

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ТРИБОЕЛЕМЕНТІВ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ТЕРТЯ ТА ЗНОСУ В ТРИБОЗ'ЄДНАННІ

У статті розглянуто особливості моделювання процесів зносу та тертя методом трибоелементів. Досліджено питання підвищення ефективності обрахунку кількості трибоелементів. Запропоновано застосування штучних нейронних мереж для оптимізації кількості трибоелементів при моделюванні з використанням технології паралельного програмування.

The article considers the features of modeling processes of wear and friction by tryboelementiv method. There is researched the question of efficiency calculation of tryboelementiv. There is proposed the application of artificial neural networks for the optimization of tryboelementiv during the modeling using the technology of parallel programming.

В умовах жорсткої конкуренції, промислові підприємства все інтенсивніше використовують переваги комп'ютерного моделювання, що дозволяє зменшити видатки та терміни проектування виробів [1, 2]. Однією з задач, що вирішуються при цьому, є розрахунок зносостійкості та прогнозування ресурсу вузлів тертя, оскільки відомо, що найбільш поширеною причиною відмов машин є не їх руйнування внаслідок недостатньої міцності, а саме критичний знос вузлів тертя.

Ігнорування чи недостатнє використання методів прогнозування показників триботехнічної надійності призводить до того, що машина проектується або з надмірним запасом надійності по критерію зносу, що призводить до зайвого зростання собівартості виробу, або недостатньо надійною, що тягне за собою збільшення витрат на ремонт при експлуатації.

На сьогоднішній день, у зв'язку з недостатнім вивченням процесів, що виникають в зоні тертя, складно а інколи й неможливо використати мікромоделі для опису реальних сполучень трибовузлів. Тому використовується метод трибоелементів [3], основним завданням якого є прогнозування переходу системи від одного макростану до іншого. При цьому для опису зношування елементів пари тертя використовуються масиви векторів імовірнісних величин зношування дискретних точок поверхні, що називаються трибоелементами. Зміна розмірів тіл в напрямку, перпендикулярному поверхні тертя оцінюється за допомогою математичного сподівання імовірності знаходження трибоелементів в деякому стані. Форма зношеної поверхні визначається за допомогою кубічної сплайн-апроксимації математичних сподівань зношування в точках розміщення трибоелементів (рис. 1).

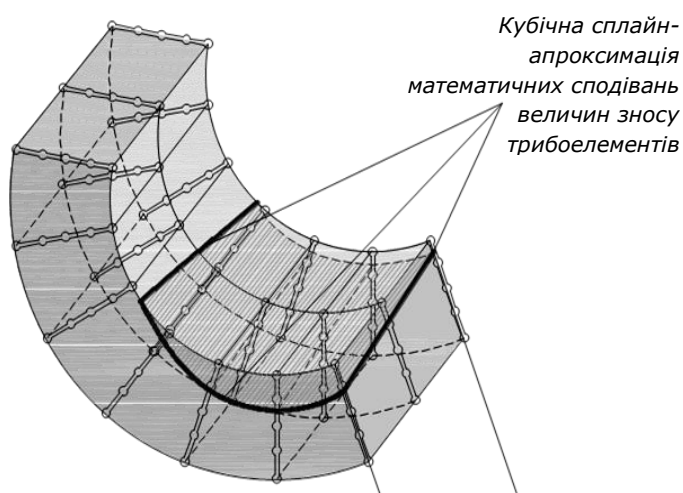


Рис. 1. Визначення зносу за трибоелементною моделлю

Відповідно до методу трибоелементів, елементи сполучення представляються у вигляді деякого числа трибоелементів, кожен з яких моделюється випадковим процесом марківського типу. Питання визначення необхідної кількості трибоелементів суттєво впливає на параметри роботи алгоритму, адже зі збільшенням кількості трибоелементів збільшується точність визначення величини сполучення. З іншого боку, збільшення кількості трибоелементів веде до збільшення часу обрахунків, причому, зважаючи на громіздкість обрахунків та багатоітеративний процес виконання алгоритму [4], можна говорити про

зниження ефективності роботи алгоритму навіть в умовах збільшення показника якості за рахунок суттєвих витрат часу на його виконання.

