



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **71755** (13) **U**  
(51) МПК (2012.01)  
**G01H 11/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2012 00360</b>	(72) Винахідник(и): <b>Пузько Ігор Данилович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>12.01.2012</b>	(73) Власник(и): <b>СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b> вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.07.2012</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.07.2012, Бюл.№ 14</b>	

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НЕЛІНІЙНОЇ ДИСИПАТИВНОЇ КОЛИВНОЇ СИСТЕМИ

### (57) Реферат:

Спосіб визначення параметрів нелінійної дисипативної коливної системи, при якому формують шість режимів коливань нелінійної дисипативної коливальної системи. Проводять операції по вимірюванню і реєстрації інформаційних масивів шести груп режимів вимушених коливань.

UA 71755 U



Корисна модель належить до області машинобудівної, авіаційної і ракетно-космічної техніки, а саме, до способів визначення інерційно-жорсткісних і дисипативних параметрів нелінійних коливних систем із кінцевим числом ступенів вільності і може знайти застосування для визначення моментів інерції механічних коливних систем при застосуванні джерела енергії обмеженої потужності.

Відомий спосіб визначення параметрів нелінійної дисипативної коливної системи, за яким задають перше початкове і перше кінцеве значення амплітуди затухаючих коливань нелінійної дисипативної коливної системи, проводять вимір першого часового інтервалу і число циклів коливань в цьому інтервалі при зміні амплітуди затухаючих коливань від першого початкового до першого кінцевого значення, далі задають друге початкове і друге кінцеве значення амплітуди затухаючих коливань, проводять вимір другого часового інтервалу і число циклів коливань в цьому часовому інтервалі при зміні амплітуди затухаючих коливань від другого початкового до другого кінцевого значення, потім один раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливної системи і проводять вищевказану сукупність операцій по визначенню першого і другого часових інтервалів і числа циклів коливань в цих інтервалах при зміні амплітуди коливань від її першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значення відповідно, додатково другий раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливної системи і проводять вищевказану сукупність операцій по визначенню першого і другого часових інтервалів і чисел циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди коливань від її першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значення відповідно (Патент України на корисну модель № 45033, МПК G01H 11/00, 2009).

Недолік відомого способу визначення параметрів нелінійної коливної системи є можливість визначення параметрів сильно дисипативної нелінійної коливної системи при застосуванні ідеального джерела енергії і неможливість визначення параметрів сильно дисипативної нелінійної коливної системи при застосуванні джерела енергії обмеженої потужності.

За прототип вибрано спосіб визначення параметрів нелінійної дисипативної коливної системи, за яким формують шість режимів коливань нелінійної дисипативної коливної системи, в першому і другому режимах задають перше початкове і перше кінцеве, друге початкове і друге кінцеве значення амплітуди коливань відповідно, вимірюють перший і другий часові інтервали і числа циклів коливань в першому і другому часових інтервалах відповідно, перший раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливної системи і проводять вищевказану сукупність операцій по визначенню третього і четвертого часових інтервалів і чисел циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значення відповідно, другий раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливної системи і проводять вищевказану сукупність операцій по визначенню п'ятого і шостого часових інтервалів і чисел циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значення, формують шість режимів коливань, як режимів вимушених коливань, в кожному із шести режимів коливань фіксують значення нижніх і верхніх частот діапазонів частот, що відповідають змінам амплітуд вимушених коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення в першому, третьому і п'ятому режимах, від другого початкового до другого кінцевого значення в другому, четвертому і шостому режимах, причому зміну частоти сигналу вимушеної дії проводять із першою, другою, третьою, четвертою, п'ятою і шостою швидкостями для першого, другого, третього, четвертого, п'ятого, шостого режимів відповідно, визначають значення частот  $\omega_{0s}$  вільних коливань лінійної породжувальної системи, інерційно-жорсткісних параметрів  $m_s$ ,  $c_s$  по S-ій нормальній координаті (Патент України на корисну модель №56369, МПК G01H 11/00, 2010).

Недоліком відомого способу визначення параметрів нелінійної дисипативної коливної системи є недостатня точність, а тому і обмежена область використання, що пояснюється неврахуванням випадкових похибок при вимірюванні і реєстрації масивів (множин) часових інтервалів, чисел циклів коливань в цих часових інтервалах, нижніх і верхніх частот діапазонів частот, що відповідають зміні амплітуд вимушених коливань від початкових значень до кінцевих значень.

В основу корисної моделі поставлене завдання удосконалення способу визначення (оцінки) параметрів нелінійної дисипативної коливної системи при застосуванні джерела енергії обмеженої потужності за рахунок урахування випадкових похибок при вимірюванні і реєстрації інформаційних масивів множин часових інтервалів, нижніх і верхніх частот діапазонів частот, що відповідають зміні амплітуд вимушених коливань від початкових значень до кінцевих значень за

рахунок формування нового алгоритму на підставі отриманих аналітичних співвідношень, що і розширює функціональні можливості способу і область його використання.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення параметрів нелінійної дисипативної коливної системи, за яким формують шість режимів коливань нелінійної дисипативної коливної системи, в першому і другому режимах задають перше початкове і перше кінцеве значення, друге початкове і друге кінцеве значення амплітуди коливань відповідно, вимірюють перший і другий часові інтервали і числа циклів коливань в першому і другому часових інтервалах відповідно, перший раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливної системи і проводять вищевказану сукупність операцій по визначенню третього і четвертого часових інтервалів і чисел циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значень відповідно, другий раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливної системи і проводять вищевказану сукупність операцій по визначенню п'ятого і шостого часових інтервалів і чисел циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значення відповідно, формують шість режимів коливань, як режимів вимушених коливань, в кожному із шести режимів коливань фіксують значення нижніх і верхніх частот діапазонів частот, що відповідають змінам амплітуд вимушених коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення в першому, третьому і п'ятому режимах, від другого початкового до другого кінцевого значення в другому, четвертому і шостому режимах, причому зміну частоти сигналу вимушеної дії проводять із першою, другою, третьою, четвертою, п'ятою і шостою швидкостями для першого, другого, третього, четвертого, п'ятого, шостого режимів відповідно, згідно із корисною моделлю, додатково формують шість груп по «N-1» (N=3, 4, 5,...) режимів вимушених коливань нелінійної дисипативної коливної системи в кожній групі, в першій, третій і п'ятій групах режимів вимушених коливань задають перше початкове і перше кінцеве значення амплітуди вимушених коливань і проводять фіксацію і реєстрацію першої, третьої і п'ятої груп часових інтервалів по «N-1» значень в кожній групі часових інтервалів, першої, третьої і п'ятої груп чисел циклів коливань по «N-1» значень чисел циклів коливань в часових інтервалах кожної групи часових інтервалів відповідно, в другій, четвертій і шостій групах по «N-1» режимів вимушених коливань задають друге початкове і друге кінцеве значення амплітуди вимушених коливань і проводять фіксацію і реєстрацію другої, четвертої і шостої груп часових інтервалів по «N-1» значень в кожній групі часових інтервалів, другої, четвертої і шостої груп чисел циклів коливань по «N-1» значень в кожній групі чисел циклів, в кожній групі із шести груп режимів фіксують і реєструють значення шести груп значень нижніх частот діапазонів частот по «N-1» значень в кожній групі і шести груп значень верхніх частот діапазонів частот по «N-1» значень в кожній групі відповідно шести групам режимів вимушених коливань, притому зміну частоти сигналу збуджувальної дії в першому, другому, третьому, четвертому, п'ятому і шостому режимах проводять із першою, другою, третьою, четвертою, п'ятою і шостою швидкостями відповідно, проводять оцінки значень частот  $\omega_{1s}$ ,  $\omega_{0s}$  вільних коливань лінійних дисипативної і консервативної породжувальних систем, інерційно-жорсткісних і дисипативних параметрів  $m_s$ ,  $c_s$ ,  $h_s$  відповідно по S-ій нормальній координаті на підставі аналітичних співвідношень:

