

Конкурс имени профессора Н.Е. Жуковского 2012 года

ПРЕМИЯ II СТЕПЕНИ В ОБЛАСТИ МЕХАНИКИ, АЭРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА

«Исследование нестационарных процессов в аэродинамических трубах»

В.А. Лебига, В.Н. Зиновьев, С.М. Босняков, А.И. Иванов

*(Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича
Сибирского отделения Российской академии наук,
Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского)*

Цикл работ посвящен комплексному подходу к измерению пульсаций в сжимаемых потоках с помощью термоанемометра. С этой целью были решены взаимосвязанные задачи: развит метод термоанемометрических измерений, включающий создание термоанемометров постоянного тока, позволяющих проводить измерения пульсаций в сложных экспериментальных условиях сжимаемых потоков; предложены способы определения чувствительности датчика термоанемометра, в том числе при транс- и сверхзвуковых скоростях потока; практически на все случаи сжимаемых течений распространена методика диаграмм пульсаций, устанавливающая связь между выходным сигналом термоанемометра и пульсациями разных мод (вихревыми, энтропийными, акустическими). Несмотря на важность решения всех перечисленных задач, наиболее значимым достижением авторов является разработка метода диаграмм пульсаций для сжимаемых дозвуковых течений, так как впервые получены диаграммы пульсаций для плоских акустических волн при дозвуковых скоростях; диаграммы пульсаций для точечного источника акустических возмущений; диаграммы пульсаций для источников акустических возмущений, распределенных в потоке и на поверхности; а также диаграммы пульсаций при сверхзвуковых скоростях потока для акустических возмущений, не являющимися волнами Маха; установлен параметр диаграммы пульсаций, определяющий моду пульсаций во всем диапазоне скоростей.

Выполнены исследования характеристик пульсаций в трансзвуковых и сверхзвуковых аэродинамических трубах разного типа. Приведены примеры практического применения полученных результатов для улучшения характеристик пульсаций потока в рабочих частях высокоскоростных аэродинамических труб. Уровень возмущений достигает наибольших значений в зоне смешения, что фиксируется одновременно и акустическими и термоанемометрическими датчиками и свидетельствует о наличии крупномасштабных вихревых структур высокой интенсивности. Основными источниками низкочастотных возмущений являются отрывные течения, формирующиеся в зоне смешения, а аномально высокий уровень пульсаций в КД показывает, что главным каналом распространения акустических пульсаций вверх по потоку является камера

давления. Установка тонкой демпфирующей сетки, отсекающей верхние части щелей от КД, является достаточно эффективным средством подавления акустических пульсаций в рабочей части трубы, и в особенности ее низкочастотной составляющей.

Разработаны расчетные методы математического описания и моделирования процессов в рабочей части аэродинамической трубы. Выполнена валидация разработанных методов и показано, что они адекватно описывают локальные и осредненные нестационарные характеристики потока в рабочих частях аэродинамических труб. Полученные данные позволили получить картину визуализации течения — распределение параметров потока. С помощью проведенных численных исследований получены характеристики пульсаций в рабочей части аэродинамической трубы с проницаемыми стенками. Установлено, что причиной возникновения низкочастотных пульсаций является неоптимальный выбор установочных геометрических характеристик (в частности, углов отклонения) элементов конструкции рабочей части.

Важной задачей является реализация идеи «виртуальной» аэродинамической трубы, что позволит существенно сократить необходимые предварительные и поисковые исследования и снизить затраты на дорогостоящие эксперименты в крупных аэродинамических трубах. Это требует интеграции экспериментальных данных и расчетных методов, их валидации для математического описания и моделирования процессов в рабочей части аэродинамической трубы. Выполненные исследования и результаты данной работы являются значительным вкладом в разработку трансзвуковых «виртуальных» аэродинамических труб.

Таким образом, авторским коллективом сотрудников Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН и Центрального аэрогидродинамического института им. проф. Н.Е. Жуковского выполнены комплексные исследования нестационарных процессов в рабочих частях аэродинамических труб как экспериментальными методами, так и с использованием современных вычислительных технологий.