РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА НА ПЛАСТИНЕ В ОБЛАСТИ СКАЧКА УПЛОТНЕНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ FLOWVISION

А.А. Аксенов, С.В. Жлуктов, М.А. Якунов
ООО «ТЕСИС», г. Москва, info@flowvision.ru

Представлены результаты расчета стационарного отрывного течения воздуха, возникающего на поверхности пластины с установленным на ней острым клином с углом 15° при числе Маха набегающего потока M = 5. Клин находится на некотором расстоянии от передней кромки пластины.

Ударная волна, индуцируемая клином, вызывает отрыв пограничного слоя от поверхности пластины. При этом формируются линии отрыва и присоединения потока. В окрестности линии первичного присоединения потока резко усиливается теплообмен.

Экспериментальные исследования по данной задаче проведены в ФАУ «ЦАГИ» в АДТ УТ-1М. Применяется метод люминесцентных преобразователей температуры [1] ЛПТ. Измеряется распределение температуры поверхности модели в заданные моменты времени после начала эксперимента и определяется тепловой поток в приповерхностном слое, коэффициент теплоотдачи и число Стантона St.

Расчёты проводятся в программном комплексе FlowVision [2]. Начальные и граничные условия соответствуют условиям эксперимента. Решаются полные уравнения Навье-Стокса с моделью турбулентности SST без применения пристеночных функций. Расчетный шаг по времени соответствует $CFL \sim 20$. Применяется расчетная сетка с подсеточным разрешением геометрии и локальной динамической адаптацией. Около пластины сетка измельчается до достижения значений $y^+ < 1$. Дополнительно адаптируется пограничный слой около поверхности клина, зона скачка, зона отрыва и зона присоединения потока. Исследование сходимости результатов по сетке показало, что необходимая точность решения задачи достигается при размерности сетки в 7,5 млн. ячеек.

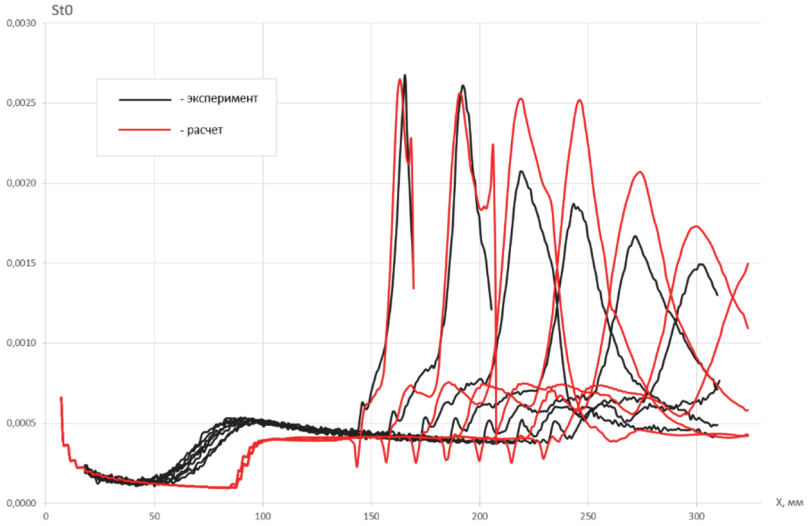

Рис. 1. Распределения числа Стантона в контрольных (вертикальных) сечениях

Полученная в расчётах картина течения качественно согласуется с экспериментом. В продольных контрольных сечениях, приближенных к клину, отличие количественно составляет не более 5%, увеличиваясь по мере удаления до 35%.

Результаты сравнения эксперимента и моделирования неоднозначны. Получить картину течения, полностью согласующуюся с экспериментом, не удалось. Основные отклонения рассчитанных величин от экспериментальных данных наблюдаются на удалении от клина. Возможной причиной отклонений может быть изотермическое граничное условие для уравнения энергии, установленное на клине и на пластине. На следующем этапе работы предполагается решить данную задачу в сопряженной постановке с учетом теплообмена между воздухом и пластиной. При этом сравнивать не тепловые потоки, а температуры, которые непосредственно определяются в эксперименте в разные моменты времени. Авторы полагают, что такой подход к изучению течения является более корректным с точки зрения физики.

Литература

1. Мошаров В.Е., Радченко В.Н. Измерение полей тепловых потоков в трубах кратковременного действия с помощью люминесцентных преобразователей температуры // Ученые записки ЦАГИ, 2007. – Т. XXXVIII, № 1–2. – С. 94–101.
2. Аксёнов А.А. FlowVision: Индустриальная вычислительная гидродинамика // Компьютерные исследования и моделирование. – 2017. – Т. 9, № 1. – С. 5-20.