$$\begin{aligned} \hat{\omega}_{1s} = & \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) \right] - \right. \\ & \left. - \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) \right] \right\} * \\ & * \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \right\}^{-1}; \end{aligned}$$

або



$$* \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \right\}^{-1};$$

або

$$\begin{aligned} \hat{\omega}_{1s} = & \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) \right] - \right. \\ & \left. - \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right) \right] \right\} * \end{aligned}$$

$$5 \quad * \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \right\}^{-1};$$

$$\hat{\omega}_{0s} = \sqrt{\left( \hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2 \right) \left( 1 + \hat{m}_s (\Delta_1 m)^{-1} \right)};$$

або

$$\hat{\omega}_{0s} = \sqrt{\left( \hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2 \right) \left( 1 + \hat{m}_s (\Delta_2 m)^{-1} \right)};$$

$$\hat{m}_s = \left( \frac{\hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2}{\hat{\omega}_{1s} - \hat{\omega}_{1s}} \right) \left[ \left( \frac{\hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2}{\hat{\omega}_{1s} - \hat{\omega}_{1s}} \right) (\Delta_1 m)^{-1} - \left( \frac{\hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2}{\hat{\omega}_{1s} - \hat{\omega}_{1s}} \right) (\Delta_2 m)^{-1} \right];$$

$$\hat{c}_s = \left( \frac{\hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2}{\hat{\omega}_{1s} - \hat{\omega}_{1s}} \right) \hat{m}_s \left( \hat{m}_s + \Delta_1 m \right) (\Delta_1 m)^{-1};$$

або

$$10 \quad \hat{c}_s = \left( \frac{\hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2}{\hat{\omega}_{1s} - \hat{\omega}_{1s}} \right) \hat{m}_s \left( \hat{m}_s + \Delta_2 m \right) (\Delta_1 m)^{-1};$$

$$\hat{h}_s = \sqrt{\hat{\omega}_{0s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2};$$

де  $\Delta_{1i} t, \Delta_{2i} t, \Delta_{3i} t, \Delta_{4i} t, \Delta_{5i} t, \Delta_{6i} t, (i = 1, 2, \dots, N)$  - перша, друга, третя, четверта, п'ята, шоста групи часових інтервалів;

$n_{1i}, n_{2i}, n_{3i}, n_{4i}, n_{5i}, n_{6i}, (i = 1, 2, \dots, N)$  - перша, друга, третя, четверта, п'ята, шоста групи чисел циклів коливачів у відповідних групах часових інтервалів;

15  $\omega_{cp1i}, \omega_{cp2i}, \omega_{cp3i}, \omega_{cp4i}, \omega_{cp5i}, \omega_{cp6i}$  - перша, друга, третя, четверта, п'ята, шоста групи діапазонів частот, що відповідають першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групам часових інтервалів;

$$\omega_{cp1i} = 0,5(\omega_{H1i} + \omega_{B1i}), \quad \omega_{cp2i} = 0,5(\omega_{H2i} + \omega_{B2i}), \quad \omega_{cp3i} = 0,5(\omega_{H3i} + \omega_{B3i}),$$

$$\omega_{cp4i} = 0,5(\omega_{H4i} + \omega_{B4i}), \quad \omega_{cp5i} = 0,5(\omega_{H5i} + \omega_{B5i}), \quad \omega_{cp6i} = 0,5(\omega_{H6i} + \omega_{B6i});$$

$\omega_{H1i}, \omega_{H2i}, \omega_{H3i}, \omega_{H4i}, \omega_{H5i}, \omega_{H6i}$ , - перша, друга, третя, четверта, п'ята і шоста групи нижніх частот, що відповідають першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групам діапазонів частот;

$\omega_{B1i}, \omega_{B2i}, \omega_{B3i}, \omega_{B4i}, \omega_{B5i}, \omega_{B6i}$ , - перша, друга, третя, четверта, п'ята і шоста групи верхніх частот, що відповідають першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групам діапазонів частот.

Застосування запропонованого способу визначення параметрів нелінійної дисипативної коливної системи разом з усіма суттєвими ознаками, включаючи відмінні, забезпечує розширення функціональних можливостей способу і області застосування за рахунок підвищення точності оцінки параметрів шляхом проведення нових технологічних і технічних операцій по вимірюванню і реєстрації інформаційних масивів шести груп режимів вимушених коливань, в кожному із шести режимів реєстрації по одній групі часових інтервалів і одній групі чисел циклів коливань коливної системи, а також фіксації і реєстрації в кожному із шести режимів вимушених коливань по одній групі значень нижніх частот діапазонів частот і по одній групі значень верхніх частот діапазонів частот відповідно групам режимів вимушених коливань, що дає підставу для формування нового алгоритму математичних перетворень, формуванню регресійних залежностей і застосуванню методу найменших квадратів, що і приводить до зменшення степені впливу випадкових помилок вимірювання і реєстрації інформаційних масивів даних на кінцевий результат визначення оцінок інерційно-жорсткісних параметрів нелінійної дисипативної коливної системи при застосуванні джерела енергії обмеженої потужності.

Розробка нового алгоритму визначення (оцінки) параметрів нелінійної дисипативної коливної системи при застосуванні джерела енергії обмеженої потужності базується на наступних теоретичних перетвореннях.

