



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 117300

(13) U

(51) МПК

G01B 11/16 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 13210**

(22) Дата подання заявки: **23.12.2016**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **26.06.2017**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **26.06.2017, Бюл.№ 12**

(72) Винахідник(и):

**Ободан Наталія Іллівна (UA),
Адлуцький Віктор Якович (UA),
Громов Василь Олександрович (UA),
Пацюк Анатолій Григорович (UA),
Полішко Олексій Миколайович (UA)**

(73) Власник(и):

**ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ,
49010 (UA)**

(54) СПОСІБ ПРОГНОЗУ УРАЗЛИВОСТІ ТОНКОСТІННИХ СИСТЕМ ПРИ АВАРІЙНИХ ВПЛИВАХ

(57) Реферат:

Спосіб прогнозування уразливості тонкостінних систем при аварійних впливах, у яких за спостереженими значеннями вектора деформації поверхні визначають можливість втрати функціональних властивостей систем за час, менший часу критичної деформації внаслідок втрати стійкості, аварійні впливи використовують для знаходження відгуку системи на ці впливи, у якості відгуку тонкостінної системи виступають значення вектора деформацій, які вимірюють у заданих точках поверхні об'єкту. Прогноз уразливості визначають за фіксоване число кроків, яке менше часу досягнення критичного стану внаслідок аварійних впливів, всі можливі стани системи описуються векторами деформацій, що вираховують методом скінченних елементів за допомогою математичної моделі даної системи і розбивають на кластери відповідних векторів деформацій, прогнозування уразливості проводять за допомогою бінарного нейрокласифікатора, на входи якого надходять співставні вектори спостережуваних деформацій і характерні для кожного кластера вектори деформацій, а вихід утворює бінарний вектор, компоненти якого відтворюють прогноз поведінки системи за фіксований час, менший часу досягнення критичного стану.

UA 117300 U

Корисна модель належить до технічної діагностики, а конкретніше - до способу оцінки уразливості (часу втрати функціональних властивостей) у випадку термомеханічних впливів на тонкостінну систему, яка перебуває в процесі експлуатації, і може використовуватися для ухвалення рішення про функціональні можливості системи й перспективи подальшої її експлуатації за час, менший, ніж час досягнення системою критичної деформації (точки біфуркації) внаслідок зазначеного впливу.

Аналогом корисної моделі є спосіб діагностики пошкоджень в тонких тілах, який полягає в тому, що на контрольованій поверхні під дією експлуатаційного навантаження визначають наявність пробоїн в виробі [1]. Суть способу полягає в тому, що використовують експлуатаційне навантаження і відгук тонкого тіла на це навантаження, як відгук тонкого тіла використовують значення деформацій зовнішньої і внутрішньої поверхонь тонкого тіла, які вимірюють в заданих точках, відповідні обчислені значення деформацій визначають за допомогою методу скінченних елементів з використанням математичної моделі конструкції з пошкодженням, при цьому область пошкодження тонкого тіла параметризують замкнутою ламаною лінією, координати вузлів якої є параметрами та ідентифікуються за допомогою алгоритму мінімізації функціоналу, який характеризує середньоквадратичне відхилення значень обчислених деформацій від відповідних значень деформацій, що вимірюють у тих же самих точках спостережень.

Найбільш близьким аналогом є спосіб визначення точки біфуркації в просторі параметрів і з'ясування її значення по спостережуваній траєкторії динамічної системи із шумом (тобто завдання реконструкції динамічної системи по часовому ряду) [2] по спостережуваній зміні шуму.

Використовують закономірність наявності насичення дисперсії сигналу по мірі наближення до точки біфуркації, при цьому спостерігається зростання і насичення рівня шуму. Розв'язок задачі припускає побудову залежності для експериментальних точок зміни критичного параметра від дисперсії, яка лінеаризується, при цьому проводиться перевірка умови можливості лінеаризації системи й відповідності теоретичної й спостережуваної щільності розподілу спостережуваного сигналу. При наявності невідповідності обирають апроксимацію експериментальних залежностей, відмінну від лінійної.

