

533.6(049.3)

**ЧИСЛЕННЫЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ**

Proceedings of Symposium on Numerical and Physical Aspects of Aerodynamic Flow. II/Ed. T. Cebeci.— New York; Berlin; Heidelberg; Tokyo: Springer-Verlag, 1984.— 416 p.

Второй симпозиум по численным и физическим аспектам исследования аэродинамических течений состоялся в Калифорнийском университете (Лонг-Бич) с 17 по 20 января 1983 г. В его работе приняли участие 120 исследователей из девяти стран.

В сборнике представлены двадцать три из сорока восьми работ, обсуждавшихся на симпозиуме, а также обзорная статья Т. Себеси, К. Стюартсона и Дж. Уайтлоу, спе-

циально подготовленная для этого издания. Основное внимание в нем уделяется описанию вычислительных методов исследования двумерных задач, связанных с обтеканием профилей различного типа дозвуковыми и околосзвуковыми течениями, особенно вблизи зоны отрыва.

В классических методах расчета потоков обтекания обычно предполагается, что действие вязкости жидкости проявляется лишь в непосредственной близости от профиля. При этом распределение давления получают на основе решения уравнений, описывающих потенциальное течение идеальной жидкости, а расчет лобового сопротивления независимо осуществляется, исходя из уравнений турбулентного пограничного слоя.

Такая процедура, однако, имеет весьма ограниченную область применимости и не эффективна, например для описания явлений отрыва, возникающих в случае обтекания профилей сложной формы или при больших углах атаки. Для околосзвуковых скоростей обтекания дополнительные трудности связаны с возникновением ударных волн в «невязкой» части течения и их взаимодействием с пограничным слоем. Статьи, помещенные в этом сборнике, дают ясное представление о том, как такие трудности удается в какой-то степени преодолеть благодаря использованию современной вычислительной техники и методов расчета.

Сборник состоит из четырех частей. В первой части представлены статьи, в которых расчеты, связанные с исследованием неравновесных потоков и явлений отрыва пограничного слоя, основаны на использовании усредненных уравнений Навье — Стокса (работы Деверта, Рубина, Хорстмана, Брэдшоу и др.). В работах второй части расчет дозвуковых потоков обтекания (при слабо выраженных явлениях отрыва) осуществляется за счет такой модификации классического подхода, которая позволяет учесть в некоторой степени взаимодействие между «вязкой» и «невязкой» частями течения, в частности, когда уравнения пограничного слоя решаются одновременно с уравнениями динамики идеальной жидкости (работы Мак-Дональда, Себеси и др.). В статьях третьей части соответствующая модификация классического метода используется для расчета околосзвуковых потоков обтекания профилей в зависимости от числа Маха, угла атаки и других факторов (работы Уайтфилда, Мермана, Дрелла, Чека и др.). Статьи, посвященные аналитическим методам расчета дозвуковых и околосзвуковых потоков обтекания профилей с осциллирующей задней кромкой, составляют основное содержание четвертой части. При этом развивается трехслойная теория пограничного слоя, предложенная К. Стюартоном (1969), в котором малым параметром является $\epsilon = Re^{-1/8}$, Re — число Рейнольдса, соответствующее размерам профиля (работы Дюка, Хуанга и др.).

Из результатов, полученных в статьях этого сборника, следует, что описание явлений сильного отрыва наиболее предпочтительно производить на основе расчета по усредненным уравнениям Навье — Стокса. В свою очередь и этот подход связан с необходимостью введения подгоночных параметров типа коэффициентов турбулентной вязкости; соответственно результаты расчетов оказываются неуниверсальными и сильно зависящими от выбора модели турбулентности. Кроме того, используемые при расчетах конечно-разностные методы неизбежно сопряжены с введением процедур отсекаания высоких гармоник, отвечающих мелкомасштабной турбулентности. Это также является важным фактором, ограничивающим предсказуемость эйлеровых характеристик течения из-за наличия сильного взаимодействия между движениями различных масштабов в развитом турбулентном потоке при больших числах Рейнольдса. Поэтому во многих работах сборника большое внимание уделяется апробации используемых моделей на основе сравнений с экспериментальными данными. В него включены также три экспериментальные работы (Рэндер, Столлери; Адайр, Томпсон, Уайтлоу; Накаяма), в которых представлены измерения характеристик давления и скорости, полученные с помощью различного типа анеометров и лазерных измерителей скорости.

Сборник хорошо оформлен и иллюстрирован. Его обширная библиография насчитывает 417 наименований, а содержание статей может представлять интерес для специалистов в области аэродинамики.

С. Г. Чефранов