Для випадку урахування взаємодії джерела енергії обмеженої потужності із сильнодисипативною коливальною системою при застосуванні асимптотичного методу Крилова-Боголюбова-Митропольського система рівнянь пертого наближення приймає вигляд

$$\left. \begin{aligned} \frac{dX_a}{dt} &= -h_s X_a + \varepsilon A_1(X_a) \exp(-h_s t), \\ \frac{d\psi}{dt} &= \omega_{1s} - \omega_{cp} + \varepsilon B_1(X_a), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де:  $\omega_{1s}^2 = \omega_s^2 - h_s^2$ ,  $\omega_{cp}$  - середня частота по діапазону частот зміни амплітуди коливань.

(Пресняков В.К., Филер З.Е. Колебания механической системы, рассматриваемой совместно с двигателем. «Динамика и прочность машин», Харьков, изд-во Харьковского университета, - 1971.С.82; Кононенко В.О. Колебательные системы с ограниченным возбуждением, М: «Наука», - 1964. С. 30-35, 51-58; Кононенко В.О. Нелинейные колебания механических систем. Киев: «Наукова думка», - 1980. С. 90-93, 95-100, 126-130, 201-210; патент № 45033 України. МПК G01H 11/00; Бюл. №20, 2009р.).

Система рівнянь (1) відповідає коливальній системі, диференційне рівняння для якої належить до класу

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2h_s \frac{dx}{dt} + \omega_{0s}^2 x = \varepsilon f\left(x, \frac{dx}{dt}\right), \quad (2)$$

рішення якого  $X = X_a \sin \psi$ .

Із системи рівнянь (1) отримаємо таке рівняння

$$d\psi - \omega_{1s}\Delta t + \omega_{cp}\Delta t = \int_{(x_a)} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{(t)} X_a h \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt. \quad (3)$$

На підставі співвідношення (3) отримаємо систему рівнянь

$$2\pi n_1 - \omega_{1s}\Delta_1 t + \omega_{cp1}\Delta_1 t = \int_{x_{a1}}^{x_{a2}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_1}^{t_2} X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt, \quad (4)$$

$$2\pi n_2 - \omega_{1s}\Delta_2 t + \omega_{cp1}\Delta_1 t = \int_{x_{a3}}^{x_{a4}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_3}^{t_4} X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt, \quad (5)$$

$$2\pi n_3 - \omega_{1s}\Delta_3 t + \omega_{cp3}\Delta_3 t = \int_{x_{a1}}^{x_{a2}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_5}^{t_6} X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt, \quad (6)$$

$$2\pi n_4 - \omega_{1s} \Delta_4 t + \omega_{cp4} \Delta_4 t = \int_{x_{a3}}^{x_{a4}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_7}^{t_8} X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt, \quad (7)$$

$$2\pi n_5 - \omega_{1s} \Delta_5 t + \omega_{cp5} \Delta_5 t = \int_{x_{a1}}^{x_{a2}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_9}^{t_{10}} X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt, \quad (8)$$

$$2\pi n_6 - \omega_{1s} \Delta_6 t + \omega_{cp6} \Delta_6 t = \int_{x_{a3}}^{x_{a4}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_{11}}^{t_{12}} X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt, \quad (9)$$

$$\text{де } \omega_{1s} = \sqrt{c_s m_s^{-1} - h_s^2}, \quad \omega_{1s} = \sqrt{c_s (m_s + \Delta_1 m)^{-1} - h_s^2}, \quad \omega_{1s} = \sqrt{c_s (m_s + \Delta_2 m)^{-1} - h_s^2}, \quad (10)$$

де:  $\Delta_1 m, \Delta_2 m (\Delta_1 m \neq \Delta_2 m, \Delta_1 m \ll m_s, \Delta_2 m \ll m_s)$  - перша і друга додаткові маси відповідно;  $n_1$  - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі  $\Delta_1 t$  при зміні частоти вимушених коливань із першою постійною швидкістю  $V_1$  від першого початкового значення  $X_{a1}$  до першого кінцевого значення  $X_{a2}$  для маси  $m_s$ ;  $n_2$  - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі  $\Delta_2 t$  при зміні частоти вимушених коливань із другою постійною швидкістю  $V_2$  від другого початкового значення  $X_{a3}$  до другого кінцевого значення  $X_{a4}$  для маси  $m_s$ ;  $n_3$  - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі  $\Delta_3 t$  при зміні частоти вимушених коливань із третьою постійною швидкістю  $V_2$  від першого початкового значення  $X_{a1}$  до першого кінцевого значення  $X_{a2}$  для маси  $(m_s + \Delta_1 m)$  при першій зміні інерційності коливальної системи;  $n_4$  - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі  $\Delta_4 t$  при зміні частоти вимушених коливань із четвертою постійною швидкістю  $V_4$  від другого початкового значення  $X_{a3}$  до другого кінцевого значення  $X_{a4}$  для маси  $(m_s + \Delta_1 m)$  при першій зміні інерційності;  $n_5$  - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі  $\Delta_5 t$  при зміні частоти вимушених коливань із п'ятою постійною швидкістю  $V_5$  від першого початкового значення  $X_{a1}$  до першого кінцевого значення  $X_{a2}$  для маси  $(m_s + \Delta_2 m)$  при другій зміні інерційності;  $n_6$  - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі  $\Delta_6 t$  при зміні частоти вимушених коливань із шостою постійною швидкістю  $V_6$  від другого початкового значення  $X_{a3}$  до другого кінцевого значення  $X_{a4}$  для маси  $(m_s + \Delta_2 m)$  при другій зміні інерційності;  $\omega_{cp1}, \omega_{cp2}, \omega_{cp3}, \omega_{cp4}, \omega_{cp5}, \omega_{cp6}$  - середні частоти діапазонів частот, що відповідають часовим інтервалам  $\Delta_1 t, \Delta_2 t, \Delta_3 t, \Delta_4 t, \Delta_5 t, \Delta_6 t$  відповідно і визначаються співвідношеннями:

$$\omega_{cp1} = \frac{\omega_{B1} + \omega_{H1}}{2}; \quad \omega_{cp2} = \frac{\omega_{B2} + \omega_{H2}}{2}; \quad \omega_{cp3} = \frac{\omega_{B3} + \omega_{H3}}{2}; \quad \omega_{cp4} = \frac{\omega_{B4} + \omega_{H4}}{2}; \quad \omega_{cp5} = \frac{\omega_{B5} + \omega_{H5}}{2}; \quad \omega_{cp6}$$

де:  $\omega_{B1}, \omega_{B3}, \omega_{B5}, \omega_{H1}, \omega_{H3}, \omega_{H5}$  - верхні і нижні частоти діапазонів частот, що відповідають зміні амплітуди вимушених коливань від першого початкового значення  $X_{a1}$  до першого кінцевого значення  $X_{a2}$ ;  $\omega_{B2}, \omega_{B4}, \omega_{B6}, \omega_{H2}, \omega_{H4}, \omega_{H6}$  - верхні і нижні частоти діапазонів частот, що відповідають зміні амплітуди вимушених коливань від другого початкового значення  $X_{a3}$  до другого кінцевого значення  $X_{a4}$ .

