



УКРАЇНА

(19) UA (11) 38626 (13) U  
(51) МПК (2006)  
G01M 7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

ОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОЛИВАНЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ

1

2

(21) u200809170

(22) 14.07.2008

(24) 12.01.2009

(46) 12.01.2009, Бюл.№ 1, 2009 р.

(72) ПУЗЬКО ІГОР ДАНИЛОВИЧ, UA

(73) СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, UA

(57) Спосіб визначення параметрів коливань елементів конструкції, за яким два рази діють на випробувану конструкцію збуджувальними коливаннями змінною з постійною кожного разу швидкістю частоти в бік її збільшення, при кожній дії вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями резонуючого елемента конструкції і фіксують значення амплітуд коливань на частотах, на яких коливання резонуючого елемента конструкції відстають по фазі від збуджувальних на величину  $\pi/2$ , причому при першій і другій дії постійні швидкості розгортки частоти різні і дорівнюють значенням  $V_1$ ,  $V_2$  відповідно при  $V_2 > V_1$ , який відрізняється тим, що додатково "N-2" ( $N \geq 3$ ) рази діють на резонуючий елемент випробуваної конструкції збуджувальними коливаннями із постійними при кожній дії швидкостями  $V_i$  ( $i = 3, N$ ) розгортки частоти в бік її збільшення, при кожній з "N-2" дій вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями резонуючого елемента конструкції і фіксують значення амплітуд

$l_i$  ( $i = \overline{3, N}$ ) коливань на частотах, на яких коливання резонуючого елемента конструкції відстають по фазі від збуджувальних на величину  $\pi/2$ , причому при кожній із "N-2" дій постійна при кожній дії і різна для різних дій швидкість  $V_i$  розгортки частоти дорівнює значенням  $V_3, V_4, \dots, V_N$  відповідно при виконанні умови  $V_3 < V_4 < \dots < V_N$ , а оцінку значення амплітуди  $\hat{b}$  коливань статичного резонансного піка резонуючого елемента випробуваної конструкції визначають по співвідношенню

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^N \left[ (l_i V_{i+1}^2 - l_{i+1} V_i^2) (V_{i+1}^2 - V_i^2) \right]}{\sum_{i=1}^N (V_{i+1}^2 - V_i^2)^2},$$

де  $l_i, l_{i+1}$  - значення амплітуд коливань резонуючого елемента випробуваної конструкції на частотах, де різниця фаз, на яких коливання резонуючого елемента відстають від збуджувальних, дорівнює величині  $\pi/2$  при швидкостях  $V_i, V_{i+1}$  розгортки частоти відповідно;  
N - число циклів розгортки частоти сигналу збуджувальної дії.

Корисна модель відноситься до області вібраційної техніки і може знайти застосування в стендах для віброзбудження і моделювання різних типів вібраційних навантажень.

Відомий спосіб визначення параметрів коливань елементів конструкції, згідно з яким два рази діють на конструкцію збуджувальними коливаннями сигналу змінної із постійною швидкістю частоти, при кожній дії вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями резонуючого елемента конструкції і фіксують частоти, що відповідають різниці фаз величиною  $\pi/2$ , а величину параметра визначають на підставі двох зафіксованих частот і двох швидкостей розгортки частоти [Ав.св. СССР №1633294, МПК М 7/00, 1988].

Недолік відомого способу - обмежені функціональні можливості, що пояснюється неможливістю визначення величини амплітуди коливань на резонансній частоті резонуючого елемента конструкції.

За прототип обраний спосіб визначення параметрів коливань елементів конструкції, згідно з яким два рази діють на випробувану конструкцію збуджувальними коливаннями змінною з постійною кожного разу швидкістю частоти в бік її збільшення, при кожній дії вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями резонуючого елемента конструкції і фіксують значення амплітуди коливань на частотах, на яких коливання резонуючого елемента конструкції відстають по фазі від збуджувальних на величину  $\pi/2$ ,

UA (19) 38626 (11) 38626 (13) U

причому при першій і другій дії постійні швидкості розгортки частоти різні і дорівнюють значенням  $V_1$ ,  $V_2$  відповідно при  $V_2 > V_1$  [Ав.св. СССР № 1700410, МПК М 7/00, 1991].

Недолік відомого способу - недостатня точність визначення параметра коливань резонуючого елемента випробуваної конструкції, що пояснюється неврахуванням похибок при проведенні вимірювань амплітуд коливань і швидкостей розгортки частоти сигналу збуджувальної дії, а також недостатнім по множині інформаційним масивом даних швидкостей розгортки частоти і амплітудних значень на резонансних частотах.

В основу корисної моделі поставлене завдання удосконалити спосіб визначення параметрів коливань елементів конструкції, згідно з яким з'являється можливість врахування похибок при проведенні вимірювань амплітудних значень коливань і швидкостей розгортки частоти сигналу збуджувальної вібростенди дії, а також сформулювати достатній по множині інформаційний масив даних амплітудних значень на резонансних частотах і масив даних швидкостей розгортки частоти, що забезпечує підвищення точності визначення параметра коливань резонуючого елемента випробуваної конструкції.

