

Аналізуючи складену систему диференціальних рівнянь і її розв'язок приходимо до висновку: що при зміщені точкової маси на захід спостерігаємо втрату стійкості на частоті прецесії. Як показали обчислення, для деякої області параметрів прецесійний рух не стійкий і не стабілізується нелінійним опором.

**Перелік використаних джерел:**

1. Бабицкий В.Н., Крупнин В.П. Колебания в сильных системах: нелинейности порогового типа. М: Наука, 1985 г. – 320 с.
2. Кошляков В.Н. Теория гироскопических компасов. – М.: Наука, 1972 г. – 344 с.
3. Никитина Н.В. Мягкая потеря устойчивости в системах с гидродинамическим сопротивлением // Прикладная механика – 1990 г. – 26, № 3. – с. 97 – 103.
4. Павловский М.А. Теория гироскопов. – Киев: Вища шк., 1986 г. – 303 с.

## **АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ І ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ СПОСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ ОБЛАДНАННЯ ДОВГОТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**Чабан Н. І., Миндюк В. Д.**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу e-mail:  
public@nung.edu.ua; [chaban.n11@gmail.com](mailto:chaban.n11@gmail.com)*

Ресурс є найважливішою характеристикою, що визначає тривалість безпечної експлуатації, як окремих виробничих об'єктів, так і складних технічних систем. Оцінка ресурсу промислового обладнання, зокрема нафтогазового – важлива задача, вирішення якої проводиться як на стадії проектування, так і впродовж періоду експлуатації. Тому розробка нових методів оцінки залишкового ресурсу обладнання тривалої експлуатації є актуальним завданням.

Чисто фізичні методи оцінки залишкового ресурсу, як правило, не враховують різноманіття реальних умов експлуатації, у зв'язку з цим значення показників ресурсу, розраховані шляхом фізичних передумов, часто у багато разів перевищують значення, отримані шляхом обробки статистичних даних. Застосування імовірнісних методів оцінки залишкового ресурсу вимагає отримання статистичної інформації про ресурс аналізованого устаткування, що ускладнено як економічно, так і в часі.

Найбільш перспективним напрямком визначення залишкового ресурсу є використання фізичних уявлень про ресурсні властивості із застосуванням імовірнісних методів.

Основними методами визначення залишкового ресурсу є: імовірнісний; параметричний (на основі магнітної характеристики металу), а також методи, засновані на використанні: дифузійного розподілу; індивідуальних кривих втоми; аналізу часових рядів.

Недоліком імовірнісного методу є те, що отримання статистичної інформації про ресурс аналізованого устаткування є тривалим в часі і дорогорядісним.

В основу параметричного методу оцінки поточного стану та залишкового ресурсу металоконструкцій на основі методу неруйнівного контролю покладено неруйнівний метод поточного контролю (в процесі всього терміну служби) за

результатами вимірювання такої магнітної характеристики металу, як коерцитивної сили (Hc). Одним з недоліків даного методу вважається не врахування реальних умов експлуатації, у зв'язку з цим значення показників ресурсу, що розраховані за допомогою результатів фізичних методів, часто у багато разів перевищують значення, отримані шляхом обробки статистичних даних.

Метод оцінки ресурсу з використанням дифузійного розподілу базується на початковій функції розподілу ресурсу досліджуваних виробів  $F(t)$  (або щільність розподілу ресурсів  $f(t)$ ), з цього можна визначити значення характеристик залишкового ресурсу.

Щільність DM-розподілу:

$$f(t) = \frac{t+\mu}{2vt\sqrt{2\pi\mu t}} \cdot \exp\left[-\frac{(t+\mu)^2}{2vt\sqrt{2\pi\mu t}}\right] \quad (1)$$

де  $\mu$  – параметр масштабу, який співпадає зі значенням медіани розподілу;  $v$  – параметр форми, який співпадає з коефіцієнтом варіації розподілу.

Використовуючи відомий вираз щільності розподілу залишкового напрацювання [1], отримуємо математичне очікування залишкового ресурсу після моменту  $\tau$ :

$$\pi(\tau) = \frac{\left[\mu\left(1+\frac{v^2}{2}\right) - \tau\right] \Phi\left(\frac{\mu-\tau}{v\sqrt{\mu\tau}}\right) + \frac{\mu v^2}{2} e^{2v-\tau} \Phi\left(-\frac{\mu+\tau}{v\sqrt{\mu\tau}}\right) + \frac{v\sqrt{\mu\tau}}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\mu+\tau)^2}{2vt\sqrt{2\pi\mu t}}\right)}{\Phi\left(\frac{\mu-\tau}{v\sqrt{\mu\tau}}\right)} \quad (2)$$

Одним з можливих способів розрахунку розподілу ресурсу є використання індивідуальних кривих втоми (ІКВ) у вигляді квантилів відповідних значень ймовірностей.

