

аналізується їх точність. Однак, для побудови реальних систем має велике значення швидкодія створених алгоритмів.

Було досліджено швидкодію найпопулярніших методів чисельного інтегрування кватерніонного рівняння і кінематичного рівняння Пуассона.

За методом прямокутників отримали: матриця Пуассона - 54 операції на такт; кватерніонне рівняння - 36 операцій на такт.

За методом трапецій: матриця Пуассона - 109 операцій на такт; кватерніонне рівняння - 73 операції на такт.

За методом Рунге-Кутти 2-го порядку: матриця Пуассона - 81 операція на такт; кватерніонне рівняння - 48 операцій на такт.

За методом Рунге-Кутти 4-го порядку: матриця Пуассона - 155 операцій на такт; кватерніонне рівняння - 82 операції на такт.

*Ключові слова:* алгоритми БІНС, швидкодія, метод Рунге-Кутти.

УДК 519.688

## **ПРО ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБРОБКИ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ БАГАТОКЛАСОВОЇ ДІАГНОСТИКИ СКЛАДНОЇ ОБЕРТОВОЇ СИСТЕМИ**

*Паздрій О. Я.*

*Національний технічний університет України*

*“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна*

*E-mail: [olgapazdri@gmail.com](mailto:olgapazdri@gmail.com)*

У роботі продовжується попередні дослідження та вдосконалення віброакустичної функціональної діагностики складної обертової системи, наприклад авіаційного газотурбінного двигуна під час його експлуатації.

Основним завданням моніторингу є багатокласова діагностика початкових несправностей системи в стаціонарному та нестаціонарному режимах. Важливим етапом моніторингу виступає обробка діагностичної інформації (ДІ) з метою виявлення ознак несправностей. В якості ДІ використовується низькочастотна вібрація та акустичний шум у діапазоні 0-10 кГц, результати обробки таких сигналів часто досить складні для інтерпретації, порівняння та прийняття рішення про технічний стан обертової системи.

У роботі пропонується застосування декілька рівнів обробки ДІ, заснованої на різних методах, з метою виявлення ознак несправностей та підвищення їх діагностичної цінності. Застосування вейвлет аналізу та безрозмірних пікових характеристик віброакустичних сигналів у [1], а також частотно-часовий аналіз та фрактальний аналіз (ФА) у [2] показали ефективність багаторівневої системи обробки віброакустичних сигналів для діагностики невеликих тріщиноподібних дефектів в лопатках обертової системи. У цій роботі ми пропонуємо застосувати біспектральний аналіз (БА) для обробки вібраційних сигналів на першому рівні обробки сигналу та ФА біспектральних контурних зображень на

другому рівні обробки сигналів з метою діагностики початкового дебалансу обертової системи.

Експериментальні дослідження вимушених коливань фізичної моделі (ФМ) обертової системи (крильчатка повітряного пускача) проводяться під час стаціонарного та нестаціонарного вібраційних режимів. Досліджено наступні два технічні стани ФМ: відсутність та наявність початкового дебалансу (додаткове навантаження невеликої ваги на одну лопатку).

Отримані результати порівняльного аналізу значень фрактальної розмірності Мінковського за умов відсутності та наявності дебалансу у всіх режимах роботи ФМ відображають ефективність застосування запропонованої багаторівневої обробки вібраційних сигналів.

*Ключові слова:* моніторинг технічного стану, газотурбінний двигун, тріщиноподібне пошкодження, віброакустичний сигнал, частотно-часовий аналіз, біспектральний аналіз, фрактальний аналіз.

#### **Література**

- [1] Н. І. Бурау, Л. Л. Яцко, О. М. Павловський, Ю. В. Сопілка, *Методи цифрової обробки сигналів для вібраційної діагностики авіаційних двигунів*. Київ, Україна: НАУ, 2012.
- [2] O. Pazdrii, N. Bouraou, “Two-level signal processing of vibroacoustical signals for condition monitoring of complex rotary systems”, *Proc. of NTSP* (2018), pp. 164-168.