

Підвищення газодинамічної стійкості газотурбінного двигуна шляхом застосування вентилятора з поворотним робочим колесом

В роботі розглядається дослідження можливостей підвищення запасу газодинамічної стійкості турбореактивного двоконтурного двигуна за рахунок конструкції поворотного робочого колеса при дотриманні існуючих масогабаритних характеристик вузла вентилятора та двигуна в цілому.

Питання газодинамічної стійкості в авіаційних двигунах завжди займало одну з головних областей досліджень. Адже саме стійка робота двигуна на нерозрахункових та перехідних режимах роботи – одна з головних цілей конструювання. Одним із основних напрямків підтримання газодинамічної стійкості двигуна є керування кутом атаки на лопатях вентилятора в турбореактивних двоконтурних двигунах.

Одними з перших методів керування газодинамічною стійкістю та підвищенням коефіцієнта корисної дії (ККД) турбогвинтових двигунів було винайдення гвинтів не змінного та змінного кроку. Перші дають змогу змінити на землі крок гвинта, підстроївши його кути атаки для потреб майбутнього польоту. Гвинти змінного кроку дають можливість регулювати кута атаки безпосередньо під час польоту, тобто керувати потоком безпосередньо під час перехідних режимів (приземлення, зліт) та безпосередньо змінюючи кута атаки від висот польоту [1]. Це дало змогу здійснювати експлуатацію турбогвинтового двигуна з максимальними характеристиками та керувати газодинамічною стійкістю, тобто запобігти обертювим зривам на лопатках двигуна.

Для турбореактивних, турбовальних, турбореактивних двоконтурних двигунів на даному етапі відомий і широко розповсюджений метод підвищення запасу газодинамічної стійкості – використання поворотних напрямних апаратів. Але сучасні турбореактивні двоконтурні двигуни п'ятого та шостого покоління, за для зменшення ваги вузла вентилятора та масогабаритних характеристик двигуна в цілому, відмовились від вхідного напрямного апарату.

Підвищення запасу газодинамічної стійкості компресора забезпечується застосуванням різних протитомпажних пристроїв (клапани перепуску повітря, стрічки перепуску повітря), дво- та тривальна конструкція двигунів. Дослідження в області перепуску повітря описано в науковій статті [2]. Проведене дослідження показало, що у навколосвокових умовах роботи в міжлопаткових каналах області з низькою швидкістю закальмовуються і і усуваються ударною хвилею.

Особливої уваги заслуговує застосування методів активного та пасивного керування примежовим шаром. Одним з таких методів є описаний в

статті [3] контроль за допомогою вихрегенераторів. Вихрові генератори добре відомі як пасивні пристрої керування примежовим шаром. У цьому дослідженні використовуються два нетрадиційні типи вихрових генераторів і досліджується їх вплив. Досліджені вихрегенератори викликають незначне збільшення втрат повного тиску, виявлено значне зниження коефіцієнта поверхневого тертя на нижній торцевій стінці лопатки. За оцінками, це скорочення становить близько 46% при використанні дублетів та 32% при використанні поперечних важелів.

Теоретичне дослідження даного питання було проведено Північно китайським університетом електроенергетики [4]. В статті описано вивчення впливу аномального кута установки лопаті на механізм спонукання зриву, що обертається для досягнення активного управління обертовим зривом в осьовому вентиляторі. На основі функції значення дросельної заслінки і SST k - ω модель турбулентності, проведено чисельне моделювання нестационарного процесу перебігу в зривному стані осьового вентилятора з регульованими лопатками, а також розглянуто механізм впливу аномального кута скосу одиночної лопатки ротора другого ступеня (рис. 1) на індукване положення та тип виникнення процесу еволюції обертового зриву.

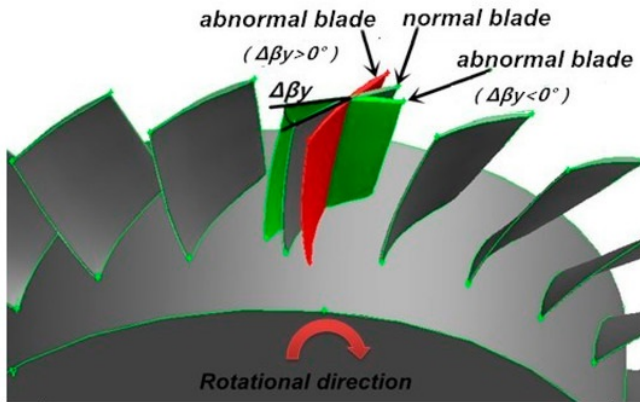


Рис. 1. Схема змінного кута лопатки [4]

Втрата газодинамічної стійкості, яка призводить до обертового зриву чи навіть помпажу авіаційного двигуна, може викликати руйнуючі вібрації. Проведені дослідження Національним аерокосмічним університетом «Харківського авіаційного інституту» на кафедрі конструкції авіаційних двигунів дають змогу, проаналізувавши вібро сигнали, попередити передпомпажний стан двигуна [5]. Показано, що гармоніка обертового зриву, є стійкою, значно виділяється на фоні шумів, це дозволяє використати її для діагностування обертового зриву, як передвісника помпажу.

Опираючись на дослідження приведені в джерелах вище, створення вентилятору з можливістю зміни положення лопаток робочого колеса,

розкриває нам шляхи збільшення ККД двигуна, за рахунок зменшення витрат енергії, тобто палива, при установці близького до оптимального кута лопаток робочого колеса. Керування кутом атаки дає можливість активного управління потоком повітря на вході до першого ступеня компресора, що в подальшому зменшує ризики виникнення обертового зриву та явища помпажу.

Основним завданням вентилятору з поворотним робочим колесом є забезпечення стабільної роботи турбореактивного двоконтурного двигуна на перехідних та нерозрахункових режимах. Дане рішення можна віднести до протипомпажного пристрою, який не змінить або в незначній мірі змінить масогабаритні характеристики турбореактивного двоконтурного двигуна.

Список літератури

1. Александров В.Л. Воздушные винты. Государственное издание оборонной промышленности 1951 г.
2. Mo-Ru Song, Bo Yang Analysis on the unsteady flow structures in the tip region of axial compressor. School of Mechanical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China Том: 235 випуск: 6, стр.: 1272-1287
3. Boundary Layer Control of an Axial Compressor Cascade Using Nonconventional Vortex Generators Ahmed M. Diaa, Mohammed F. El-Dosoky, Mahmoud A. Ahmed, Omar E. Abdel-Hafez.; 9 pages
4. Effects of the Second-Stage of Rotor with Single Abnormal Blade Angle on Rotating Stall of a Two-Stage Variable Pitch Axial Fan by Lei Zhang, Liang Zhang, Qian Zhang, Kuan Jiang, Yuan Tie and Songling Wang School of Energy, Power and Mechanical Engineering, North China Electric Power University,
5. Чигрин В. С., Епифанов С. В., Мохаммадсадеги Ф. Исследование методов обнаружения неустойчивых режимов работы осевых компрессоров с использованием анализа вибраций Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2015. - № 6(7). - С. 23-34. - Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2015_6%287%29_5
6. Авиационный двухконтурный турбореактивный двигатель АИ-25: Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию Автор не указан. — М.: Машиностроение, 1980. — 185 с.
7. Теорія теплових двигунів за ред. Ю.М. Терещенка, Київ «Вища школа» 2001 р., 282с.