

Секция «Математика и механика»

Гидродинамическая неустойчивость и процессы перестроек вихревого следа

Алексюк Андрей Игоревич

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

Механико-математический факультет, Москва, Россия

E-mail: vrtandrey@rambler.ru

Обтекание цилиндра стационарным потоком сопровождается развитием вихревой дорожки, состоящей из последовательности вихрей, уносимых потоком от тела (дорожка Кармана). Исследуется затухание дорожки Кармана и зарождение вторичной вихревой структуры в дальнем следе за обтекаемым цилиндром. Динамика пространственно развивающихся вихревых структур рассматривается в свободном потоке и при следующих способах внешнего воздействия на него: вращение с постоянной скоростью, поступательные и вращательные колебания цилиндра. Основной задачей исследования является установление связи между процессами зарождения, перестройки и затухания пространственно развивающихся вихревых структур и гидродинамической неустойчивостью [1] в следе за телом, находящемся в вязком двумерном потоке.

Для численного моделирования течений разработано два метода решения уравнений Навье–Стокса. Первый метод использует многократное продление вниз по потоку решения уравнений Навье–Стокса, описывающих течение несжимаемой жидкости, записанных для функции тока и завихренности [2]. В качестве условий на входной границе берутся значения в некотором сечении $x = \text{const}$ решения, построенного на предыдущем этапе. Второй метод основан на решении полных уравнений Навье–Стокса для сжимаемых вязких течений на неструктурированных сетках с использованием метода адаптации.

Используемые методы позволяют моделировать дальний след за телами произвольной формы. В данных исследованиях в качестве обтекаемого тела использовались круговой и эллиптический цилиндры. Краевые задачи поставлены в областях протяженностью до 500 радиусов цилиндра.

Проведен анализ устойчивости осредненного течения на основе уравнений Рэлея и Орра–Зоммерфельда. Установлено существенное влияние гидродинамической неустойчивости на процессы перестройки в следе. Представлено сопоставление результатов численного моделирования следа с экспериментальными данными [3].

Вычисления проводились с использованием суперкомпьютеров СКИФ МГУ “Чебышев” и “Ломоносов”.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 09-01-00595).

Литература

1. Алексюк А.И., Шкадова В.П., Шкадов В.Я. Гидродинамическая неустойчивость отрывного обтекания кругового цилиндра вязкой жидкостью // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 1, Математика. Механика, 5, 51-57, 2010.
2. Шкадова В.П., Шкадов В.Я., Алексюк А.И. Численное решение уравнений Навье–Стокса для нестационарного отрывного обтекания. Отчет Института Механики МГУ, N 4969, стр. 1-95, 2008.

3. Cimbala, J.M., Nagib, H. M and Roshko, A. Large structures in the far wakes of two-dimensional bluff bodies. J. Fluid Mech., 190, 265-298, 1988.

Слова благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю доктору физ.-мат. наук, проф. Шкадову Виктору Яковлевичу, а также кандидату физ.-мат. наук Шкадовой Валентине Петровне за постоянное внимание, проявленное к работе, помощь в обсуждении основных этапов и результатов.