

CFD-МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ СТРУМЕНЕВОГО АПАРАТУ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ПРОТИБЛЕДЕНІННЯ ЛІТАКА

Система кондиціювання та протибledenіння відіграє важливу роль в ефективній і надійній роботі літака та двигуна. Відбір повітря з двигуна при 250 кПа і 450 К зазвичай використовується для підтримки комфортного середовища для пасажирів, пілотів, вантажу, а також для запобігання обledenінню зовнішніх поверхонь літака і двигуна. Одним з найменш досліджених елементів таких систем є струменевий апарат або ежектор. Передача кінетичної енергії від одного потоку до іншого через безпосередній контакт є загальною рисою робочого процесу струменевих пристроїв. Ежектори, що застосовуються в системі кондиціювання та протибledenіння, використовують рівнофазні пружні середовища без фазових переходів. Основні компоненти ежектора включають первинне сопло, камеру всмоктування, камеру змішування, трубку горла постійної площі і дифузор. За рахунок різниці тисків між потоками вторинний потік прискорюється, «всмоктується» основним.

Математичний опис процесів всередині струменевого апарату дуже складний через складність рівнянь збереження маси, енергії та імпульсу, рівняння стану, деяких ізентропійних співвідношень і припущень, які необхідні для опису поточкорозподілу в камері змішування. Використання коректних співвідношень дозволяє розрахувати характеристики ежектора, визначити критичні режими його роботи.

CFD-моделювання використовується для вирішення більшості технічних проблем, оскільки воно забезпечує краще розуміння характеристик потоку та процесів теплообміну. Задача додатково ускладнюється через комплексність процесів у камері змішування, високу швидкість потоків, суттєві зміни параметрів перехідного процесу. Незважаючи на ці домінуючі ефекти, багато існуючих CFD-досліджень процесів у струменевих пристроях розглядають проблему лише частково або мають обмежені припущення.

Базова система рівнянь для нерівноважного двофазного потоку з міжфазним енергомасообміном базується на використанні рівнянь нерозривності, збереження імпульсу та енергії для кожної фази. Неоднорідний по нормалі потік поблизу криволінійної стінки визначає параметри на вході в дифузор. При цьому задається висота його щілини. На етапі попереднього моделювання достатньо використовувати двовимірну модель, оскільки геометрія струменевого апарату представляє собою профільований плоский канал з досить великою шириною. Детальне CFD-моделювання буде здійснюватися на основі нестационарного вирішувача Pressure Based Solver, моделі турбулентності Realizable k-ε з використанням пакету ANSYS Fluent. Для оцінки достовірності результатів чисельного моделювання ентропія потоку та максимально досяжні параметри ежектора будуть контролюватись з інтегральним врахуванням ударних і хвильових втрат у камері змішування.

Сформована двовимірна математична модель двофазного потоку в ежекторі дозволяє розрахувати основні параметри робочого процесу та більш надійно проектувати такі пристрої. Удосконалена CFD-модель робочого процесу струменевого апарату дозволить інженерам прогнозувати характеристики потоку на всіх режимах роботи та зрештою підвищити ККД двигуна.