XXXIII Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. Ч.IV : С.124-126
© Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2005

УДК 532.517.4

Д.М.Денисихина (асп., каф. ГАД), М.Х.Стрелец, д.ф.-м.н., проф.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ ТУРБУЛЕНТНОЙ СТРУИ, ИСТЕКАЮЩЕЙ В ПРЯМОУГОЛЬНУЮ ПОЛОСТЬ

На примере расчета течения, возникающего при истечении плоской струи в прямоугольную полость (“тупик”), проведено сопоставление возможностей различных подходов к численному моделированию автоколебательных турбулентных течений, характеризующихся глобальными квазипериодическими колебаниями всех параметров потока.

Выбор для анализа именно этой постановки объясняется двумя причинами. Во-первых, наличие автоколебаний в системах с аналогичной геометрией может использоваться в различных технических приложениях (вентиляция и кондиционирование помещений, камеры сгорания, расходомеры и т.п.) для интенсификации процессов тепломассопереноса без применения подвижных механических узлов. Во-вторых, согласно имеющимся экспериментальным данным и результатом численных исследований [1], в зависимости от конкретных геометрических и режимных параметров (в первую очередь, от положения среза сопла относительно стенок) в полости могут реализовываться как стационарные, так и автоколебательные режимы течения. В последнем случае наблюдаются глобальные квазипериодические изменения структуры потока в целом (колебания струи с поочередным “прилипанием” к нижней и верхней стенке полости). В сочетании с относительно простой геометрией, это делает данное течение удобным объектом для оценки применимости различных подходов к моделированию турбулентности при расчете течений рассматриваемого класса.

Расчеты выполнены для двух режимов: статистически стационарного и автоколебательного. В обоих случаях для описания турбулентности используются три подхода: метод моделирования крупных вихрей (LES) в сочетании с подсеточной моделью Смагоринского и стационарные и нестационарные уравнения Рейнольдса (SRANS и URANS) в сочетании с двумя известными дифференциальными моделями турбулентности.

На рис. 1 представлены рассчитанные с использованием различных подходов профили продольной составляющей скорости в трех сечениях полости, расположенных на расстояниях 0.05м, 0.25м и 0.45м от ее торца, соответственно.

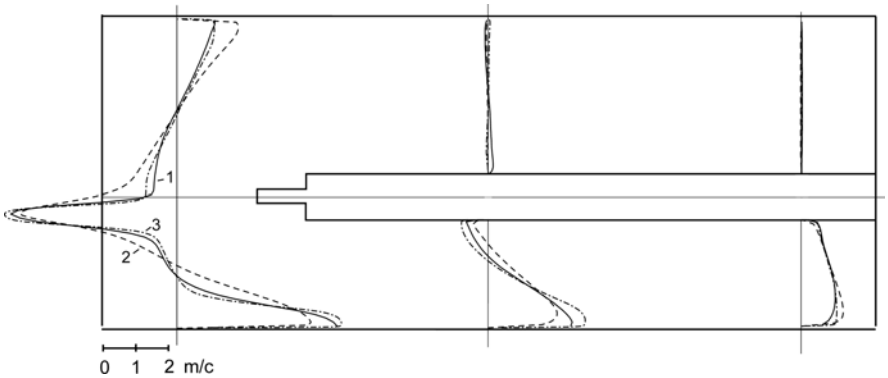

Рис. 1. Профили продольной составляющей скорости в трех сечениях потока для режима 1, рассчитанные с помощью различных подходов к моделированию турбулентности: 1 – результаты

LES, осредненные по времени и третьей координате; 2, 3 – расчеты SRANS с использованием модели турбулентности ν_t-92 и квадратичной k-ε модели, соответственно.

