

533.6(049.3)

**ТРУДЫ СИМПОЗИУМА ПО ЧИСЛЕННЫМ
И ФИЗИЧЕСКИМ АСПЕКТАМ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ**

Proceedings of a Symposium on Numerical and Physical Aspects of Aerodynamic Flows/Ed. Tuncer Cebeci.— New York; Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1982.— 636 p.

В реферируемом сборнике представлены материалы докладов, прочитанных на симпозиуме, который состоялся с 19 по 21 января 1981 г. в Калифорнийском университете. Сборник состоит из пяти глав.

Глава «Вычислительная гидродинамика» открывается статьей Н. В. Keller'a. Автор призывает к использованию при численном решении задач гидродинамики методов продолжения, которые широко применяются в механике твердого тела, а также в математике при доказательстве теорем существования решения. Возможности метода демонстрируются на примерах задач о каверне, где автору удалось продвинуться до чисел Рейнольдса 10^4 , и о течении между вращающимися дисками. Несколько статей раздела посвящены разработке методов численного интегрирования системы уравнений Навье — Стокса. В этой же главе приводятся результаты исследования устойчивости течения в плоском канале с учетом эффектов нелинейности и пространственного характера возмущений. Значительное внимание уделяется проблеме моделирования турбулентных течений в рамках подхода, основанного на аккуратном расчете эволюции крупных вихревых образований с использованием достаточно подробных сеток и на приближенном моделировании так называемых подсеточных структур, характерный размер которых меньше шага расчетной сетки.

Второй раздел сборника озаглавлен «Взаимодействующие стационарные пограничные слои». В обзорной статье К. Stewarson'a представлены новые результаты, полученные с помощью асимптотических методов при числах Рейнольдса, стремящихся к бесконечности. В качестве достижений рассматривается обобщение вышеупомянутого подхода на случай пространственных течений, а также применительно к турбулентному пограничному слою. Анализируя результаты, относящиеся к обтеканию задней кромки пластины и к отрыву на передней кромке тонкого профиля, автор отмечает вопросы, не нашедшие должного объяснения в рамках существующих теорий отрывного обтекания. Значительное место в этом же разделе занимают работы по совершенствованию методов численного решения задач, возникающих при описании взаимодействия пограничного слоя с внешним невязким потоком, а также при использовании трехпалубной модели. Представлен обзор методов численного интегрирования «параболизованной» системы уравнений Навье — Стокса. Серьезное внимание уделяется вопросам сильного взаимодействия турбулентного пограничного слоя с внешним невязким потоком. В частности, следует отметить задачи о течении в окрестности задней кромки профиля, угол заострения которой отличен от нуля, а также о падении скачка уплотнения на пограничный слой при трансзвуковых скоростях внешнего потока.

Центральное место в третьей главе «Особенности в нестационарных пограничных слоях» занимает обсуждение проблемы нестационарного отрыва и критериев отрыва. Наряду с известным критерием отрыва, предложенным в работах Moore — Rott'a — Sears'a, по аналогии с пространственным стационарным случаем Wang'ом вводится новый критерий. Кроме того, предприняты численные исследования, цель которых изучить структуру течения при наличии зоны обратных токов и дать ответ на вопрос о существовании особенности в решении уравнений пограничного слоя. В частности, представлены результаты численного решения задачи о цилиндре, мгновенно приведенном в движение, полученные с использованием лагранжевых переменных и чрезвычайно подробных расчетных сеток.

Ряд статей четвертой главы «Трансзвуковые течения» посвящен изложению методов расчета. В обзоре зарубежных исследований, выполненных в этом направлении в последнее время, особое внимание уделяется учету эффектов нестационарности и вязкости. Основываясь на перспективах развития вычислительной техники, авторы обзора прогнозируют круг задач аэродинамики самолета, решение которых станет возможным в 80-х годах. В этом же разделе широко представлены результаты, полученные с использованием асимптотических методов для крыльев большого и малого удлинения. Развивается новый подход, позволяющий анализировать трансзвуковые течения со скачками уплотнения в рамках метода возмущений. Кроме того, рассматриваются вопросы моделирования взаимодействия скачка уплотнения с пограничным слоем. Исследуется влияние выдува струи вдоль верхней поверхности профиля на его аэродинамические характеристики при трансзвуковом обтекании. Изучаются возможности использования концепции адаптируемой стенки для создания необходимого режима течения в аэродинамической трубе.

Значительный интерес вызывает пятая глава «Экспериментальная гидродинамика». Данные, полученные при тщательном экспериментальном исследовании некоторых типов течений, могут служить основой при создании и проверке соответствующих теоретических моделей. В качестве примера отметим следующие работы. С использованием современных методов были измерены профили средней скорости и напряжений Рейнольдса в пристеночной области, включая зону отрывного течения, при взаимодействии скачка уплотнения с турбулентным пограничным слоем для трансзвуковых скоростей внешнего потока. Сопоставление с расчетными данными свидетельствует о несовершенстве применявшихся при сравнении моделей турбулентности. Приведены результаты экспериментального исследования нестационарного пограничного слоя, а также процесса образования вихрей при резком отклонении сдвигового слоя, вызванном, например, натеканием пограничного слоя на препятствие. Принимая во внимание существование крупных вихревых структур (так называемых когерентных структур), автор одной из статей предлагает новую модель для турбулентного слоя смещения, учитывающую в определенной степени нестационарность потока. Рассматривается столь сложное явление, как динамический срыв на лопасти вертолета. Высказываются соображения о возможных причинах его возникновения.

Труды симпозиума представляют большой интерес для специалистов в области аэрогидродинамики и численных методов механики сплошной среды.

В. И. Копченов