

УДК 519.004:621.833

О. Паздрій, Н. Бурау, д.т.н, проф.

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Україна

ВДОСКОНАЛЕННЯ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ І КОНТРОЛЮ ДЛЯ БАГАТОКЛАСОВОЇ ДІАГНОСТИКИ АВІАЦІЙНОГО ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

Pazdrii O.Ya., Bouraou N.I., Dr.of Sc., Prof.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine.

IMPROVEMENT OF ON-BOARD CONTROL AND MONITORING SYSTEM FOR MULTI-CLASS DIAGNOSTICS OF AIRCRAFT GAS TURBINE ENGINE

Abstract. The work is devoted to the improvement of the on-board system of control of the aviation gas turbine engine by including a subsystem of multi-class diagnostics. Methodical, algorithmic and software was developed for the implementation of software components for subsystem of multi-class diagnostics. The defined methods of analysis of diagnostic information make it possible to determine features that reflect the initial processes of the development damages of various classes.

Авіаційний газотурбінний двигун (ГТД) є об'єктом, що характеризується складністю як конструкції, так і режимів та умов експлуатації. Основними силовими елементами конструкції ГТД є ротори (вали і диски з лопатками), пошкодження яких під час польоту створюють передумови льотної події та можуть призвести до нелокалізованих руйнувань двигуна і, за звичай, катастрофічних наслідків[1].

Забезпечення надійної та безаварійної експлуатації ГТД вимагає проведення моніторингу поточного технічного стану (ТС) двигуна та його роторних елементів на стаціонарних та нестаціонарних режимах експлуатації. Для останніх десятиліть в області розробки, доведення і експлуатації систем діагностики і контролю ГТД характерним є побудова комплексних автоматизованих систем контролю і діагностики двигуна які реалізуються за принципом структурного моніторингу (Structural Health Monitoring) [2,3]. Побудова та функціонування таких систем передбачає використання різних діагностичних методів, які у сукупності забезпечують багатокласову діагностику об'єкта з високою точністю. Також однією з головних вимог, що висуваються до засобів діагностики і контролю ГТД, є раннє виявлення пошкоджень і дефектів його найбільш вразливих конструктивних елементів, таких як вал ротора двигуна та лопатки робочих коліс (компресорів, турбін).

Вібраційні процеси що протікають в двигуні під час експлуатації містять в собі інформацію, що відображає його ТС. Висока інформативність вібраційних та акустичних сигналів, простота їх перетворення в електричні сигнали, можливість їх вимірювання та аналізу в умовах експлуатації обумовили застосування методів вібраційної та віброакустичної діагностики у комплексному підході до моніторингу та діагностики ГТД.

Початкові пошкодження двигуна майже не призводять до підвищення загального рівню вимірюваного нестаціонарного та майже хаотичного процесу. Застосування класичних методів спектрального та спектрально-кореляційного аналізу не забезпечує виділення інформативних складових з шумоподібних вібраційних сигналів. Тому постає необхідність застосування комплексу методів для реалізації багаторівневої обробки діагностичної інформації, що потребує обґрунтування і вдосконалення методів та алгоритмів аналізу складних шумоподібних вібраційних сигналів з метою визначення діагностичних ознак для ідентифікації ТС двигуна під час експлуатації.

Застосування різних комбінацій методів на основі статистичних та спектральних характеристик вищих порядків, частотно-часових перетворень, масштабно-часових

перетворень, фрактального аналізу показало свою ефективність для вирішення конкретних завдань багатокласової діагностики [4-7], тому саме на їх основі пропонується здійснювати багаторівневу обробку діагностичної інформації для багатокласової діагностики двигуна.

У роботі запропоновано та обґрунтовано вдосконалення бортової системи контролю вібрації (БСКВ) шляхом включення до її складу підсистеми багатокласової діагностики на основі багаторівневої обробки вібраційних та віброакустичних сигналів, що забезпечить розширення функціональних можливостей БСКВ та сприятиме ранньому виявленню небезпечних пошкоджень роторних елементів двигуна та небезпечних режимів експлуатації.

На рис.1. представлено функціональну схему вдосконаленої БСКВ двигуна. Підсистема багатокласової діагностики забезпечує додаткові рівні обробки діагностичної інформації за допомогою програмних алгоритмів, реалізованих на базі апаратних можливостей пристрою центрального обчислювача (ПЦО), в свою чергу пристрій контролю вібрації (ПКВ) забезпечує виділення критичних параметрів про ТС двигуна для запобігання передумов виникнення аварійних ситуацій.

Кожен окремий блок підсистеми багатокласової діагностики призначений для виявлення певного виду експлуатаційного пошкодження конструктивних елементів двигуна (валу ротора чи лопаток робочого колеса), чи відхилення від штатного режиму функціонування. Програмний алгоритм поєднує застосування різних методів обробки вібраційних сигналів для вирішення таких діагностичних завдань, як: діагностика тріщини валу ротора двигуна; діагностика тріщини в лопатках; ідентифікація дисбалансу лопатки робочого колеса; ідентифікація потрапляння в компресор силової турбіни (СТ) мілких та середнього розміру предметів; задирання лопаток компресора СТ двигуна.

Результати досліджень показали ефективність запропонованих підходів та методів, їх високу чутливість до зміни ТС об'єкта контролю. Отримані результати є новими і можуть бути використані для вдосконалення бортових систем керування і контролю ГТД.

Література.