При реалізації режимів вимушених коливань нелінійної дисипативної коливної системи, проведенні вимірювань і реєстрації інформаційних масивів часових інтервалів, чисел циклів коливань в цих часових інтервалах, нижніх і верхніх частот діапазонів частот, що відповідають зміні амплітудних значень коливань від початкових значень до кінцевих значень мають місце випадкові похибки. Тому для урахування наявності випадкових похибок на підставі системи рівнянь (4), (5), (6), (7), (8), (9) сформуємо наступні мінімізуючі функції  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ , а саме:

$$S_1 = \sum_{i=1}^N \varepsilon_{1i}^2 = \sum_{i=1}^N [2\pi n_{1i} - \omega_{1s} \Delta_{1i} t + \omega_{cp1i} \Delta_{1i} t + \int_{x_{a1}}^{x_{a2}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_1}^{t_2} h X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt]^2 \quad (11)$$

$$S_2 = \sum_{i=1}^N \varepsilon_{2i}^2 = \sum_{i=1}^N [2\pi n_{2i} - \omega_{1s} \Delta_{2i} t + \omega_{cp2i} \Delta_{2i} t + \int_{x_{a3}}^{x_{a4}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_3}^{t_4} h X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt]^2 \quad (12)$$

$$S_3 = \sum_{i=1}^N \varepsilon_{3i}^2 = \sum_{i=1}^N [2\pi n_{3i} - \omega_{1s} \Delta_{3i} t + \omega_{cp3i} \Delta_{3i} t + \int_{x_{a1}}^{x_{a2}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_5}^{t_6} h X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt]^2 \quad (13)$$

$$S_4 = \sum_{i=1}^N \varepsilon_{4i}^2 = \sum_{i=1}^N [2\pi n_{4i} - \omega_{1s} \Delta_{4i} t + \omega_{cp4i} \Delta_{4i} t + \int_{x_{a3}}^{x_{a4}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_7}^{t_8} h X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt]^2 \quad (14)$$



$$S_5 = \sum_{i=1}^N \varepsilon_{5i}^2 = \sum_{i=1}^N [2\pi n_{5i} - \hat{\omega}_{1s} \Delta_{5i} t + \omega_{cp5i} \Delta_{5i} t + \int_{x_{a1}}^{x_{a2}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_9}^{t_{10}} h X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt ]^2 \quad (15)$$

$$S_6 = \sum_{i=1}^N \varepsilon_{6i}^2 = \sum_{i=1}^N [2\pi n_{6i} - \hat{\omega}_{1s} \Delta_{6i} t + \omega_{cp6i} \Delta_{6i} t + \int_{x_{a3}}^{x_{a4}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_{11}}^{t_{12}} h X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt ]^2. \quad (16)$$

Після формування частинних похідних  $\frac{\partial S_1}{d\hat{\omega}_{1s}}, \frac{\partial S_2}{d\hat{\omega}_{1s}}, \frac{\partial S_3}{d\hat{\omega}_{1s}}, \frac{\partial S_4}{d\hat{\omega}_{1s}}, \frac{\partial S_5}{d\hat{\omega}_{1s}}, \frac{\partial S_6}{d\hat{\omega}_{1s}}$ ,

отримаємо систему рівнянь для визначення оцінок  $\hat{\omega}_{1s}, \hat{\omega}_{1s}, \hat{\omega}_{1s}$ , параметрів  $\bar{\omega}_{1s}, \bar{\omega}_{1s}, \bar{\omega}_{1s}$ .

Для спрощення запису системи рівнянь (11) - (16) інтегральні складові будемо записувати

$$\int_{(x_a)} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a = \int_{(x_a)} (\circ) dX_a, \quad \int_{(x_a)} h X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a = \int_{(t)} (*). dt.$$

5 На підставі системи рівнянь (11), (12), (13), (14), (15), (16) маємо таку систему рівнянь:  $\partial$

$$2\pi \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t + \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \left[ \int_{x_{a1}}^{x_{a2}} (\circ) dX_a + \int_{t_1}^{t_2} (*) dt \right] = 0; \quad (17)$$

$$2\pi \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t + \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \left[ \int_{x_{a3}}^{x_{a4}} (\circ) dX_a + \int_{t_3}^{t_4} (*) dt \right] = 0; \quad (18)$$

$$2\pi \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t + \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \left[ \int_{x_{a1}}^{x_{a2}} (\circ) dX_a + \int_{t_5}^{t_6} (*) dt \right] = 0; \quad (19)$$

$$2\pi \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t + \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \left[ \int_{x_{a3}}^{x_{a4}} (\circ) dX_a + \int_{t_7}^{t_8} (*) dt \right] = 0; \quad (20)$$

$$2\pi \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t + \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \left[ \int_{x_{a1}}^{x_{a2}} (\circ) dX_a + \int_{t_9}^{t_{10}} (*) dt \right] = 0; \quad (21)$$

$$2\pi \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t + \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t \left[ \int_{x_{a1}}^{x_{a2}} (\circ) dX_a + \int_{t_{11}}^{t_{12}} (*) dt \right] = 0. \quad (22)$$

Із рівнянь (17), (19) отримаємо таке рівняння

$$\frac{2\pi \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t}{\sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t}{\sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t}. \quad (23)$$

Із рівнянь (17), (21) отримаємо таке рівняння

$$\frac{2\pi \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t}{\sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t}{\sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t}. \quad (24)$$

Із рівнянь (19), (21) отримаємо таке рівняння

$$\frac{2\pi \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t}{\sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t}{\sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t}. \quad (25)$$

Із рівнянь (18), (20) отримаємо таке рівняння

$$\frac{2\pi \sum n_{2i} \Delta_{2i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum \Delta_{2i}^2 t + \sum \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t}{2\pi \sum n_{4i} \Delta_{4i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum \Delta_{4i}^2 t + \sum \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t} = \frac{\sum \Delta_{2i} t}{\sum \Delta_{4i} t} \quad (26)$$