Недоліком зазначеного способу є той факт, що точка біфуркації не прогнозується, а визначається в момент, близький до моменту критичної деформації, або після нього, що не дозволяє прогнозувати досягнення критичного стану за час, менший, ніж час реалізації зазначеного стану, з метою реагування на аварійний вплив.

В основу корисної моделі поставлена задача в підвищенні оперативності визначення стану тонкостінної системи, а саме, в оцінці її уразливості за час, менший, ніж час досягнення критичного стану.

Поставлена задача забезпечується тим, що прогноз уразливості визначають за фіксоване число кроків, яке менше часу досягнення критичного стану внаслідок аварійних впливів, всі можливі стани системи описують векторами деформацій, що вираховують методом скінченних елементів за допомогою математичної моделі даної системи і розбивають на кластери відповідних векторів деформацій, прогнозування уразливості проводять за допомогою бінарного нейрокласифікатора, на входи якого надходять співставні вектори спостережуваних деформацій і характерні для кожного кластера вектори деформацій, а вихід утворює бінарний вектор, компоненти якого відтворюють прогноз поведінки системи за фіксований час, менший часу досягнення критичного стану.

Зазначені можливі стани розбиваються на кластери, кожний з яких характеризується певним вектором деформацій.

При кожному з можливих типів поведінки системи вектор спостережуваних деформацій належить із деякою точністю одному з кластерів, що розглядається як подія, пов'язана з наявністю уразливості, або з її відсутністю.

Перевага запропонованого способу у порівнянні з відомими полягає в тому, що здійснюють прогноз уразливості тонкостінної системи, яка зазнає аварійного впливу, за час, суттєво менший, ніж час досягнення критичної деформації, що дозволяє використовувати систему реагування для запобігання наслідків досягнення критичної деформації. Крім того, для визначення вимірюваних значень деформацій використовується фактичний стан системи, що дозволяє в комбінації з обчислювальними алгоритмами прогнозувати можливість уразливості з достатньою точністю як за часом, так і за станом, використовуючи стандартні обчислювальні алгоритми методу скінченних елементів, методів настроювання класифікатора. При цьому запропонована послідовність операцій вимірювань і обчислень, прийнята послідовність обробки обчислюваної інформації характеризує причинно-наслідкові зв'язки між поставленим завданням і принципами корисної моделі.

Спосіб прогнозу уразливості тонкостінної системи при аварійному впливі пояснюється кресленням. Він полягає в тому, що поверхня тонкостінної системи - об'єкта дослідження (ОД), на яку діє можливий аварійний вплив, оснащують датчиками деформацій, що вимірюють значення деформацій у точках поверхні, по яких формується вектор деформацій W^* у блоці обробки інформації (БО), блок z^{-1} здійснює зсув одержуваної інформації на задане число кроків n за часом Δt , блок кластеризації (К) здійснює кластеризацію результатів розрахунків і містить інформацію у вигляді векторів деформацій W_i , $i = \overline{1, N}$, отриманих у результаті розрахунків системи методом скінченних елементів (блок ППП) протягом часу $m\Delta t$, $m \gg n$, при різних аварійних впливах (А).

Порівняння значень W^* із W_i , $i = \overline{1, N}$ здійснюється в блоці БП, і зазначені результати надходять на вхід нейрокласифікатора НК, навченого попередньо на інформації про характер поведінки тієї або іншої системи, використаної в кластеризаторі К.

Виходом блока НК є бінарний вектор Y , компоненти якого відповідають прогнозованому стану (1 - система вразлива, 0 - система не вразлива). Час прогнозу визначається часом $n\Delta t$, тому що операції, що вимагають більшого часу - наповнення блока К і налаштування блока НК - проводяться попередньо.

Блок вимірювань виконується традиційними методами, блоки кластеризації К і навчання НК використовують персональні комп'ютери, пакет прикладних програм (наприклад SOLID WORKS, ANSYS, NASTRAN).

