

## ВАРІАЦІЙНЕ ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАДАНИХ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРИБОКОНСТРУКЦІЙ

Кузін М. О.

Львівська філія Дніпропетровського національного університету  
залізничного транспорту імені ак. В. Лазаряна, n\_kuzin@mail.ru

Однією з важливих проблем сучасного машинобудування є виготовлення об'єктів із заданими часовими параметрами функціонування, на протязі яких забезпечуються регламентовані значення надійності. Особливо гострою є ця проблема щодо вузлів тертя. Характерною особливістю поведінки контактуючих фрикційних пар є зміна експлуатаційних властивостей приповерхневих шарів в часі під впливом дії навантаження. У літературі це явище називається трибомутацією. На трибомутацію мають вплив два основні взаємопов'язані процеси: втомне знеміцнення та зношування.

Параметри втомного знеміцнення залежать від багатьох факторів, які прийнято об'єднувати у наступні групи: технологічні (структура і властивості матеріалу поверхні, стан поверхні); конструктивні (розмір деталі, концентрація напружень); експлуатаційні (режим навантаження, частота навантаження, температура, корозійне середовище). При зношуванні змінюється профіль контактуючих поверхонь, що суттєво впливає як на конструктивні, так і експлуатаційні фактори, від яких залежить втомне знеміцнення. Це вимагає розгляду проблеми керування контактною довговічністю в умовах фрикційних навантажень як комплексної проблеми з одночасним розглядом факторів технологічного, конструктивного та експлуатаційного походження, а також особливостей третьової взаємодії тіл за врахування зміни експлуатаційних властивостей приповерхневих шарів в часі.

Питання достатньої кількості змінних відповідної розмірності для опису структури матеріалу та її динаміки під час зовнішніх навантажень залишається відкритим. У даній роботі динаміку структурних перетворень в матеріалі зв'язано з аддитивною змінною скалярної природи – пошкодженістю.

Варіант побудови математичної моделі, яка враховує одночасно динамічні процеси знеміцнення конструкції, що описуються за допомогою скалярної змінної, і розвиток тріщин наведено в [1]:

$$\begin{aligned} \frac{dl(x, \tau)}{d\tau} &= K(l, \{M\}, \hat{\sigma}, T, \tau), \\ \frac{d\omega(x, \tau)}{d\tau} &= f(\omega, \sigma, T, \tau), \\ \{M(x, \tau)\} &\equiv \{M(\omega)\}, \end{aligned} \tag{1}$$

де  $l(x, \tau)$  – траєкторія тріщини;  $\{M\}$  – множина (сукупність) досліджуваних властивостей тіла;  $\hat{\sigma}$  – тензор напружень;  $T$  – температура;  $\tau$  – час;  $\omega(x, \tau)$  – пошкоджуваність;  $K(\dots)$  – функціонал, який відповідає за розвиток тріщин,  $f(\dots)$  – функціонал, який відповідає за розвиток пошкодження.

Оскільки під час функціонування вузла треба керувати конструктивними та експлуатаційними факторами досить складно, найбільш простим для реалізації при підвищенні контактної довговічності є технологічні фактори, які будемо задавати як множину функцій:  $\{g_i^0(x)\}_{i=1}^N$ ,  $g_i^0 \in \{M\}$ . Індекс 0 вказує, що ці параметри відносяться до вихідного стану.

Подамо варіаційне формулювання задачі встановлення оптимальних параметрів функціонування трибокструкцій. Необхідно встановити таку множину  $\{g_i^0(x)\}_{i=1}^N$ , щоб за відомих конструкційних факторів і зовнішніх навантажень при  $\tau = \tau_*$  пошкоджуваність в тілі була  $\omega(x, \tau_*) \leq \omega_*$ , а розмір дефектів не перевищував максимально допустимої межі –  $\max |l(x, \tau_*)| \leq l_*$ .

Слід відзначити, що методи, які дозволяють в загальному випадку встановити точний розв'язок наведеної задачі, відсутні. Тому пропонується шукати наближений розв'язок за схемою, яка наведена в роботі [2]. Вона передбачає побудову еквівалентного варіаційного формулювання задачі і пошук розв'язку в системі базових функцій, які мінімізують в шуканому часовому просторі нев'язку (відхилення) результатів по апріорній інформації.

1. Кузін М. О. Використання моделей механіки для ретроспективного дослідження поведінки залізничних конструкцій на основі фрагментарно відображеної інформації // Тези XXIII відкритої науково-технічної конференції молодих науковців і спеціалістів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України. – Львів, 2013. – С. 46-48.
2. Ватульян О. А. Обратные задачи в механике деформируемого твердого тела. – М.: Физматлит, 2007. – 224 с.

## VARIATIONAL FORMULATION OF THE PROBLEM TO ENSURE THE SPECIFIED OPERATING PARAMETERS OF TRIBOCONSTRUCTIONS

*A variational parameterization problem for a tribosystem is presented. The problem is solved by means of the approximate methods.*