Поставлене завдання вирішується тим, що у відомому способі визначення параметрів коливань елементів конструкції, за яким два рази діють на випробувану конструкцію збуджувальними коливаннями змінною з постійною кожного разу швидкістю частоти в бік її збільшення, при кожній дії вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями резонуючого елемента конструкції і фіксують значення амплітуд коливань на частотах, на яких коливання резонуючого елемента конструкції відстають по фазі від збуджувальних на величину  $\pi/2$ , причому при першій і другій дії постійні швидкості розгортки частоти різні і дорівнюють значенням  $V_1$ ,  $V_2$  відповідно при  $V_2 > V_1$ , згідно з корисною моделлю, додатково "N-2" ( $N \geq 3$ ) рази діють на резонуючий елемент випробуваної конструкції збуджувальними коливаннями із постійними при кожній дії швидкостями  $V_i$  ( $i = \overline{3, N}$ ) розгортки частоти в бік її збільшення, при кожній з "N-2" дій вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями резонуючого елемента конструкції і фіксують значення амплітуд  $l_i$  ( $i = \overline{3, N}$ ) коливань на частотах, на яких коливання резонуючого елемента конструкції відстають по фазі від збуджувальних на величину  $\pi/2$ , причому при кожній із "N-2" дій постійна при кожній дії і різна для різних дій швидкість  $V_i$  розгортки частоти дорівнює значенням  $V_3, V_4, \dots, V_N$  відповідно при виконанні умови  $V_3 < V_4 < \dots < V_N$ , а оцінку значення амплітуди  $\hat{b}$  коливань статичного резонансного піку резонуючого елемента випробуваної конструкції визначають по співвідношенню

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^N \left[ (l_i V_{i+1}^2 - l_{i+1} V_i^2) (V_{i+1}^2 - V_i^2) \right]}{\sum_{i=1}^N (V_{i+1}^2 - V_i^2)^2},$$

де  $l_i, l_{i+1}$  - значення амплітуд коливань резонуючого елемента випробуваної конструкції на частотах, де різниця фаз, на яких коливання резонуючого елемента відстають від збуджувальних, дорівнює величині  $\pi/2$  при швидкостях  $V_i, V_{i+1}$  розгортки частоти відповідно;

$N$  - число циклів розгортки частоти сигналу збуджувальної дії.

Застосування запропонованого способу визначення параметрів коливань елементів конструкції, включаючи відмінні, дозволяє збільшити точність визначення параметрів за рахунок формування інформаційних масивів амплітудних значень коливань резонуючого елемента випробуваної конструкції, що відповідає інформаційному масиву швидкостей розгортки частоти сигналу збуджувальної дії, а це і призводить до можливості формування регресійної залежності і застосування методу найменших квадратів.

Спосіб реалізується наступним чином.

Відомо, що зменшення максимуму обвідної напіврозмахів коливань динамічного резонансного піка резонуючого елемента конструкції відносно максимуму обвідної статичного резонансного піка пропорційно квадрату швидкості розгортки частоти сигналу збудження (Харкевич А.А. Спектри і аналіз. М.: Физматгиз, 1962, с. 142-144).

$$l_0 - l_i = (2Q/\omega_0)^4 V_i^2, \quad (i = \overline{1, N}), \quad (1)$$

де  $\omega_0, l_0$  - резонансна частота і максимум обвідної напіврозмахів коливань статичного резонансного піка резонуючого елемента відповідно;

$Q$  - добротність статичного резонансного піка;

$l_i$  - максимум обвідної напіврозмахів коливань динамічного резонансного піка при швидкості  $V_i$  розгортки частоти сигналу збудження;

$N$  - число циклів розгортки частоти сигналу збудження. На підставі (1) формують систему рівнянь

$$\left. \begin{aligned} \hat{b} - l_i &= \beta V_i^2, \\ \hat{b} - l_{i+1} &= \beta V_{i+1}^2, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де:  $\beta = (2Q/\omega_0)^4$ .

Після нескладних перетворень із системи (2) отримаємо таке аналітичне співвідношення

$$\hat{b} (V_{i+1}^2 - V_i^2) = l_i V_{i+1}^2 - l_{i+1} V_i^2, \quad (3)$$

При урахуванні похибок при проведенні вимірювань із (3) маємо такий вираз для похибки  $\varepsilon$

$$\hat{b} (V_{i+1}^2 - V_i^2) - (l_i V_{i+1}^2 - l_{i+1} V_i^2), \quad (4)$$

На підставі (4) сформуємо функціонал

$$S = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^N \left[ \hat{b} (V_{i+1}^2 - V_i^2) - (l_i V_{i+1}^2 - l_{i+1} V_i^2) \right]^2, \quad (5)$$

Із (5) отримаємо співвідношення для частинної похідної  $\frac{ds}{d\hat{b}}$

$$\frac{ds}{d\hat{b}} = \sum_{i=1}^N \left\{ \left[ \hat{b} (V_{i+1}^2 - V_i^2) - (l_i V_{i+1}^2 - l_{i+1} V_i^2) \right] (V_{i+1}^2 - V_i^2) \right\} = 0, \quad (6)$$

Із (6) отримаємо аналітичне співвідношення для визначення оцінки  $\hat{b}$

$$\frac{\sum_{i=1}^N \left[ \left( l_i v_{i+1}^2 - l_{i+1} v_i^2 \right) \left( v_{i+1}^2 - v_i^2 \right) \right]}{\sum_{i=1}^N \left( v_{i+1}^2 - v_i^2 \right)^2}, \quad (7)$$

На підставі (7) сформуємо алгоритм для визначення оцінки  $\hat{l}_0$  параметра  $l_0$ .

1) Формують "N" ( $N \geq 3$ ) циклів режимів розгортки частоти сигналу збудження резонуючого елемента випробуваної конструкції із постійними в кожному режимі, але різними в різних режимах

швидкостями розгортки частоти сигналу збудження.

2) В кожному із "N" розгортки частоти сигналу збудження фіксують значення максимуму обвідної напіврозмахів коливань резонуючого елемента.

3) Сформовані масиви максимумів  $l_i$  обвідних напіврозмахів коливань і відповідних швидкостей  $v_i$  розгортки частоти сигналу збудження застосовують для визначення оцінки  $\hat{l}_0$  відповідно співвідношенню (7).