Прогнозування розподілу залишкового ресурсу також ґрунтується на фундаментальному припущенні про наявність у кожного зразка своєї ІКВ (індивідуальна крива втоми) і, крім того, на апостеріорній інформації про те, що до моменту прогнозування при заданій історії навантаження  $N$  досліджуваного зразка його руйнування не сталося. Тоді, якщо відома історія навантаження, можна виділити у всьому просторі ІКВ безліч кривих, які не реалізувалися при заданій історії навантаження, а, значить, і обчислити апостеріорні розподіли значень ресурсу. У разі нестационарного навантаження з більш складною історією навантаження необхідна більш трудомістка процедура обчислення розподілів залишкового ресурсу із залученням розподілів величини накопиченого пошкодження, що можна віднести до недоліків даного методу. Також для його використання необхідна наявність індивідуальних кривих втоми для кожного об'єкта.

В основу моделі прогнозування залишкового ресурсу з використанням методів аналізу часових рядів поставлено аналіз безлічі значень ресурсу, зафіксованих в певний час. Перевага методів аналізу часових рядів полягає в простоті їх використання, а також в швидкому отриманні необхідного результату, однак ці методи дозволяють отримувати задовільний прогноз тільки для відносно «стабільних» даних, тенденції яких не схильні до різкої зміни.

Проведений аналіз методів оцінки залишкового ресурсу та їх недоліків показав доцільність подальшого удосконалення методик більш точного виявлення пошкоджень (деградації) конструкцій на ранній стадії експлуатації.

**Перелік використаних джерел:**

*І. Изерманн Р. Перспективные методы контроля, обнаружения и диагностики неисправностей и их применение / Р. Изерманн // Приборы и системы управления. – 1998. – № 4. – С. 56 – 70.*

## **ІМПЕДАНСНИЙ МЕТОД ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБЛЕННЯ ПРИВИБІЙНИХ ЗОН СВЕРДЛОВИН РОЗЧИНАМИ ПАР**

**Чуйко М.М., Витвицька Л.А.**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

На даний час основною причиною скорочення видобутку вуглеводнів є виснаження пластів. Тому гостро постає задача інтенсифікації нафтогазовидобутку. Шляхом вирішення цієї задачі є оброблення привибійних зон свердловин розчинами поверхнево-активних речовин (ПАР). При цьому контроль ефективності оброблення - це, у першу чергу, контроль процесу змочування гірських порід пластовими флюїдами і розчинами ПАР.

Тому була поставлена задача розробити метод та пристрій, який би за швидкістю розтікання рідини у порах гірської породи у комплексі визначав вид ПАР та оптимальну його концентрацію для оброблення привибійних зон пластів з конкретних родовищ.

Для комплексної оцінки процесу змочування рідиною твердого тіла розглянуто зміну та перерозподіл зарядів рідини та гірської породи. При цьому дану систему можна розглядати як ємнісну комірку, а процес розтікання рідини поверхнею породи доцільно оцінювати за зміною параметрів цієї комірки. На основі аналізу процесів, які мають місце у ємнісній комірці при розтіканні флюїда та розчину ПАР по гірській породи, отримана залежність у вигляді:

$$\cos \theta = \frac{k_a \cdot \left( \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \right)^2}{\sigma_{pe} \cdot S} - 1,$$

яка відображає взаємозв'язок між крайовим кутом змочування  $\cos \theta$ , поверхневим натягом рідини, діелектричними властивостями рідини та породи (відповідно  $\sigma_{pe}$  та  $\varepsilon$ ) і площею пластинок плоского конденсатора, що дозволяє враховувати особливості взаємодії контактуючих середовищ (швидкість розтікання) та теоретично обґрунтовує можливість контролю ступеня змочуваності рідиною поверхні гірської породи за діелектричними властивостями рідини і твердого тіла.

Ступінь розтікання рідини досліджуваною поверхнею гірської породи встановлюється шляхом порівняння залежностей зміни імпедансу при розтіканні флюїда, розчину ПАР і еталонної рідини при їх почерговому нанесенні на досліджувану поверхню.