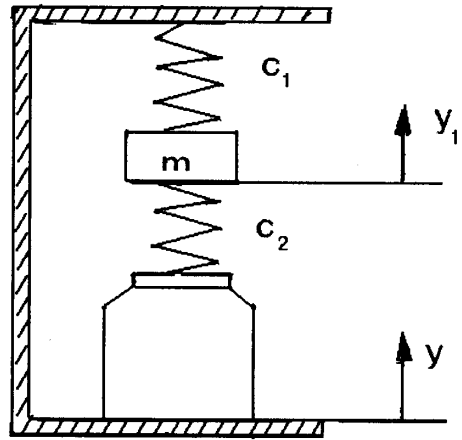
де  $H$  – амплітуда;  $p$  – частота коливань.

Диференціальне рівняння руху маси  $m$  матиме вигляд

$$m\ddot{y}_1 + c_2(y - y_1) - c_1(y_1 - y) = 0, \quad (2)$$

або, вважаючи, що

$$c_1 + c_2 = c, \quad (3)$$



Розрахункова схема

$$m\ddot{y}_1 + c(y - y_1) = 0. \quad (4)$$

Прийmemo позначення

$$z = y_1 - y = y_1 - H(1 + \sin pt). \quad (5)$$

Тоді можемо записати

$$\ddot{z} = \ddot{y}_1 + Hp^2 \sin pt. \quad (6)$$

Рівняння руху набуває вигляду

$$\ddot{z} + k^2 z = Hp^2 \sin pt, \quad (7)$$

$$\text{де } k^2 = \frac{c}{m}.$$

Знаходимо розв'язок

$$z = H \frac{1}{\left(\frac{k}{p}\right)^2 - 1} \sin pt. \quad (8)$$

Сила, яка діє на індикатор, дорівнюватиме

$$F = zc = \frac{Hc}{\left(\frac{k}{p}\right)^2 - 1} \sin pt. \quad (9)$$

Цією силою здійснюватимемо навантаження вусиків індикатора на стенді і, відповідно, підбирати їх розмір.

1. Бойко В.И., Коваль Ю.И. Анализ неразрушающих методов оценки усталостного повреждения металлов. Обзор. К., 1998. 36 с. / Препринт / Институт проблем прочности. 2. Террил, Кенон Р. Оценка надежности конструкций с помощью датчика усталости // Журн. Надежность и контроль качества. 1974. N 3. С.17-23. 3. Троценко В.Т., Бойко В.И. Датчик усталостного повреждения и обоснование его использования // Проблемы прочности. 1985. N 1. С.3-21. 4. Ивасив В.М. Обеспечение надежности резьбовых соединений бурильных труб по условию прочности: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Одесса, 1981. 16 с. 5. Крижановский Е.И. Исследование и повышение усталости бурильных

колонн при вращательном бурении скважин: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 1991. 49 с. 6. Ивасив В.М., Почтенный Е.К., Тараевский С.И. Устройство для определения наработки оборудования нефтяных скважин. В.с. 85537. 7. А. с. 15002801 СССР. Забойный регистратор осевой нагрузки в бурильной колонне / В.М.Ивасив, В.В.Кочуков, М.Г.Амбрамсон и др. // Открытия. Изобрет. 8. Кочуков В.В. Надежность

шарошных долот при их эксплуатации: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1989. 23 с. 9. Добромислов В.Н., Харионовский В.В. Набойщиков С.М. и Пиняева А.А. Применение индикаторов нагружения для прогнозирования остаточного ресурса магистральных газопроводов. Вопросы транспорта газа: Сб. науч. Тр. ВНИИГАЗ. М., 1985. С.14-22. 10. Обморшев А.Н. Введение в теорию колебаний. М., 1965.

УДК 621.311

## ВИЗНАЧЕННЯ КОМУТАЦІЙНИХ ПЕРЕНАПРУГ У СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОБУРІВ

© Федорів М.Й., Соломчак О.В., 1998

Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу

У статті описано математичну модель розрахунку та результати експериментальних досліджень комутаційних перенапруг у системах електропостачання електробурів.

Система електропостачання електробура – це сукупність складного електрообладнання, яке працює при важких умовах експлуатації. Електрична енергія через лінію електропередач подається на живлячий трансформатор, а далі через станцію управління і захисту, струмопровід, пристрої контролю ізоляції і телеметричні системи – на затискачі двигуна.

Важливим чинником, що визначає рівень ізоляції і надійність роботи електрообладнання, є перенапруги, причому для електрообладнання системи електропостачання електробурів (СЕЕ) основну небезпеку становлять внутрішні перенапруги. Робота комутаційної апаратури в електричних мережах супроводжується перехідними процесами, які пов'язані з миттєвою зміною параметрів мережі. Ці процеси швидкоплинні і супроводжуються підвищенням напруги до значень, які перевищують номінальні. Надійність роботи залежить від співвідношення електричної міцності ізоляції і рівня комутаційних перенапруг.

Великі комутаційні перенапруги в СЕЕ зумовлені незвичайним співвідношенням довжини і діаметра магнітопроводу (в середньому 60:1), а також неодноразовою розмикання контактів контактора. При цьому можливі такі ситуації внаслідок неодноразового відходження контактів:

- 1) контакти фази А розімкнуті, а фаз В і С замкнуті;
- 2) контакти фази В розімкнуті, фаз А і С замкнуті;
- 3) контакти фази С розімкнуті, фаз А і В замкнуті.

Для прикладу розглянемо перший випадок. Зріз струму фази А відбувається в момент часу  $t_1$  і характеризується кутом  $\varphi l = \omega t_1$ .

При аналізі перехідних процесів зроблені такі припущення:

- 1) обмотка фази представляється лінійним однорідним колом з розподіленими параметрами;
- 2) джерело живлення представляється ідеальним (внутрішній опір дорівнює нулю).

В операторній формі перехідний процес у кожній фазі описується так [1]:

$$U(x, p) = U(0, p) \cdot ch(\gamma \cdot x) - z \cdot i(0, p) \cdot sh(\gamma \cdot x) + L \cdot \int_0^x ch\gamma(x-\mu) \cdot i(\mu, t_1) d\mu - z \cdot C \cdot \int_0^x sh\gamma(x-\mu) \cdot U(\mu, t_1) d\mu; \quad (1)$$

$$z \cdot i(x, p) = z \cdot i(0, p) \cdot ch(\gamma \cdot x) - U(0, p) \cdot sh(\gamma \cdot x) + z \cdot C \cdot \int_0^x ch\gamma(x-\mu) \cdot U(\mu, t_1) d\mu - L \cdot \int_0^x sh\gamma(x-\mu) \cdot i(\mu, t_1) d\mu,$$

де  $U(0, p), i(0, p)$  – напруга і струм на початку обмотки;  $U(x, t_1), i(x, t_1)$  – початкові розподіли напруги і струму вздовж обмотки;  $\gamma$  – коефіцієнт розповсюдження;  $\mu$  – елемент довжини обмотки;  $L, C$  – питомі параметри обмотки.

Процес відмикання характеризується такими граничними умовами.

1. На початку обмотки при  $x=0$

$$i_A(0, t) = 0; \quad U_{B,C}(0, t) = E_m \sin(\omega \cdot t \pm 120^\circ). \quad (2)$$

Оскільки тривалість перехідного процесу мала, далі  $U_B(0, t), U_C(0, t)$  можна вважати постійними і такими, що дорівнюють

$$U_B(0, t) = -\frac{E_m}{2}(\sin \varphi - \sqrt{3} \cos \varphi); \quad (3)$$