

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:

<https://stuservis.ru/referat/416101>

Тип работы: Реферат

Предмет: Моделирование систем

Оглавление

Введение 3

1. Обзор существующих численных методов для моделирования турбулентных течений 4

2. Модели турбулентности в газовой динамике 12

3. Общие подходы к созданию структурированных сеток 17

Заключение 22

Список использованной литературы 23

Обзор существующих численных методов для моделирования турбулентных течений

Прямое численное моделирование (DNS)

Суть этого метода состоит в решении трехмерных нестационарных уравнений Навье-Стокса с использованием пространственных сеток и шагов интегрирования по времени, достаточных для разрешения всех существенных для рассматриваемого течения. Этот метод является максимально строгим. Он базируется на предположении о применимости уравнений Навье-Стокса для описания турбулентных течений. Однако для его реализации необходимо использовать очень мелкие сетки, количество узлов которых должно резко увеличиваться с ростом числа Рейнольдса. [2]

В рамках этого метода необходимо разрешить наиболее мелкие вихри, имеющие характерный размер " η " $\eta_k = (\nu^3/\epsilon)^{1/4}$. Зависимость количества узлов сетки в одном направлении от числа Рейнольдса можно оценить следующим образом:

$$N \sim L/\eta \sim \nu^{(-3)/4} \sim Re^{3/4}$$

Поскольку DNS требует трехмерного нестационарного расчета, стоимость расчета пропорциональна общему количеству узлов сетки и количеству шагов по времени пропорциональна Re^3 . Это означает, что при увеличении числа Рейнольдса в 2 раза затраты увеличиваются примерно на порядок.

Эти жесткие требования смягчаются при использовании высокоточных спектральных методов численного интегрирования уравнений Навье-Стокса, которые часто используются для DNS. На практике DNS применяется только для расчета простых турбулентных течений при низких (порядка единиц на 10^3 и ниже) числах Рейнольдса. При этом основной задачей расчета является не собственно получение данных о характеристиках осредненного течения, а получение детальной информации о структуре турбулентности, а также вычисление отдельных членов, входящих в те или иные модели.

Очевидно, что в ближайшей перспективе применение прямого численного моделирования для решения прикладных задач не возможно.

Метод моделирования крупных вихрей (LES)

Метод LES был разработан в начале 80-х годов. Идея метода состоит в том, что в отличие от «глобального» осреднения уравнений Навье-Стокса производится их «фильтрация» только от коротковолновых турбулентных неоднородностей.

При этом процедура фильтрации произвольной функции f заключается в ее умножении на функцию «фильтра», имеющую некоторый характерный линейный масштаб Δ , и в последующем интегрировании полученного произведения по всему рассматриваемому объему V . Таким образом, отфильтрованные и актуальные значения функции f определяются выражениями:

где $G(r, r')$ - функция фильтра, r - координата рассматриваемой точки потока, f - актуальное значение функции, а \bar{f} , f' - ее отфильтрованное и пульсационное значения, соответственно.

После замены основных переменных в уравнения Навье-Стокса на сумму соответствующих отфильтрованных и пульсационных величин и применения операции фильтрации к полученным уравнениям получается система уравнений сходная по виду с уравнениями Рейнольдса. Однако физическое содержание

этих двух систем совершенно разное. Процедура фильтрации по существу равносильна осреднению функции f по объемам с характерным размером Δ_3 , в результате чего вся информация о турбулентных структурах с размерами меньшими Δ (то есть о пульсационных или подсеточных составляющих f^{\wedge}') теряется, а длинноволновые структуры (отфильтрованные составляющие f) практически не искажаются. При этом влияние отфильтрованных («подсеточных») структур на длинноволновые структуры турбулентного потока, разрешаемые в рамках LES «точно», описывается с помощью полуэмпирических моделей, которые аналогичны по своей сути традиционным моделям.

Принципиальное преимущество LES состоит в том, что, благодаря относительной однородности и изотропности мелкомасштабной турбулентности описание ее характеристик при помощи подсеточной модели оказывается гораздо более точным, чем моделирование всего спектра турбулентных пульсаций. Основной причиной этого является то, что крупные структуры часто оказываются недостаточно случайными, в этом случае не до конца оправданным является использование статистических моментов для описания их свойств, а именно эти величины моделируются в рамках таких методов. [2]

Естественной платой за указанные важные преимущества LES является значительное увеличение вычислительных затрат, связанное с необходимостью проведения трехмерных нестационарных расчетов на достаточно мелких сетках. С другой стороны, по понятным причинам (мелкомасштабная часть спектра моделируется, а не рассчитывается «точно») вычислительные ресурсы необходимые для реализации LES оказываются намного меньшими, чем для DNS.

В последнее время получил распространение метод MILES. В этом методе подсеточная модель не применяется, а ее «диссипативные» функции выполняет сеточная диссипация. Этот метод требует тщательного подбора расчетных сеток и используемых схем. [3]

Применение уравнений Рейнольдса, замкнутых при помощи моделей турбулентности (RANS).

Система уравнений Рейнольдса может быть получена путем осреднения по времени нестационарных трехмерных уравнений Навье-Стокса. При этом подразумевается, что временной интервал, по которому производится осреднение, намного больше характерных временных масштабов турбулентности, с одной стороны, и намного меньше характерного макро масштаба времени рассматриваемого течения, с другой. Эта система является незамкнутой, поскольку в нее входит неизвестный тензор так называемых рейнольдсовых напряжений $\tau_{ij}^T = \rho(u_i^{\wedge}' u_j^{\wedge}')$. В силу симметричности этого тензора, неизвестными являются только шесть его компонент. Для замыкания системы уравнений Рейнольдса необходимо определить связь между тензором рейнольдсовых напряжений и параметрами осредненного течения. Эта связь называется модель турбулентности.

Список использованной литературы

1. Построение сеток в задачах авиационной и космической техники : учеб. Пособие для студентов / А. М. Молчанов, М. А. Щербаков, Д. С. Янышев, М. Ю. Куприков, Л. В. Быков; МАИ – Москва, 2013. – 260 с., с ил.
2. Создание конечно-элементной сетки цилиндропоршневой группы ДВС: [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / М. Ю. Анисимов, и др.; Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т).
3. Фрик П. Г., Турбулентность: модели и подходы. Курс лекций. Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 1998.

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:

<https://stuservis.ru/referat/416101>