Із рівнянь (18), (21) отримаємо таке рівняння

$$\frac{2\pi \sum n_{2i} \Delta_{2i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum \Delta_{2i}^2 t + \sum \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t}{2\pi \sum n_{6i} \Delta_{6i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum \Delta_{6i}^2 t + \sum \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t} = \frac{\sum \Delta_{2i} t}{\sum \Delta_{6i} t} \quad (27)$$

Із рівнянь (20), (22) отримаємо таке рівняння

$$\frac{2\pi \sum n_{4i} \Delta_{4i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum \Delta_{4i}^2 t + \sum \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t}{2\pi \sum n_{6i} \Delta_{6i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum \Delta_{6i}^2 t + \sum \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t} = \frac{\sum \Delta_{4i} t}{\sum \Delta_{6i} t} \quad (28)$$

Із системи (23),(24),(25),(26),(27),(28) рівнянь після нескладних перетворень отримаємо таку систему рівнянь

$$\begin{aligned} & 2\pi \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t = \\ & = 2\pi \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t; \end{aligned} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} & \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t = 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) + \\ & + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & 2\pi \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t = \\ & = 2\pi \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t; \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} & \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t = 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) + \\ & + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & 2\pi \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t = \\ & = 2\pi \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t; \end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} & \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t = 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right) + \\ & + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & 2\pi \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t = \\
 & = 2\pi \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t; \\
 & \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t = 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) + \\
 & + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right);
 \end{aligned} \tag{32}$$

$$\begin{aligned}
 & 2\pi \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t = \\
 & = 2\pi \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t; \\
 & \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t = 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) + \\
 & + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right);
 \end{aligned} \tag{33}$$

$$\begin{aligned}
 & 2\pi \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t = \\
 & = 2\pi \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t + \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t; \\
 & \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t = 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) + \\
 & + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right).
 \end{aligned} \tag{34}$$

Для визначення оцінок  $\hat{\omega}_{1s}$ ,  $\hat{\omega}_{1s}$ ,  $\hat{\omega}_{1s}$ , частот  $\bar{\omega}_{1s}$ ,  $\bar{\omega}_{1s}$ ,  $\bar{\omega}_{1s}$ , сформуємо наступні системи рівнянь:

1) для визначення оцінок  $\hat{\omega}_{1s}$ ,  $\hat{\omega}_{1s}$ , частот  $\bar{\omega}_{1s}$ ,  $\bar{\omega}_{1s}$ , застосуємо рівняння (29),(32):

$$\begin{aligned}
 & \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t = 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) + \\
 & + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right);
 \end{aligned} \tag{35}$$

$$\begin{aligned}
 & \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t = 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) + \\
 & + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right);
 \end{aligned} \tag{36}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t & \left( - \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) \\ \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t & \left( - \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) \end{vmatrix} = \quad (37)$$

$$= \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t;$$

$$\Delta_1 = \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) + \right. \\ \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) \right] - \quad (38)$$

$$- \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) + \right. \\ \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) \right];$$

$$\Delta_2 = \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) + \right. \\ \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) \right] - \quad (39)$$

$$- \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) + \right. \\ \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) \right];$$

$$\hat{\omega}_{1s} = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad \hat{\omega}_{1s} = \frac{\Delta_2}{\Delta}; \quad (40)$$

2) для визначення оцінок  $\hat{\omega}_{1s}$ ,  $\hat{\omega}_{1s}$ , частот  $\omega_{1s}$ ,  $\bar{\omega}_{1s}$ , застосуємо рівняння (30), (33):

$$\hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t = 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) + \\ + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right); \quad (41)$$

$$\hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t = 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) + \\ + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right); \quad (42)$$

$$\Delta = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t & - \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \\ \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t & - \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \end{pmatrix} = \quad (43)$$

$$= \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t;$$

$$\Delta_1 = \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) + \right. \\ \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) \right] - \quad (44)$$

$$- \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) + \right. \\ \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) \right];$$

$$\Delta_2 = \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) + \right. \\ \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) \right] - \quad (45)$$

$$- \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) + \right. \\ \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) \right];$$

$$\hat{\omega}_{1s} = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad \hat{\omega}_{2s} = \frac{\Delta_2}{\Delta}; \quad (46)$$

3) для визначення оцінок  $\hat{\omega}_{1s}$ ,  $\hat{\omega}_{2s}$ , частот  $\bar{\omega}_{1s}$ ,  $\bar{\omega}_{2s}$ , застосуємо рівняння (31), (34):

$$\hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \hat{\omega}_{1s} \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t = 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right) + \\ + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right); \quad (47)$$

$$\hat{\omega}_{2s} \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \hat{\omega}_{2s} \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t = 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) + \\ + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right); \quad (48)$$

$$\Delta = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t & - \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \\ \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t & - \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \end{pmatrix} = \quad (49)$$

$$= \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t;$$

$$\begin{aligned} \Delta_1 = & \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) + \right. \\ & \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) \right] - \end{aligned} \quad (50)$$

$$\begin{aligned} - \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right) + \right. \\ \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right) \right]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_2 = & \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) + \right. \\ & \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) \right] - \end{aligned} \quad (51)$$

$$\begin{aligned} - \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right) + \right. \\ \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right) \right]; \end{aligned}$$

$$\hat{\omega}_{1s} = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad \hat{\omega}_{1s} = \frac{\Delta_2}{\Delta}; \quad (52)$$

Оцінки інерційно-жорсткісних і дисипативних параметрів  $\hat{m}_s, \hat{c}_s, \hat{h}_s, \hat{\omega}_{0s}$  визначають на підставі наступних аналітичних співвідношень:

$$\hat{m}_s = \left[ \frac{\hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2}{\omega_{1s} - \omega_{1s}} \right] \left[ \left( \frac{\hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2}{\omega_{1s} - \omega_{1s}} \right) (\Delta_1 m)^{-1} - \left( \frac{\hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2}{\omega_{1s} - \omega_{1s}} \right) (\Delta_2 m)^{-1} \right]; \quad (53)$$

$$\hat{c}_s = \left[ \frac{\hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2}{\omega_{1s} - \omega_{1s}} \right] \hat{m}_s \left( \hat{m}_s + \Delta_1 m \right) (\Delta_1 m)^{-1}; \quad (54)$$

або

$$\hat{c}_s = \left[ \frac{\hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2}{\omega_{1s} - \omega_{1s}} \right] \hat{m}_s \left( \hat{m}_s + \Delta_2 m \right) (\Delta_1 m)^{-1}; \quad (55)$$

$$\hat{\omega}_{0s} = \sqrt{\left[ \frac{\hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2}{\omega_{1s} - \omega_{1s}} \right] \left( 1 + \hat{m}_s (\Delta_1 m)^{-1} \right)}; \quad (56)$$

