

532.517.4(049.3)

ТУРБУЛЕНТНЫЕ СДВИГОВЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Turbulent Shear Flows. 4: Selected Papers from the Fourth International Symposium on Turbulent Shear Flows. University of Karlsruhe, Karlsruhe, FRG, September 12—14, 1983/Eds L. J. S. Bradbury, F. Durst, B. E. Launder, F. W. Schmidt, J. H. Whitelaw.— Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1985.—397 p.

Международные симпозиумы по турбулентным сдвиговым течениям (т. е. турбулентным течениям с градиентом средней скорости, перпендикулярным ее направлению) систематически проводятся раз в два года, начиная с 1977 г. Вместо публикации полных «Трудов», включающих все заслушанные на симпозиуме сообщения, организаторы этих конференций с самого начала решили ограничиться подготовкой для печати лишь части докладов, группирующихся вокруг нескольких основных тем, меняющихся, вообще говоря, от симпозиума к симпозиуму. Такие «Избранные труды» первого и второго симпозиумов были в свое время изданы и в переводе на русский язык (см. ¹⁻²); на этом, к сожалению, публикация русских переводов соответствующих сборников остановилась. Избранные труды 3-го симпозиума вышли в свет в 1982 г. ³, а рецензируемый здесь сборник включает наиболее интересные доклады, заслушанные на 4-м симпозиуме (5-й симпозиум состоялся в августе 1985 г. в Корнеллском университете в США; его «Труды» еще не появились).

Сборник включает 27 статей, разбитых на четыре тематических раздела; помимо того каждый раздел содержит еще и небольшое введение, в котором суммируются основные результаты входящих в него статей. Раздел 1 посвящен общим вопросам теории турбулентности; он открывается интересной статьей Шерцера и Лавджоя (D. Schertzer, S. Lovejoy) об особенностях атмосферной турбулентности, рассматриваемой в очень широком интервале частот. Здесь обсуждается, в частности, вопрос об особенностях перехода от мелкомасштабной существенно трехмерной атмосферной турбулентности к крупномасштабной двумерной (точнее говоря, квазидвумерной) турбулентности и о необычных («фрактальных», т. е. связанных с возникновением турбулентных образований дробной размерности) свойствах мелкомасштабной турбу-

лентности в атмосфере, объясняемых ее чрезвычайно сильной перемежаемостью (чередованием турбулентных и нетурбулентных областей). В следующей статье Вайетса, Бетке и Бужине (H. Viets, R. J. Bethke, D. Bougine) описываются результаты экспериментального исследования поведения линейного вихря, генерируемого в течении, ограниченном плоской стенкой; содержащиеся здесь данные важны для изучения вихревых структур в пристенной области турбулентного пограничного слоя. Последующие статьи раздела 1 посвящены теоретическому изучению приближенных методов замыкания уравнений динамики турбулентности: Эйнанд и Поуп (M. S. Anand, S. V. Pope) прилагают к расчету диффузии тепла от нагретой проволоки в изотропной турбулентности два метода замыкания уравнения для совместной плотности вероятности пульсаций скорости и температуры, опирающиеся на две разные нестрогие гипотезы; Шолле (J. P. Chollet) обсуждает важный вопрос о замыкании спектральных уравнений для мелкомасштабных пульсаций скорости, позволяющем моделировать движения «подсеточного масштаба» при расчетах турбулентных течений на ЭВМ, требующих замены непрерывных гидродинамических полей набором их значений в узлах некоторой сетки; Яника и Кольман (J. Janicka, W. Kollmann) исследуют вопрос об учете перемежаемости турбулентности в рамках «замыканий второго порядка» (использующих точные уравнения для средних гидродинамических полей и прилагающих нестрогие «гипотезы замыкания» только к уравнениям для вторых моментов турбулентных пульсаций); Этстед и Ламли (D. Ettestad, J. L. Lumley) анализируют применимость «замыканий второго порядка» к закрученным турбулентным течениям, а Декейзер и Лаундер (I. Dekeyser, B. E. Launder) рассматривают расчет на основе некоторого «замыкания второго порядка» плоской турбулентной нагретой струи с асимметричным профилем скорости.

