

УДК 629.7.036.3

І.І Петухов, А.В. Ковальов

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТІННОЇ МАСЛЯНОЇ ПЛІВКИ В КАМЕРІ ПІДШИПНИКА ГТД

Достовірний опис робочого процесу в камері підшипника (КП) є необхідною умовою при проектуванні підшипникового вузла ГТД. Вирішення цієї задачі ускладнюється складною геометрією КП та наявністю повітряно-масляного потоку, що обертається. Структура потоку змінюється від повітряно-крапельної у ядрі до практично рідинної у пристінній масляній плівці. Гомогенна модель VOF у складі ANSYS FLUENT не враховує відмінності властивостей фаз і тому не може описувати їхню сепарацію у такому потоку. В разі використання гетерогенної моделі Eulerian при тривимірному CFD-моделюванні доводиться застосовувати суттєві спрощення для зменшення розрахункового часу, а також стає необхідним використовувати модель EWF для масляної плівки. Але навіть у такому випадку необхідні значні обчислювальні ресурси, а самі результати потребують, як мінімум, вибіркового експериментального підтвердження.

Коефіцієнт тепловіддачі до внутрішньої стінки камери є найбільш затребуваною характеристикою зазначеного процесу. Основний механізм перенесення теплоти з ядра в пристінну область пов'язаний з радіальним потоком крапель, а термічний опір пристінної масляної плівки визначальним чином впливає на величину внутрішнього коефіцієнта тепловіддачі. Тому мета роботи полягає в удосконаленні математичної моделі течії пристінної масляної плівки в камері підшипника ГТД.

Параметри масляної плівки визначаються комплексною дією стінки КП, прилеглого потоку повітря та крапель, які випадають на плівку. Однією з основних проблем при моделюванні масляної пристінної плівки є визначення режиму її течії та відповідних критеріальних рівнянь. Більшість з них засновані на поздовжній координаті пластини і не можуть бути застосовані в даному випадку, тому що вони не враховують особливості геометрії камери

підшипника. Єдино придатним є використання товщини плівки як визначального параметру. Обґрунтовано можливість перенесення течії плівки в розряд такої, яка відбувається в плоскій трубі з великою шириною, по відношенню до висоти. Це дозволяє не тільки врахувати геометричні особливості камери підшипника, але і використовувати також відповідні числа Рейнольдса та рівняння подібності для еквівалентної течії. Перевагою такого підходу є те, що течії у трубах досліджені більш детально і у широкому діапазоні критеріїв подібності.

У сукупності з використанням двошарової моделі для прикордонної області та концепції аналогії процесів переносу це дозволило сформувати цілісну математична модель плівки, яка може використовуватися при вирішенні двовимірних задач опису робочого процесу у камері підшипника газотурбінного двигуна. Вона враховує всі складові, що визначають формування, рух та теплообмін пристінкової масляної плівки і не містить обмежень на вигляд поперечного профілю параметрів, які є, наприклад, для моделі EWF масляної плівки у складі ANSYS FLUENT. Профілі швидкості та температури визначаються теплофізичними властивостями мастила та гідродинамічним режимом плівки, при ідентифікації якого використовується узагальнена умова початку прояву турбулентності при безвідривній течії.

Одержані результати у поєднанні з моделлю повітряно-крапельного потоку у ядрі дають цілісну двовимірну модель газорідного потоку в камері підшипника ГТД, яка дозволяє врахувати основні геометричні та всі режимні параметри при визначенні коефіцієнту тепловіддачі до внутрішньої стінки камери. У певному сенсі ця модель є компромісом між тривимірною гетерогенною моделлю Eulerian, що вимагає значних обчислювальних ресурсів, та критеріальними співвідношеннями, що лише формально узагальнюють конкретні експериментальні дані з теплопередачі.