або

$$\hat{\omega}_{0s} = \sqrt{\left[ \frac{\hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2}{\omega_{1s} - \omega_{1s}} \right] \left( 1 + \hat{m}_s (\Delta_2 m)^{-1} \right)}; \quad (57)$$

$$\hat{h}_s = \sqrt{\hat{\omega}_{0s}^2 - \omega_{1s}^2}; \quad (58)$$

5 Де  $\Delta_1 t, \Delta_2 t, \Delta_3 t, \Delta_4 t, \Delta_5 t, \Delta_6 t, (i = 1, 2, \dots, N)$  - перша, друга, третя, четверта, п'ята, шоста групи часових інтервалів;

$n_{1i}, n_{2i}, n_{3i}, n_{4i}, n_{5i}, n_{6i}, (i = 1, 2, \dots, N)$  - перша, друга, третя, четверта, п'ята, шоста групи чисел циклів коливань у відповідних групах часових інтервалів;

$\omega_{cp1i}, \omega_{cp2i}, \omega_{cp3i}, \omega_{cp4i}, \omega_{cp5i}, \omega_{cp6i}$  - перша, друга, третя, четверта, п'ята, шоста групи діапазонів частот, що відповідають першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групам часових інтервалів;

$$\omega_{cp1i} = 0,5(\omega_{H1i} + \omega_{B1i}), \quad \omega_{cp2i} = 0,5(\omega_{H2i} + \omega_{B2i}), \quad \omega_{cp3i} = 0,5(\omega_{H3i} + \omega_{B3i}), \\ \omega_{cp4i} = 0,5(\omega_{H4i} + \omega_{B4i}), \quad \omega_{cp5i} = 0,5(\omega_{H5i} + \omega_{B5i}), \quad \omega_{cp6i} = 0,5(\omega_{H6i} + \omega_{B6i});$$

5  $\omega_{H1i}, \omega_{H2i}, \omega_{H3i}, \omega_{H4i}, \omega_{H5i}, \omega_{H6i}$ , - перша, друга, третя, четверта, п'ята і шоста групи нижніх частот, що відповідають першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групам діапазонів частот;

10  $\omega_{B1i}, \omega_{B2i}, \omega_{B3i}, \omega_{B4i}, \omega_{B5i}, \omega_{B6i}$ , - перша, друга, третя, четверта, п'ята і шоста групи верхніх частот, що відповідають першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групам діапазонів частот.

Спосіб визначення параметрів нелінійної дисипативної коливної системи при застосуванні джерела енергії обмеженої потужності реалізують на підставі наступного алгоритму.

1) формують шість груп режимів по N режимів вимушених коливань в кожній групі досліджуваної нелінійної дисипативної коливної системи; першу і другу групи режимів вимушених коливань формують без зміни інерційності нелінійної дисипативної коливної системи, третю і четверту групи режимів формують при першій зміні інерційності, п'яту і шосту групи режимів формують при другій зміні інерційності, першу зміну інерційності коливної системи проводять шляхом жорсткого з'єднання з масою « $m_s$ » коливної системи першої додаткової маси  $\Delta_1 m$  при виборі маси  $\Delta_1 m$  із умови  $\Delta_1 m \ll m_s$ , другу зміну інерційності коливної системи проводять шляхом жорсткого з'єднання з масою « $m_s$ » коливної системи другої додаткової маси  $\Delta_2 m$  при виборі маси  $\Delta_2 m$  із умови  $\Delta_2 m \ll m_s$ ;

2) в першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групах режимів вимушених коливань частоту сигналу вимушеної дії змінюють із першою, другою, третьою, четвертою, п'ятою і шостою групами постійних швидкостей  $V_{1i}, V_{2i}, V_{3i}, V_{4i}, V_{5i}, V_{6i}$  ( $i=1, 2, \dots, N$ ) зміни частоти сигналу вимушеної дії відповідно;

3) в кожній групі режимів із шести груп фіксують і реєструють відповідну групу часових інтервалів із шести груп часових інтервалів по i-інтервалів в кожній групі ( $i=1, 2, \dots, N$ ) і відповідну групу чисел циклів коливань із шести груп циклів по «N» циклів коливань в кожній групі циклів;

4) в першій, третій і п'ятій групах режимів вимушених коливань фіксують і реєструють першу, третю і п'яту групи часових інтервалів відповідно і відповідні групи чисел циклів коливань при зміні амплітуди вимушених коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення; в другій, четвертій і шостій групах режимів вимушених коливань фіксують і реєструють другу, четверту і шосту групи часових інтервалів відповідно і відповідні групи чисел циклів коливань при зміні амплітуди вимушених коливань від другого початкового значення до другого кінцевого значення;

5) в першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групах режимів вимушених коливань нелінійної коливної системи проводять фіксацію і реєстрацію відповідно першої, другої, третьої, четвертої, п'ятої і шостої груп нижніх частот і першої, другої, третьої, четвертої, п'ятої і шостої груп верхніх частот груп діапазонів частот, що відповідають першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групам режимів вимушених коливань.

Новим в алгоритмі реалізації способу визначення параметрів нелінійної дисипативної коливної системи є проведення таких технологічних операцій:

1) вимірювання, фіксації і реєстрації шести груп режимів вимушених коливань нелінійної дисипативної коливної системи по «N-1» ( $N=3, \dots$ ) режимів в кожній із шести груп режимів; вимірювання, фіксації і реєстрації інформаційних масивів «N-1» значень часових інтервалів і «N-1» значень чисел циклів коливань в кожній групі першої, третьої і п'ятої груп режимів вимушених коливань нелінійної дисипативної коливної системи проводять при зміні амплітудних значень вимушених коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення при зміні частоти сигналу збуджувальної дії із першою, третьою, п'ятою групами відповідно постійних швидкостей зміни частоти сигналу вимушеної дії в кожній групі при різних швидкостях в різних групах швидкостей; вимірювання, фіксації і реєстрації інформаційних масивів «N-1» значень часових інтервалів і «N-1» значень чисел циклів коливань в кожній групі другої, четвертої і шостої груп режимів вимушених коливань нелінійної дисипативної коливної системи проводять при зміні амплітудних значень вимушених коливань від другого початкового значення до другого кінцевого значення при зміні частоти сигналу збуджувальної дії із другою, четвертою і шостою групами відповідно постійних швидкостей зміни частоти сигналу вимушеної дії в кожній групі при різних швидкостях в різних групах швидкостей;