Раздел 2 называется «Свободные турбулентные течения»; большая часть содержащихся здесь статей излагает данные экспериментальных исследований таких течений. Осака, Ямада и Накамура (H. Osaka, H. Yamada, J. K. Nakamura) рассказывают про детальные измерения статистических характеристик турбулентных пульсаций в следе за «крестом», образованным двумя пересекающимися круговыми цилиндрами; Кояма (H. S. Koyama) изучает влияние кривизны линий тока на ламинарный и турбулентный следы за цилиндром в искривленном потоке; Лейхтер и Солиньяк (O. Leuchter, J. L. Solignac) исследуют эволюцию сильно завихренных турбулентных следов в течении с тормозящим градиентом среднего давления, способствующим распаду индивидуальных вихрей; Шокр, Киффер и Коуол (M. Shokr, J. F. Keffer, J. G. Kawall) описывают результаты измерений статистических свойств поверхности, разделяющей турбулентную и нетурбулентную зоны течения, в ближнем следе за двумя параллельными круговыми цилиндрами разного диаметра, а Фабрис и Накаяма (G. Fabris, A. Nakayama) посвящают свою статью результатам тщательных измерений статистических свойств пульсаций компонент скорости u и v (и особенно значений произведения uv , порождающего напряжение Рейнольдса — $\rho(uv)$, где ρ — плотность жидкости, а угловые скобки служат символом осреднения) в плоском турбулентном следе за длинным цилиндром. Помимо того в раздел 2 входит также статья Циолакиса, Краузе и Мюллера (E. P. Tsiolakis, E. Krause, U. R. Müller) об экспериментальном и теоретическом изучении взаимодействия следа за цилиндром, помещенным вблизи от плоской стенки, с турбулентным пограничным слоем, образующимся при обтекании этой стенки, и работа Налласами и Хуссейна (M. Nallasamy, A.M.K.F. Hussain) о численном исследовании явления подавления синусоидальных возмущений в плоском слое смешения двух параллельных потоков с разными скоростями.

Третий раздел посвящен турбулентным пограничным слоям; как и разделы 1 и 2, он включает 7 работ. Статья Иритани, Касаги и Хираты (Y. Iritani, N. Kasagi, M. Hirata) содержит сводку данных тонких измерений структуры поля температуры в примыкающей к стенке зоне турбулентного пограничного

слоя с теплопередачей; полученные здесь результаты показывают, что в этой зоне поведение пульсаций температуры во многом напоминает значительно лучше изученное поведение в той же зоне пульсаций продольной скорости. Ряд статей раздела 3 относится к исследованию усложненных турбулентных пограничных слоев: так Мак и Смитс (R. C. Muck, A. J. Smits) рассказывают о экспериментальном изучении взаимодействия пограничного слоя сжимаемого газа с ударными волнами; Нецу, Накагава и Томинага (I. Nezu, H. Nakagawa, A. Tominaga) исследуют ячеистые вторичные течения в прямоугольном лотке при различных отношениях ширины к глубине, а Ханялич и Стошич (K. Hanjalić, N. Stošić) и Рамаприан, Тью и Менендес (B. R. Ramapriyan, S. W. Tu, A. N. Menendez) посвящают свои статьи периодически нестационарным турбулентным течениям в трубах и пограничных слоях. Наконец, еще две работы раздела 3, принадлежащие Ниче, Тюнкеру и Хабберляндю (W. Nitsche, R. Thünker, C. Haberland) и Ачарье и Эскюдье (M. Acharya, M. P. Escudier), содержат обсуждение методов измерений турбулентного напряжения трения вблизи стенки, до сих пор относящегося к числу тех важных характеристик турбулентности, значения которых очень трудно определить с удовлетворительной точностью.

Заключительный раздел 4 называется «Течения реагирующих газов»; содержащиеся здесь материалы хорошо дополняют работы, собранные в известном сборнике⁴, недавно появившемся в русском переводе. Входящие в этот раздел статьи Диббла и Шефера (R. W. Dibble, R. W. Schefer), Луквуда и Столакиса (F. C. Lookwood, P. Stolakis), Ашерста, Керстейна, Эффельсберга и Петерса (W. T. Ashurst, A. R. Kerstein, E. Effelsberg, N. Peters), Борghi и Пурбэ (R. Borghi, E. Pourbaix) и Бигстейла и Магнуссена (S. Buggstfyll, B. F. Magnussen) все посвящены экспериментальному или же (главным образом) теоретическому исследованию турбулентного горения. Единственная не связанная непосредственно с горением работа этого раздела, принадлежащая Мадфорду и Билджеру (N. R. Mudford, R. W. Bilger) описывает результаты измерений, относящихся к турбулентному смешению двух химически реагирующих друг с другом газовых потоков.

Полиграфически сборник издан очень хорошо. Как и предыдущие сборники этой серии, он содержит много интересного для специалистов материала и дает достаточно полное представление о современном состоянии исследований в одной из наименее изученных и в то же время очень важных для приложений областей гидроаэродинамики.

А. М. Яглом

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Турбулентные сдвиговые течения. 1/Под. ред. Ф. Дурста, Б. Е. Лаундера, Ф. В. Шмидта, Дж. Г. Уайтлоу.— М.: Машиностроение, 1982.
2. Турбулентные сдвиговые течения. 2/Под ред. Л. Дж. С. Брэдбери, Ф. Дурста, Б. Е. Лаундера, Ф. В. Шмидта, Дж. Г. Уайтлоу.— М.: Машиностроение, 1983.
3. Turbulent Shear Flows. 3/Eds L. J. S. Bradbury, F. Durst, B. E. Launder, F. W. Schmidt, J. H. Whitelaw.— Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1982.
4. Турбулентные течения реагирующих газов/Под. ред. П. А. Либби, Ф. А. Вильямса.— М.: Мир, 1983.