

О механизме поддержания колебаний в пристенных турбулентных течениях

Научный руководитель – Никитин Николай Васильевич

Пиманов Владимир Олегович

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра гидромеханики, Москва, Россия
E-mail: Pimanov-Vladimir@yandex.ru

В работе численно воспроизведено и исследовано несколько решений полных трехмерных уравнений Навье-Стокса, описывающих движение жидкости в круглой трубе и плоском канале. Основная часть решений имеет вид нелинейных бегущих волн, такие решения периодичны вдоль потока и стационарны в сопутствующей системе отсчета [1]. Также изучено решение, отличное от ламинарного течения лишь в ограниченной области и меняющееся во времени в сопутствующей системе отсчета периодическим образом [2]. Исследованные решения воспроизводят ряд особенностей пристенных турбулентных структур, с которыми связывают механизм поддержания колебаний в пристенных турбулентных течениях [3]. Проста временного поведения позволила выделить все элементы цикла поддержания колебаний, оказавшиеся общими для всех исследованных решений. Основной особенностью решений является наличие вытянутых вдоль потока полос - областей, скорость жидкости внутри которых выше или ниже среднего значения. Показано, что пульсации возникают в результате линейной неустойчивости сдвиговых слоев, присутствующих в полосчатом поле скорости. Обнаружен механизм поддержания продольных вихрей, ответственных за формирование полос. Он состоит в нелинейном взаимодействии пульсаций продольной скорости и пульсаций продольной завихренности. Вторые формируются первыми путем сжатия и растяжения существующих вихревых нитей, что обеспечивает между этими пульсациями необходимую согласованность фаз. Мы полагаем, что полученные результаты могут быть полезны для понимания более общих случаев турбулентного движения и, в частности, пристенных турбулентных течений.

Работа выполнена под научным руководством Н.В. Никитина с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке РФФИ, проект №17-01-00140-«а».

Источники и литература

- 1) Kawahara G., Uhlmann M., Van Veen L. The significance of simple invariant solutions in turbulent flows // Annual Review of Fluid Mechanics. 2012. 44. 203–225.
- 2) Avila M., Mellibovsky F., Roland N., Hof B. Streamwise-localized solutions at the onset of turbulence in pipe flow // Physical review letters. 2013. 110(22), 224502.
- 3) Kline S. J., Reynolds W. C., Schraub F. A., Runstadler P. W. The structure of turbulent boundary layers // Journal of Fluid Mechanics. 1967. 30. No 4. 741–773.