2) вимірювання, фіксацію і реєстрацію в кожній із шести груп режимів вимушених коливань нелінійної дисипативної коливної системи першої, другої, третьої, четвертої, п'ятої і шостої груп нижніх частот і першої, другої, третьої, четвертої, п'ятої і шостої груп верхніх частот діапазонів частот відповідно по «N-1» діапазонів частот в кожній окремій групі режимів вимушених коливань;

3) вимірювання, фіксацію і реєстрацію інформаційних масивів даних при реалізації першої і другої груп режимів із «N-1» режимів кожна проводять без зміни інерційності досліджуваної конструкції; вимірювання, фіксацію і реєстрацію інформаційних масивів даних при реалізації третьої і четвертої груп режимів із «N-1» режимів кожна із груп проводять при першій зміні інерційності коливної системи (досліджуваної конструкції) шляхом жорсткого з'єднання з масою коливної системи  $m_s$  першої додаткової маси  $\Delta_1 m$  при виборі маси  $\Delta_1 m$  із умови  $\Delta_1 m \ll m_s$ ; вимірювання, фіксацію і реєстрацію інформаційних масивів даних при реалізації п'ятої і шостої груп режимів із «N-1» кожна із груп проводять при другій зміні інерційності коливної системи (досліджуваної конструкції) шляхом жорсткого з'єднання з масою коливної системи  $m_s$  другої додаткової маси  $\Delta_2 m$  при виборі маси  $\Delta_2 m$  із умови  $\Delta_2 m \ll m_s$ .

Спосіб визначення (оцінки) параметрів нелінійної дисипативної коливної системи реалізують наступним чином:

1) установлюють випробуваний об'єкт (конструкцію) на рухому платформу вібростенда електродинамічного типу;

2) послідовно реалізують шість груп режимів вимушених коливань досліджуваної конструкції; першу і другу групи режимів вимушених коливань, кожна з яких включає «N» режимів, реалізують без зміни інерційності нелінійної дисипативної коливної системи; третю і четверту групи режимів вимушених коливань, кожна з яких включає «N» режимів, реалізують при першій зміні інерційності нелінійної дисипативної коливної системи при умові жорсткого з'єднання з рухомою масою « $m_s$ » коливної системи (конструкції) додаткової маси  $\Delta_1 m$  при виборі маси  $\Delta_1 m$  із умови  $\Delta_1 m \ll m_s$ ; п'яту і шосту групи режимів вимушених коливань, кожна з яких включає «N» режимів, реалізують при другій зміні інерційності нелінійної дисипативної коливної системи при умові жорсткого з'єднання із рухомою масою « $m_s$ » коливної системи (конструкції) додаткової маси  $\Delta_2 m$  при виборі маси  $\Delta_2 m$  із умови  $\Delta_2 m \ll m_s$ ;

3) у першій, третій і п'ятій групах режимів вимушених коливань нелінійної дисипативної коливної системи фіксують і реєструють відповідні першу, третю і п'яту групи часових інтервалів і першу, третю і п'яту групи чисел циклів коливань при зміні амплітуди вимушених коливань досліджуваної конструкції від першого початкового значення до першого кінцевого значення при змінах частоти сигналу збуджувальної дії з першою, третьою і п'ятою групами швидкостей зміни частоти по «N» значень швидкості в кожній групі швидкостей при постійній швидкості в кожній групі швидкостей і різними значеннями постійних швидкостей в різних групах швидкостей;

4) у другій, четвертій і шостій групах режимів вимушених коливань нелінійної дисипативної коливної системи фіксують і реєструють відповідні другу, четверту і шосту групи часових інтервалів і відповідні другу, четверту і шосту групи чисел циклів коливань при зміні амплітуди вимушених коливань досліджуваної конструкції від другого початкового значення до другого кінцевого значення при змінах частоти сигналу збуджувальної дії з другою, четвертою і шостою групами швидкостей зміни частоти по «N» значень швидкості в кожній групі швидкостей при постійній швидкості в кожній групі швидкостей і різними значеннями постійних швидкостей в різних групах швидкостей;

5) в першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групах режимів вимушених коливань нелінійної дисипативної коливної системи проводять фіксацію і реєстрацію першої, другої, третьої, четвертої, п'ятої і шостої груп нижніх частот і першої, другої, третьої, четвертої, п'ятої і шостої груп верхніх частот відповідно, що відповідають першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групі діапазонів частот, що відповідають першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групам режимів вимушених коливань по «N» діапазонів частот в кожній групі режимів вимушених коливань;

6) за допомогою обчислювально-вимірювального комплексу (комп'ютерної системи) проводять обробку множини зареєстрованих груп інформаційних сигналів і на підставі отриманих нових аналітичних співвідношень, що дають підставу для формування нових алгоритмів для реалізації нових технологічних операцій, проводять визначення оцінок інерційно-жорсткісних параметрів по s-ій нормальній координаті досліджуваного об'єкта (конструкції) при умові застосування джерела енергії обмеженої потужності при застосуванні асимптотичного методу теорії нелінійних коливань (методу Крилова-Боголюбова-



Митропольського) і формуванні регресійних залежностей для застосування методу найменших квадратів.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5

Спосіб визначення параметрів нелінійної дисипативної коливної системи, за яким формують шість режимів коливань нелінійної дисипативної коливної системи, в першому і другому режимах задають перше початкове і перше кінцеве, друге початкове і друге кінцеве значення амплітуди коливань відповідно, вимірюють перший і другий часові інтервали і числа циклів коливань в першому і другому часових інтервалах відповідно, перший раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливної системи і проводять вищевказану сукупність операцій по визначенню третього і четвертого часових інтервалів і чисел циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значення відповідно, другий раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливної системи і проводять вищевказану сукупність операційно визначенню п'ятого і шостого часових інтервалів і чисел циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значення відповідно, формують шість режимів коливань, як режими вимушених коливань, в кожному із шести режимів коливань фіксують значення нижніх і верхніх частот діапазонів частот, що відповідають змінам амплітуд вимушених коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення в першому, третьому і п'ятому режимах, від другого початкового до другого кінцевого значення в другому, четвертому і шостому режимах, причому зміну частоти сигналу вимушеної дії проводять із першою, другою, третьою, четвертою, п'ятою і шостою швидкостями для першого, другого, третього, четвертого, п'ятого, шостого режимів відповідно, який **відрізняється** тим, що додатково формують шість груп по "N-1" (N=3, 4, 5,...) режимів вимушених коливань нелінійної дисипативної коливної системи в кожній групі, в першій, третій і п'ятій групах режимів вимушених коливань задають перше початкове і перше кінцеве значення амплітуди вимушених коливань і проводять фіксацію і реєстрацію першої, третьої і п'ятої груп часових інтервалів по "N-1" значень в кожній групі часових інтервалів, першої, третьої і п'ятої груп чисел циклів коливань по "N-1" значень чисел циклів коливань в часових інтервалах кожної групи часових інтервалів відповідно, в другій, четвертій і шостій групах по "N-1" (N=3, 4, 5,...) режимів вимушених коливань задають друге початкове і друге кінцеве значення амплітуди вимушених коливань і проводять фіксацію і реєстрацію другої, четвертої і шостої груп часових інтервалів по "N-1" значень в кожній групі часових інтервалів, другої, четвертої і шостої груп чисел циклів коливань по "N-1" значень в кожній групі чисел циклів, в кожній групі із шести груп режимів фіксують і реєструють значення шести груп значень нижніх частот діапазонів частот по "N-1" значень в кожній групі і шести груп значень верхніх частот діапазонів частот по "N-1" значень в кожній групі відповідно шести групам режимів вимушених коливань, притому зміну частоти сигналу збуджувальної дії в першому, другому, третьому, четвертому, п'ятому і шостому режимах проводять із першою, другою, третьою, четвертою, п'ятою і шостою швидкостями відповідно, проводять оцінки значень частот  $\omega_{1s}$ ,  $\omega_{0s}$  вільних коливань лінійних дисипативної і консервативної породжувальних систем, інерційно-жорсткісних і дисипативних параметрів  $m_s$ ,  $c_s$ ,  $h_s$  відповідно по S-ій нормальній координаті на підставі аналітичних співвідношень:

45

$$\begin{aligned} \hat{\omega}_{1s} = & \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) \right] - \right. \\ & \left. - \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{1i} \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \right) \right] \right\}^* \\ & * \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{1i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N \Delta_{1i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \right\}^{-1}; \end{aligned}$$

або

$$\begin{aligned} \hat{\omega}_{1s} = & \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) \right] - \right. \\ & \left. - \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) \right] \right\} * \\ & * \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \right\}^{-1}; \end{aligned}$$

5

$$\begin{aligned} \hat{\omega}_{1s} = & \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) \right] - \right. \\ & \left. - \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) \right] \right\} * \\ & * \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t - \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \right\}^{-1}; \end{aligned}$$

або

$$\begin{aligned} \hat{\omega}_{1s} = & \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) \right] - \right. \\ & \left. - \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right) \right] \right\} * \\ & * \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \right\}^{-1}; \end{aligned}$$

10

$$\begin{aligned} \hat{\omega}_{1s} = & \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{2i} \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp2i} \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \right) \right] - \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) + \right. \\
 & \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp1i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) \right] * \\
 & * \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{2i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \right\}^{-1};
 \end{aligned}$$

або

$$\begin{aligned}
 \hat{\omega}_{1s} & = \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{4i} \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N n_{6i} \Delta_{6i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp4i} \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp6i} \Delta_{6i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \right) \right] - \right. \\
 & - \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t \left[ 2\pi \left( \sum_{i=1}^N n_{3i} \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N n_{5i} \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right) + \right. \\
 & \left. + \left( \sum_{i=1}^N \omega_{cp3i} \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t - \sum_{i=1}^N \omega_{cp5i} \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \right) \right] * \\
 & * \left\{ \sum_{i=1}^N \Delta_{3i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i} t - \sum_{i=1}^N \Delta_{3i}^2 t \sum_{i=1}^N \Delta_{4i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{5i} t \sum_{i=1}^N \Delta_{6i}^2 t \right\}^{-1};
 \end{aligned}$$

5

$$\hat{\omega}_{0s} = \sqrt{\left( \hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2 \right) \left( 1 + \hat{m}_s (\Delta_1 m)^{-1} \right)};$$

або

$$\hat{\omega}_{0s} = \sqrt{\left( \hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2 \right) \left( 1 + \hat{m}_s (\Delta_2 m)^{-1} \right)};$$

$$\hat{m}_s = \left[ \left( \hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2 \right) \left( \hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2 \right) (\Delta_1 m)^{-1} - \left( \hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2 \right) (\Delta_2 m)^{-1} \right];$$

$$\hat{c}_s = \left( \hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2 \right) \hat{m}_s \left( \hat{m}_s + \Delta_1 m \right) (\Delta_1 m)^{-1};$$

10

або

$$\hat{c}_s = \left( \hat{\omega}_{1s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2 \right) \hat{m}_s \left( \hat{m}_s + \Delta_2 m \right) (\Delta_1 m)^{-1};$$

$$\hat{h}_s = \sqrt{\hat{\omega}_{0s}^2 - \hat{\omega}_{1s}^2};$$

де  $\Delta_{1i} t, \Delta_{2i} t, \Delta_{3i} t, \Delta_{4i} t, \Delta_{5i} t, \Delta_{6i} t, (i = 1, 2, \dots, N)$  - перша, друга, третя, четверта, п'ята, шоста групи часових інтервалів;

15

$n_{1i}, n_{2i}, n_{3i}, n_{4i}, n_{5i}, n_{6i}, (i = 1, 2, \dots, N)$  - перша, друга, третя, четверта, п'ята, шоста групи чисел циклів коливань у відповідних групах часових інтервалів;

$\omega_{cp1i}, \omega_{cp2i}, \omega_{cp3i}, \omega_{cp4i}, \omega_{cp5i}, \omega_{cp6i}$  - перша, друга, третя, четверта, п'ята, шоста групи діапазонів частот, що відповідають першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групам часових інтервалів;

$$\omega_{cp1i} = 0,5(\omega_{H1i} + \omega_{B1i}), \quad \omega_{cp2i} = 0,5(\omega_{H2i} + \omega_{B2i}), \quad \omega_{cp3i} = 0,5(\omega_{H3i} + \omega_{B3i}),$$
$$\omega_{cp4i} = 0,5(\omega_{H4i} + \omega_{B4i}), \quad \omega_{cp5i} = 0,5(\omega_{H5i} + \omega_{B5i}), \quad \omega_{cp6i} = 0,5(\omega_{H6i} + \omega_{B6i});$$

$\omega_{H1i}, \omega_{H2i}, \omega_{H3i}, \omega_{H4i}, \omega_{H5i}, \omega_{H6i}$ , - перша, друга, третя, четверта, п'ята і шоста групи нижніх частот, що відповідають першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групам діапазонів частот;

- 5  $\omega_{B1i}, \omega_{B2i}, \omega_{B3i}, \omega_{B4i}, \omega_{B5i}, \omega_{B6i}$ , - перша, друга, третя, четверта, п'ята і шоста групи верхніх частот, що відповідають першій, другій, третій, четвертій, п'ятій і шостій групам діапазонів частот.

---

Комп'ютерна верстка М. Ломалова

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

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