Метою роботи є аналіз методів визначення необхідної кількості трибоелементів у задачах обрахунку тертя та зносу, й пошук шляхів забезпечення оптимальної кількості трибоелементів за умови дотримання заданої точності.

Значення математичного сподівання величини зносу кожного трибоелемента приймається як значення величини зносу в місці знаходження трибоелемента і використовується для кубічної сплайн-апроксимації форми поверхні, яка зношується. Таким чином, оцінка точності сплайн-апроксимації дозволяє визначити потрібну кількість трибоелементів сполучення, що забезпечить задану точність.

Для того, щоб знайти значення математичного сподівання величини зношування, як правило використовується кубічний сплайн $S(x)$ [5] та деяка похибка $R(x)$, яка визначається як абсолютна величина різниці між значенням сплайну і функції величини зношування $f(x)$. Завдання полягає у знаходженні оцінки $R(x)$.

Якщо спростити кубічний сплайн та розклавши функцію величини зношування в ряд Тейлора, отримується наступне значення оцінки похибки інтерполяції:

$$R(x) = \frac{h^2}{6} |2m_{n-1} + m_n|,$$

де m_{n-1} , m_n – значення других похідних функцій величини зношування в точках $n-1$ та n .

Оцінка похибки інтерполяції дає можливість визначити крок інтерполяції h із заданою точністю ε :

$$h \leq \sqrt{\frac{6\varepsilon}{|2m_{n-1} + m_n|}}$$

Значення кроку інтерполяції h визначає необхідну кількість вузлів інтерполяції для забезпечення заданої точності апроксимації кубічним сплайном зношеної поверхні. Оскільки вузли інтерполяції просторово співпадають з трибоелементами, можна визначити необхідну кількість трибоелементів.

Властивості процесу тертя та зносу, що моделюється, залежать від великої кількості факторів – геометрії, розмірів та матеріалу тіл, що контактують, типу й інтенсивності їхньої взаємодії, навантажень, властивостей граничного шару та ін.. Ці фактори, впливаючи на процес зносу безпосередньо, впливають і на визначення кроку інтерполяції. Враховуючи те, що частина з цих факторів є важкоформулюємими або збурюючими, можна зробити висновок, що існуючий метод визначення необхідної кількості трибоелементів, даючи можливість визначити достатню кількість, не дозволяє визначити оптимальну кількість трибоелементів для моделювання, оскільки, очевидно, для цього ідеальним вирішенням є реалізація зворотного зв'язку в процесі моделювання, або накопичення досвіду на основі попередніх етапів моделювання. Зазначені властивості характерні для алгоритмів штучного інтелекту, зокрема для нейронних мереж, що показали свою високу ефективність при вирішенні ряду задач технологічного характеру [6].

Взявши для розгляду одну з найпростіших за архітектурою нейромереж – перцептрон, було проведено аналіз підходів до її застосування для вирішення поставленої задачі. Враховуючи сталість класичної архітектури даної нейронної мережі, головним моментом її застосування є визначення типу й діапазону вхідних і вихідних даних. За результатами аналізу було встановлено, що в якості вхідних даних слід використовувати макропараметри трибосистеми, що моделюється, а як вихідні – стратегії щодо класичного рішення задачі. Стратегії можуть бути націлені на збільшення чи зменшення кількості трибоелементів відносно розрахованих аналітичних значень, або на використання розрахованої їх кількості (рис. 2). Складність являє собою визначення взаємовпливу стратегій, що може бути вирішено одним із відомих методів, які використовуються в експертних системах [7]. Навчання нейромережі здійснюється методом навчання з учителем за результатами проведених моделювань, які дають можливість оцінити ефективність прийнятих рішень.