1. Методи цифрової обробки сигналів для вібраційної діагностики авіаційних двигунів [Текст]: монографія / Н.І. Бурау, Л.Л. Яцко, О.М. Павловський, Ю.В. Сопілка. – К. : НАУ, 2012. – 152 с.
2. Adams D. Health Monitoring of Structural Materials and Components. Methods with Applications/ D. Adams. – John Wiley & Sons Ltd., 2007. – 475 p.
3. Adamowicz M. Advanced gas turbines health monitoring systems/ M. Adamowicz, G. Żywica// *Diagnostyka*. – 2018. – Vol.19,2. – pp. 77-87.
4. Pavlovskiy O. Multilevel vibration control system of aviation gas-turbine engines / O. Pavlovskiy, N. Bouraou, L. Iatsko//*Vibrations in Physical Systems*. – 2012. – Vol.25. – С. 323-328.
5. Pzdrii O. Vibroacoustic Condition Monitoring of the Complex Rotation System Based on Multilevel Signal Processing/ O. Pzdrii, N. Bouraou// *Vibrations in Physical Systems*. – 2020. – Vol.31. – No 2, 2020224. – pages: 7.
6. Bouraou N. Improvement of the vibration diagnostics of rotation shaft damage based on fractal analysis/ O. Pavlovskiy, O. Pzdrii.// *Vibrations in Physical Systems*. – 2016. – Vol. 27. – pp. 61-66.
7. Бурау Н.І. Фізичне моделювання та діагностика попадання сторонніх предметів в обертову систему/Н.І. Бурау, О. Паздрій// *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2021. – №4/173 – спецвипуск 1 – С. 62-67.

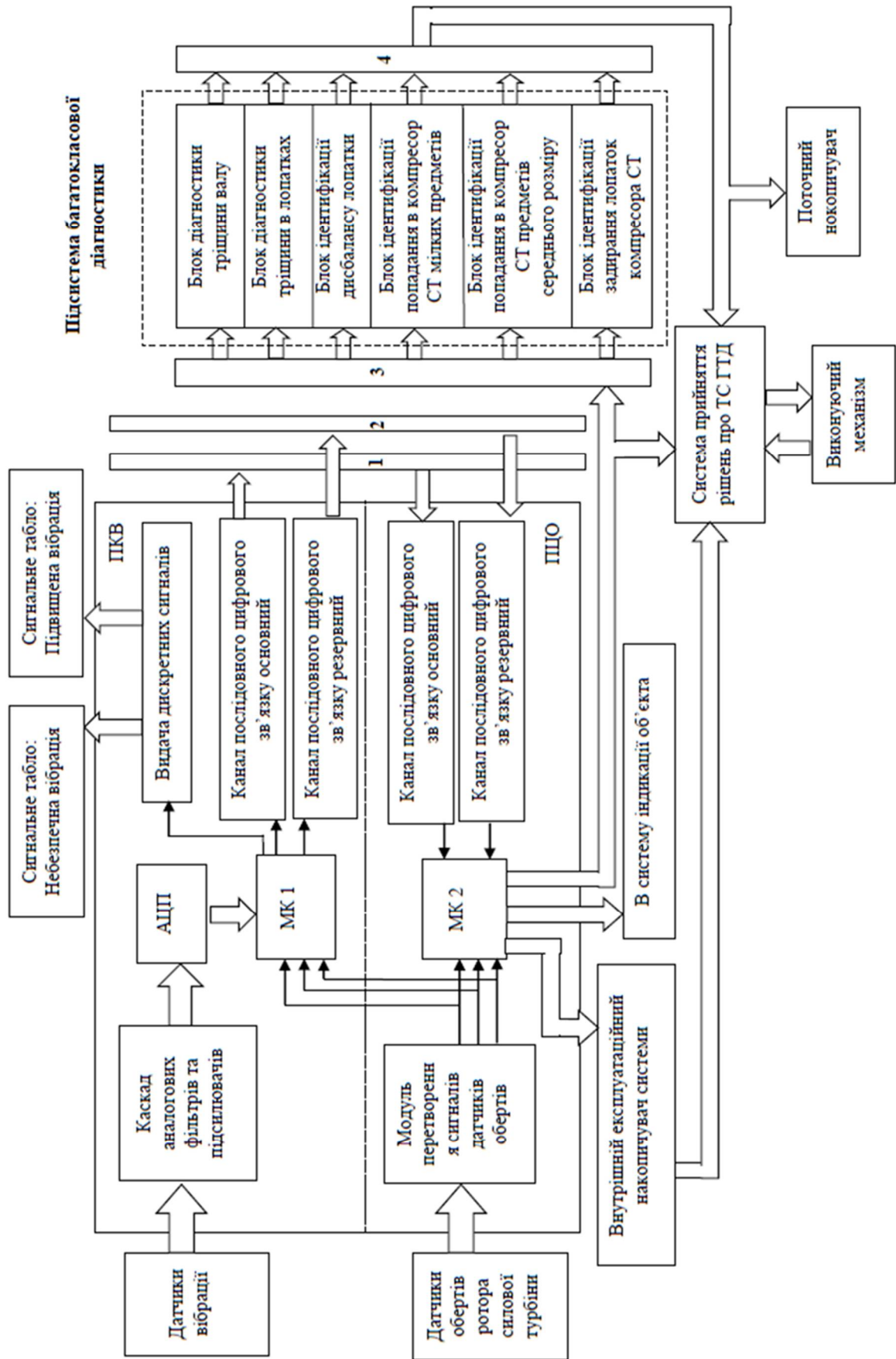


Рис.1. Функціональна схема вдосконаленої бортової системи контролю вібрації двигуна