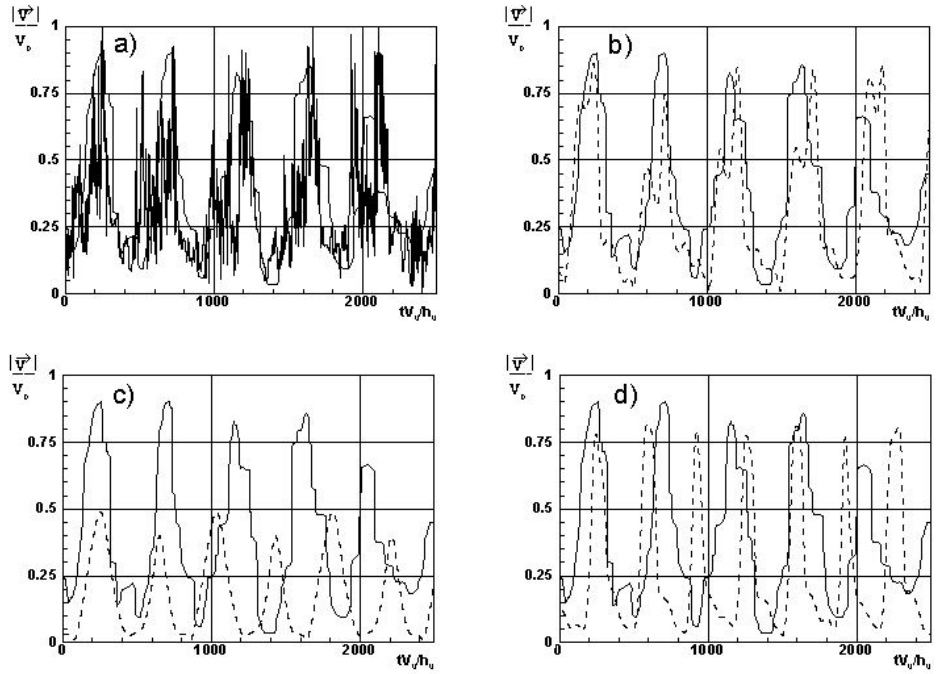

Рис. 2. Сравнение экспериментальной зависимости от времени модуля вектора скорости для режима 2 в точке, расположенной вблизи плоскости симметрии полости (сплошная линия), с соответствующими расчетными зависимостями для режима 2, полученными с использованием различных подходов к моделированию турбулентности: a – LES, b и d – 3D URANS и 2D URANS (квадратичная *k*-ε модель турбулентности), c–2D URANS (модель турбулентности ν_t-92).

Видно, что результаты SRANS и LES неплохо согласуются между собой, однако нелинейная *k*-ε модель турбулентности имеет в этом смысле некоторое преимущество перед моделью ν_t-92, причем наиболее существенно это преимущество проявляется в сечении, расположенном вблизи торцевой стенки, где происходит резкое изменение как пульсационных, так и осредненных характеристик течения.

Для второго (автоколебательного) режима стационарное решение уравнений Рейнольдса удается получить только при проведении расчетов в половине области с использованием условий симметрии, а в рамках двух других подходов решения оказываются нестационарными. При этом характеристики течения, рассчитанные с помощью LES и URANS, существенно отличаются друг от друга, а в случае URANS зависят также от используемой модели турбулентности. Наилучшие результаты с точки зрения предсказания амплитудно-частотных характеристик автоколебаний дают LES и трехмерные URANS (рис. 2). Аналогичный вывод можно сделать и в отношении параметров осредненного течения. С этой точки зрения наихудшими оказываются результаты расчетов с привлечением условий симметрии на геометрической плоскости симметрии течения.

В целом, исследования, проведенные в настоящей работе, свидетельствуют о том, что нестационарные уравнения Рейнольдса, по крайней мере, в сочетании с некоторыми моделями турбулентности, могут использоваться для моделирования автоколебательных струйных течений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Matoui A., Schiestel R. and Salem A.J. Flow, Turbulence and Combustion. 2001. V.67. №4. P.267-304.