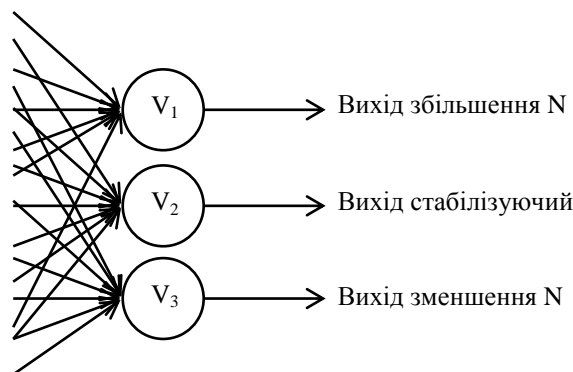


Рис. 2. Реакція виходів нейронної мережі

При накопичення достатньої кількості даних по результатах моделювання, базова кількість трибоелементів може бути визначеною не обрахункові, а асоціативно до накопичених у базі даних величин.

Таким чином, при достатньо інтенсивних дослідженнях час визначення оптимальної кількості трибоелементів за заданими параметрами трибосистеми буде зменшуватись, а враховуючи можливість навчання результатами роботи нейромережі, ефективність встановлення необхідної кількості трибоелементів буде постійно зростати.

Підсистема визначення оптимальної кількості трибоелементів розглядається як складова системи програмного забезпечення методу трибоелементів. Зважаючи на особливості даних, що обробляються нейронною мережею, та типові для нейромереж властивості циклічності та паралельності обрахунків, розглядається як ефективна можливість застосування методів паралельного програмування для реалізації підсистеми визначення оптимальної кількості трибоелементів.

Таким чином, у статті було розглянуто особливості моделювання процесів зносу та тертя за допомогою метода трибоелементів. Досліджено питання підвищення ефективності обрахунку кількості трибоелементів. Запропоновано застосування штучних нейронних мереж для оптимізації кількості трибоелементів при моделюванні з використанням технології паралельного програмування.

Література

1. Ковальчук С.С., Мазурець О.В. Особливості розробки комплексної системи конструкторської та технологічної підготовки виробництва // Інформаційні технології в прикладній геометрії. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / Таврійський державний агротехнологічний університет. Вип.5, т.4. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – С.80–89.
2. Ковальчук С.С., Мазурець О.В., Рибак Л.П. Врахування критеріїв надійності роботи інструменту при автоматизованому проектуванні техпроцесів // Международный научно-технический сборник „Резание и инструмент в технологических системах”. Харьков НТУ «ХПИ» – 2007. – С.112–118.
3. Сорокатый Р.В. Метод трибоэлементов. Монография. / Р.В. Сорокатый. – Хмельницький: ХНУ, 2009. – 242с.
4. Сорокатый Р.В. Використання програмного середовища ANSYS для розв'язку зносоконтактних задач методом трибоелементів / Р.В. Сорокатый // Вісник ХНУ. — 2007. — № 3, Т.2(93). — С. 37—44.
5. Бахвалов Н.С. Численные методы: учеб. пособ. / Бахвалов Н.С., Жидков Н.П, Кобельков Г.М. – М.: Наука, 1987. – 600с.
6. Ковальчук С.С., Мазурець О.В. Аналіз ефективності використання технології багатошарових нейросхем для вирішення складних технологічних задач // Збірник наукових праць факультету прикладної математики та комп'ютерних технологій ХНУ – Хмельницький – ХНУ, 2008. – №1. – С.107–111.
7. Мазурець О.В., Ковальчук С.С. Універсальний логічний механізм як базовий алгоритм експертних систем // Актуальні проблеми комп'ютерних технологій. Збірник наукових праць за матеріалами п'ятої міжнародної науково-технічної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних технологій 2011» – Хмельницький: ХНУ, 2011. – Т.1 – С.131-138.