Пропонований спосіб у порівнянні з найближчими аналогами має наступні переваги:

1. Широкий діапазон застосування: запропонованим способом можна прогнозувати уразливість тонкостінних конструкцій під дією будь-яких термомеханічних впливів, для цього потрібно тільки зробити зміст блока К адекватним можливим станам.

2. Оперативність: пропонований спосіб дозволяє прогнозувати уразливість конструкцій за час, суттєво менший, ніж час реалізації критичної деформації, яка припиняє функціонування системи.

3. Висока точність: пропонований спосіб використовує вимірювання деформацій, що в порівнянні з пропонованим найближчим аналогом вимірювання переміщень для яких розрізнявальна здатність датчиків значно нижча, забезпечує більш високу точність вимірювань спостережуваних параметрів.

За способом, що заявляється, були проведені лабораторні випробування при аварійному впливі потужним лазером на тонкостінну пластину.

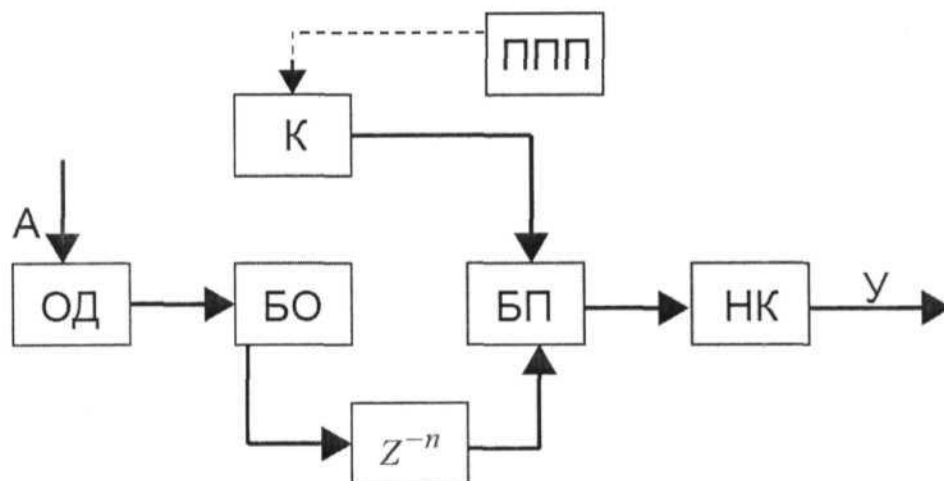
Джерела інформації:

1. Патент на корисну модель № 87438, кл. G01B 11/16. Спосіб діагностики пошкоджень в тонких тілах.

2. Зульпукаров М.-Г.М. Обратная задача теории бифуркаций в динамических системах с шумом / М.-Г. М. Зульпукаров, Г. Г. Малинецкий, А. В. Подлазов / Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. - 2005. - 39-40 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб прогнозування уразливості тонкостінних систем при аварійних впливах, у яких за спостереженими значеннями вектора деформації поверхні визначають можливість втрати функціональних властивостей систем за час, менший часу критичної деформації внаслідок втрати стійкості, аварійні впливи використовують для знаходження відгуку системи на ці впливи, як відгук тонкостінної системи виступають значення вектора деформацій, які вимірюють у заданих точках поверхні об'єкта, який **відрізняється** тим, що прогноз уразливості визначають за фіксоване число кроків, яке менше часу досягнення критичного стану внаслідок аварійних впливів, всі можливі стани системи описуються векторами деформацій, що вираховують методом скінченних елементів за допомогою математичної моделі даної системи і розбивають на кластери відповідних векторів деформацій, прогнозування уразливості проводять за допомогою бінарного нейрокласифікатора, на входи якого надходять співставні вектори спостережуваних деформацій і характерні для кожного кластера вектори деформацій, а вихід утворює бінарний вектор, компоненти якого відтворюють прогноз поведінки системи за фіксований час, менший часу досягнення критичного стану.



Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601