УДК 629.7.03:681.5.03

К. В. Максимюк, В. С. Чорний

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ПРОТИПОМПАЖНОГО ЗАХИСТУ АВІАЦІЙНОГО ДВИГУНА ЛІТАКА СУ-25 ШЛЯХОМ ІНТЕГРАЦІЇ СУЧАСНИХ ЦИФРОВИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ

Анотація. *З метою підвищення надійності функціонування системи протипомпажного захисту авіаційного двигуна Р-95Ш літака Су-25 пропонується інтегрувати сучасні цифрові методи обробки сигналів для своєчасного виявлення передумов виникнення помпажу та підвищення швидкодії діагностування. В основу вдосконалення процесу роботи системи, а особливо при веденні бойових дій для якісного контролю стану виконавчих блоків пропонується застосування новітніх цифрових рішень і використання перших похідних робочих параметрів, що дозволяє зменшити час діагностування на 40-120 мс залежно від режиму функціонування.*

Ключові слова: *повітряне судно, авіаційний двигун, система протипомпажного захисту, цифрові засоби контролю, діагностування.*

Annotation. *In order to improve the operational reliability of the anti-surge protection system of the R-95H aircraft engine installed on the Su-25 aircraft, it is proposed to integrate modern digital signal processing methods to enable timely detection of the precursors of compressor surge and improve diagnostic response speed. To improve the system operation process, especially during combat operations for high-quality control of executive units, it is proposed to use the latest digital solutions and the first derivatives of operating parameters, which reduces the diagnosis time by 40-120 ms depending on the operation mode.*

Keywords: *aircraft, aviation engine, anti-surge protection system, digital control tools, diagnostics.*

Технічна експлуатація повітряних суден повинна забезпечувати підтримання їхньої справності та працездатності, а також готовності до бойового застосування в умовах ведення бойових дій, що є одним із найважливіших завдань експлуатації авіаційної техніки [1]. Під час експлуатації авіаційного обладнання при веденні бойових дій на нього впливають різноманітні фактори: механічні, кліматичні, температурні, хімічні та інші. Неусталені режими роботи газотурбінних двигунів (ГТД), що характеризуються зміною витрати повітря в часі, створюють певні труднощі під час експлуатації [2]. При помпажі виникають періодичні коливання тиску і витрати повітря в поздовжньому та радіальному напрямках, що характеризуються малою частотою та великою амплітудою [2, 3]. Відбувається зрив потоку повітря зі спинок лопаток компресора, а вихрова пелена повністю заповнює міжлопаточні канали, через що компресор перестає подавати повітря в камеру згоряння [2].

Визначення напрямків підвищення ефективності процесу відновлювальних робіт та вдосконалення бортових систем для усунення пошкоджень ПС під час ведення бойових дій є основним завданням керівного інженерно-технічного складу авіаційних частин [1]. Причиною виникнення помпажу можуть бути збільшення температурної та тискової нерівномірності (наприклад, при потраплянні струменя гарячих газів під час запуску ракет чи в зоні дії вибухової хвилі), руйнування або відрив лопаток робочого колеса компресора, потрапляння сторонніх предметів, сильний боковий вітер при запуску двигуна на аеродромі, а також збої в роботі системи керування двигуном або регульованого повітрозабірника [3]. За час від моменту виникнення помпажу до його усунення ефективний тиск повітря на виході компресора може впасти до 60% від робочого, а температура в камері згоряння піднятися на 18-19%, досягаючи критичних значень від 380 до 420 градусів Цельсія [2]. Багаторазове повторення циклів помпажу спричиняє зростання термічних і механічних навантажень на елементи газотурбінного двигуна. За збігу частоти збуджувальних коливань із власною частотою коливань робочих лопаток може виникнути резонанс, що підвищує ризик їх руйнування та, як наслідок, пошкодження газотурбінного двигуна [2].

Для усунення помпажних явищ та підвищення швидкодії систем діагностування пропонується використовувати малоінерційні датчики (зокрема, пірометри спектрального відношення для вимірювання температури газу за камерою згоряння за 2 мс замість інерційних термопар, час реакції яких становить секунди) та аналіз перших похідних ключових параметрів [2]. Зокрема, досліджуються перші похідні температури газу, різниці тисків на вході і виході компресора та кутової швидкості ротора турбіни, які порівнюються з пороговими значеннями, що динамічно й функціонально залежать від миттєвої витрати палива G, висоти польоту та швидкості літального апарата. Використання перших похідних дозволяє зафіксувати передумови виникнення аварійного режиму завчасно та зменшити загальний час діагностування на 40-120 мс залежно від поточного режиму функціонування [2]. Для забезпечення високої надійності та виключення хибних спрацьовувань при відмові окремих датчиків використовується мажоритарне голосування за виходом за порогові значення перших похідних принаймні двох параметрів у мікропроцесорному контролері [2, 4].

У разі спрацьовування системи сигнал від мікропроцесорного контролера миттєво передається до системи індикації для сповіщення екіпажу, до протипомпажної системи керування для активації виконавчих механізмів, а також до блоку реєстрації параметрів для подальшого аналізу польотної інформації [3]. Загалом, інтеграція сучасних цифрових засобів контролю та використання аналізу перших похідних робочих параметрів дозволяє істотно підвищити надійність і швидкодію протипомпажного захисту авіаційних двигунів, суттєво покращуючи безпеку польотів та експлуатаційну надійність авіаційної техніки в екстремальних умовах бойового застосування.

Список використаних джерел:

1. Основи організації експлуатації і ремонту озброєння та військової техніки / за ред. Мацько О.Й. Київ : НУОУ, 2018. 400 с.

2. Керівництво з технічної експлуатації двигуна Р-95Ш. Розд. 80 «Система запуску». МО України, службова документація.

3. Гречанін В. П. Газотурбінні двигуни: навч. посібник. Київ : НАУ, 2018. 240 с.

4. Кравченко О. І. Конструкція та експлуатація силових установок ЛА. Львів : ЛНУ, 2020. 210 с.

Максимюк Катерина Василівна *– курсант інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail: katerinamaksimuk69@gmail.com.*

Чорний Владислав Сергійович *– викладач кафедри авіаційного обладнання літаків і вертольотів інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, email: vladchornui9@gmail.com, ORCID* https://orcid.org/0009-0006-6206-6189.

Maksimiuk Kateryna Vasylivna *– cadet from the Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St. 77/79, Ind 61009, e-mail: katerinamaksimuk69@gmail.com.*

Vladyslav Serhiiovych Chornyi *– lecturer, Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St. 77/79, email: vladchornui9@gmail.com, ORCID* https://orcid.org/0009-0006-6206-6189.