



Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

УДК 629.7.036.3

МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛЯ ШВИДКОСТІ ПОВІТРЯ У КАМЕРІ ПІДШИПНИКА ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

А. В. Ковальов, І. І. Петухов, М. С. Гуманов

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Підвищення параметрів термодинамічного циклу авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД) і зменшення розмірів конструкції призводять до збільшення частоти обертання ротора, термічного та динамічного навантаження на деталі та ускладнює умови їхнього охолодження. Особливо напруженими в цьому відношенні є підшипникові вузли роторів. Тому критично важливим є достовірне визначення процесу теплообміну в камері підшипника під час їх розробки та експлуатації. Це завдання ускладнюється наявністю обертового повітряно-масляного потоку [1]. Найбільш значущі ефекти взаємодії фаз та впливу частоти обертання валу виявляються при русі крапель у кільцевому проміжку між валом та внутрішньою стінкою статора камери підшипника. Такий рух може описуватися як двовимірний при попередньому визначенні поля швидкості повітря. При цьому важливо якомога точніше описати вплив частоти обертання валу на поле окружної швидкості повітря.

При нерухомому зовнішньому циліндрі окружна швидкість повітря в проміжку збільшується від нуля на його поверхні до швидкості обертання поверхні валу. У такому випадку значний вплив на потік спричиняє поле масових сил та режим його течії, який визначається числом Тейлора [2]. Для ламінарної течії профіль окружної швидкості визначається відомим аналітичним рішенням Куетта [2]. Тороїдальні вихори реалізуються тільки на перехідному режимі при числах Тейлора менше 400.

Для розвиненого турбулентного режиму, який найбільш характерний для камери підшипника ГТД, такі вихори відсутні. Однак визначити поле окружної швидкості повітря аналітично неможливо. В даній роботі для цього використовується класичний підхід, коли течія в ядрі потоку об'єднується з прикордонним шаром. Для ядра потоку розглядається потенційна вихрова течія [2], а для пристінкової області використовується двохшарова апроксимація [3] «в'язкий підшар + логарифмічний шар» з універсальними безрозмірними профілями швидкості. При цьому швидкість течії та динамічна швидкість, яка визначається дотичною напругою, розраховуються для валу з урахуванням його обертання.

Пристінні шари «зрощуються» при значенні $11,57$ безрозмірної відстані від стінки, а координата стиковки логарифмічного шару з ядром складає 50 . Коефіцієнт пропорційності для шляху турбулентного змішування дорівнює $0,4$.



Отриманий профіль окружної швидкості враховує геометрію кільцевого простору та внесок обертання валу, добре узгоджується з експериментальними даними [4] (рис.1). При необхідності, точність можна додатково підвищити за рахунок корекції координати стиковки логарифмічного граничного шару з ядром потоку.

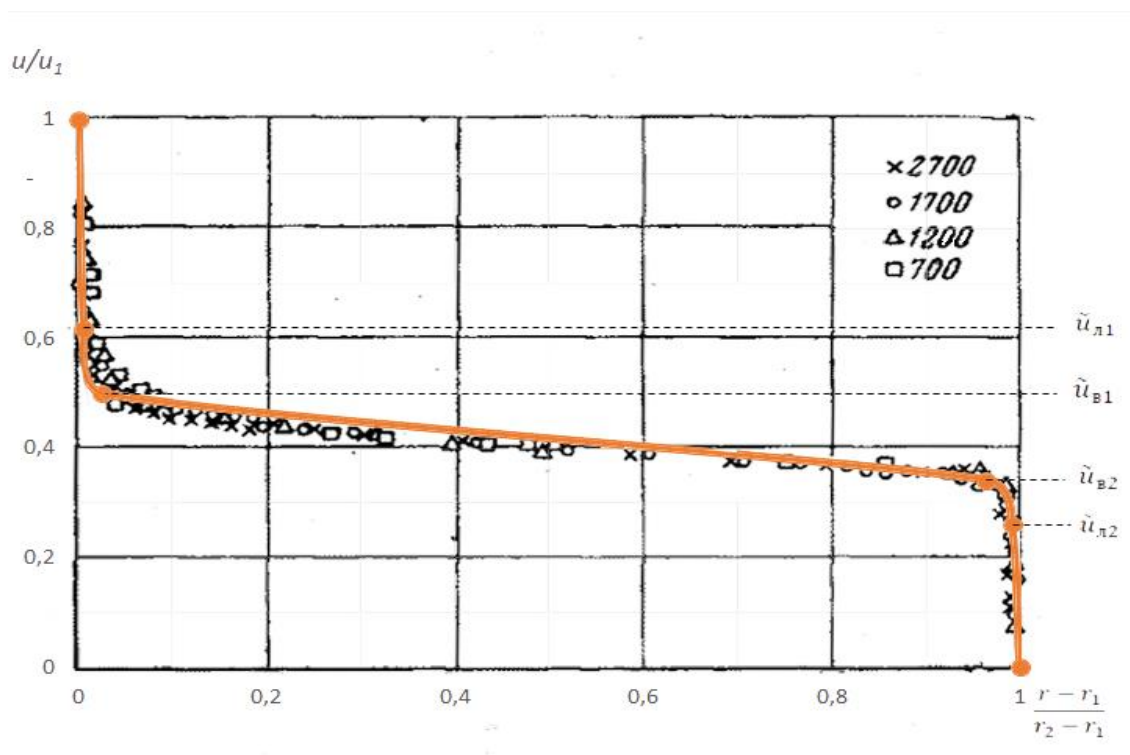


Рис. 1 – Профіль окружної швидкості повітря для камери [4]

Перелік використаних джерел

1. Busam, S. Internal bearing chamber wall heat transfer as a function of operating conditions and chamber geometry [Text] / S. Busam, A. Glahn, S. Wittig // J. Eng. Gas Turbines Power. – 2000. – №. 122(2). – P. 314-320.

2. Щукин, В. К. Теплообмен и гидродинамика внутренних потоков в полях массовых сил [Текст] / В. К. Щукин. – М. : Машиностроение, 1970. – 332 с.

3. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа [Текст] / Л. Г. Лойцянский. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.

4. Устименко, Б. П. О гидродинамике потока в кольцевом канале с внутренним вращающимся цилиндром [Текст] / Б. П. Устименко, В. Н. Змейков // ТВТ, 1964. – Т. 2, Вып. 2. – С. 250–259.