

А.М. Левченя

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
Санкт-Петербург, 195251, Политехническая, 29

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА В ОБЛАСТИ СОЧЛЕНЕНИЯ ПЛАСТИНЫ И ЗАКРЕПЛЕННОГО НА НЕЙ СИММЕТРИЧНОГО ТЕЛА С УТОЛЩЕННОЙ ЛОБОВОЙ ЧАСТЬЮ

Известно, что при натекании на трехмерное препятствие движущегося вдоль гладкой стенки потока происходит локальный, обусловленный возникающим перед препятствием встречным градиентом давления, отрыв пограничного слоя, в результате чего поток разворачивается, и образуется система обтекающих тело трехмерных вихрей подковообразной формы. Топология формирующихся структур зависит от числа Рейнольдса и относительной толщины пограничного слоя в подходящем потоке. Интерес к структуре течения, возникающего перед препятствием, обусловлен широким кругом приложений - от опорных конструкций до задач авиационной промышленности. Такая конфигурация может, в частности, рассматриваться как модель сочленения крыла и фюзеляжа.

В докладе представлены результаты численного моделирования турбулентного течения и торцевого теплообмена в области сочленения снабженного обтекателем кругового цилиндра и плоской пластины. Расчеты выполнены при условиях, соответствующих экспериментам [1].

Представляемые расчеты трехмерного течения выполнены в рамках модели несжимаемой вязкой жидкости на основе системы стационарных трехмерных уравнений Рейнольдса и осредненного уравнения энергии. Число Рейнольдса, построенное по диаметру цилиндра, равно 24 400. Для расчетов использовались пакет внутреннего пользования SINF [2] и коммерческий пакет ANSYS-CFX. Применялась SST-версия модели турбулентности Ментера.

В дополнение к детальному анализу топологии развивающегося в области сочленения течения, общая программа трехмерных расчетов включала и исследование влияния измельчения расчетной сетки, как по нормали к торцевой стенке, так и в параллельных этой стенке плоскостях. При постановке расчетов учтены результаты предыдущих исследований аналогичных задач, где анализировались эффекты нестационарности и влияние искусственной симметризации течения.

Расчетные сетки содержали от 600 тысяч до 5 миллионов ячеек, со значительным сгущением сеточных линий в области сочленения цилиндра и стенки. Параметры пограничного слоя в подходящем к препятствию потоке соответствовали наблюдавшимся в экспериментах [1]. Для корректного задания распределения скорости и характеристик турбулентности во входном сечении расчетной области, расположенном на нескольких калибрах выше по потоку от цилиндра, производился предварительный расчет двумерного пограничного слоя.

В результате расчетов с использованием двух программных комплексов получены решения, хорошо согласующиеся с данными экспериментов. Применение модели Ментера позволяет разрешить множественные подковообразные вихри вблизи препятствия. При измельчении сетки положение основного подковообразного вихря меняется, приближаясь к наблюдавшемуся в экспериментах. Решения, полученные с помощью двух пакетов, близки между собой при использовании сходных по степени детализации сеток. При этом пакет CFX предъявляет более высокие требования к размеру пристенных ячеек сетки.

Особенности торцевой теплоотдачи связаны со структурой пристенного течения, и также весьма чувствительны к качеству расчетных сеток. Распределения числа Стантона, полученные на наиболее подробных сетках, находятся в удовлетворительном согласии с экспериментальными.

Список литературы

1. Praisner, T.J. and Smith, C.R., 2006, "The Dynamics of the Horseshoe Vortex and Associate Endwall Heat Transfer – Part II: Time-Mean Results" ASME J. Turbomach., Vol. 128 pp. 755-762.
2. Смирнов Е.М., Зайцев Д.К. Метод конечных объемов в приложении к задачам гидродинамики и теплообмена в областях сложной геометрии // Научно - технические ведомости СПбГПУ. - 2004. - № 3. - с. 70-81.

NUMERICAL SIMULATION OF TURBULENT FLOW AND HEAT TRANSFER IN THE JUNCTURE OF A PLATE AND A SYMMETRIC THICKENED-NOSE BODY

A.M. Levchenya

Saint-Petersburg State Polytechnic University,
Polytechnicheskaya 29, 195251 St. Petersburg, Russia