

Когерентные структуры в двумерной турбулентности

А.В. Орлов^{1,2}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Институт физики твёрдого тела РАН

В экспериментах исследуется образование когерентных структур и эволюция обратного каскада (каскада энергии) при турбулентном движении тонкого слоя жидкости в ячейках двух типов: 405мм × 405мм × 10мм и 170мм × 140мм × 5мм.

На дне этих ячеек располагаются соответственно 1588 и 208 ниомидовых магнитов (диаметром 1 мм каждый) на расстояниях 1 см друг от друга. В различных экспериментах в качестве жидкости используются электролиты, состоящие либо из 20%-ного раствора поваренной соли (NaCl), либо из 8-10 % раствора соды (NaHCO₃), либо из 20 % раствора нитрат калия (KNO₃) в сверхчистой (milli-q) или дистиллированной воде. В жидкость опускаются платиновые электроды с установленной разностью потенциалов, что вызывает электрический ток через электролит. Сила Лоренца возбуждает вихри вокруг магнитов. За счёт нелинейного взаимодействия друг с другом, они каскадно сливаются, и в итоге образуется несколько больших вихрей (диаметром порядка ширины ячейки) - формируется когерентное движение. Это и есть обратный каскад.

В работе исследуется эволюция этого процесса и распределение скоростей в больших вихрях. Для этого в раствор добавляются маленькие шарики полиамида или стекла, которые очень хорошо отражают свет и являются индикаторами движения вихрей. Далее при движении жидкости определенный её слой поочередно (с малой задержкой) подсвечивается красным и зеленым лазерами (их лучи развёрнуты в плоскости с помощью цилиндрических линз), и в это время скоростная фотокамера делает снимок. На компьютере из полученной фотографии выделяется 2 слоя (красный и зеленый). Тем самым мы получаем две картинки состояний системы, разделенных малым промежутком времени, и по корреляциям между расположениями частиц на них с помощью алгоритма *piv* (particle image velocimetry) строится траектория движения вихрей и вычисляется распределение (по углу и по расстоянию от центра) скоростей вихрей и завихренность системы.

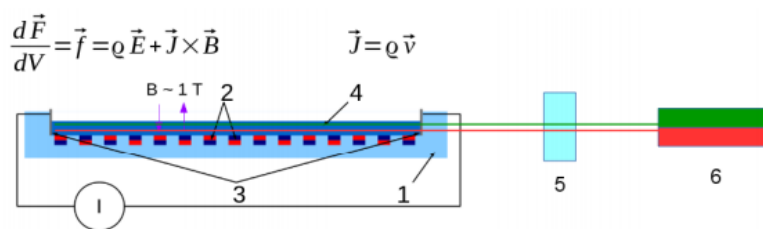
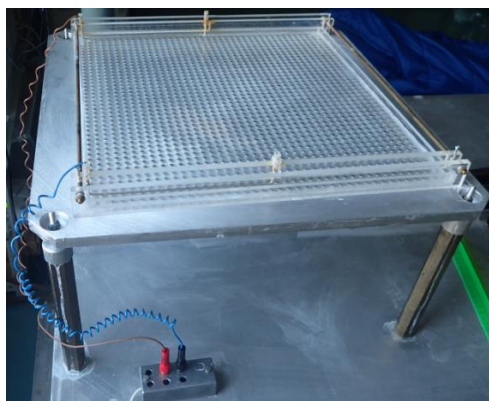


Схема экспериментальной установки



Литература

1. *A. Н. Колмогоров*. Рассеяние энергии при локально изотропной турбулентности // Доклады АН СССР, 1941.
2. *R. H. Kraichnan*. Inertial Ranges in Two-Dimensional Turbulence // Phys. Fluids, 1967.
3. *J. Laurie, G. Boffetta, G. Falkovich, I. Kolokolov, and V. Lebedev*. Universal Profile of the Vortex Condensate in Two-Dimensional Turbulence // PRL, 2014.
4. *H. J. H. Clercx, G. J. F. Heijst, M. L. Zoetewij*. Quasi-two-dimensional turbulence in shallow fluid layers: the role of bottom friction and fluid layer depth // PRE, 2003.
5. *M. G. Shats, H. Xia, H. Punzmann, and G. Falkovich*. Suppression of Turbulence by Self-Generated and Imposed Mean Flows // PRL, 2007.