

УДК 519.6

<https://doi.org/10.18500/0869-6632-2019-27-4-71-84>

Динамика и адвекция в вихревом паркетe

А.М. Филимонова

Южный федеральный университет Россия, 344006 Ростов-на-Дону, Большая Садовая,
105/42

E-mail: afilimonova@sfedu.ru

Поступила в редакцию 26.05.2019, принята к публикации 19.06.2019

Предмет исследования. Статья посвящена численному исследованию динамики и адвекции в вихревом паркетe. Рассматривается вихревая структура, состоящая из вихревых пятен и занимающая всю плоскость. Математическая модель формулируется в виде системы двух уравнений в частных производных относительно завихренности и функции тока. Динамика вихревых структур рассматривается в прямоугольной области при условии, что на функцию тока наложены периодические по обеим пространственным переменным краевые условия. Методы исследования. Нестационарная задача решается бессеточным методом вихрей-в-ячейках, основанным на аппроксимации поля завихренности по его значениям в жидких частицах и разложении функции тока в виде отрезка ряда Фурье. Результаты. Представлены результаты численного исследования динамики и взаимодействия вихревой структуры, состоящей из четырех пятен разной направленности. Изучено влияние величины радиуса вихревого пятна и взаимного расположения положительно и отрицательно направленных пятен на процессы взаимодействия и перемешивания на примере симметричной начальной вихревой конфигурации, когда центры вихревых пятен расположены в узлах равномерной сетки на плоскости. Полученные результаты соответствуют следующим возможным сценариям: исходная конфигурация не изменяется с течением времени; исходная конфигурация формирует новую квазистационарную структуру, которая сохраняется на больших временах; исходная конфигурация, деформируясь, образует новую структуру; исходная конфигурация возвращается в начальное состояние через определенный период времени. Были рассчитаны и проанализированы процессы пассивного переноса жидких частиц на плоскости. Представлены результаты численного анализа динамики частиц и их траекторий на всей плоскости, а также поля локальных показателей Ляпунова.

Ключевые слова: идеальная жидкость, бессеточные методы, вихревые структуры в жидкости, квазистационарные структуры, вихревой паркет.

Образец цитирования: Филимонова А.М. Динамика и адвекция в вихревом паркетe // Известия вузов. ПНД. 2019. Т. 27, № 4. С. 71–84.
<https://doi.org/10.18500/0869-6632-2019-27-4-71-84>

Dynamics and advection in a vortex parquet

A.M. Filimonova

Southern Federal University 105/42, Bolshaya Sadovaya str., Rostov-on-Don 344006,
Russia

E-mail: afilimonova@sfedu.ru

Received 26.05.2019, accepted for publication 19.06.2019

Issue. The article is devoted to a numerical study of the dynamics and advection in a vortex parquet. A vortex structure, consisting of vortex patches on the entire plane, is considered. The mathematical model is formulated as a system of two partial differential equations in terms of vorticity and stream function. The dynamics of the vortex structures is considered in a rectangular area under the assumption that periodic boundary conditions are imposed on the stream function. Investigation methods. The non-stationary problem is solved by the meshless vortex-in-cell method, based on the vorticity field approximation by its values in liquid particles and stream function expansion in the Fourier series cut. Results. Vortex structure consisting of four patches with different directions is investigated. The results of a numerical study of the dynamics and interaction of the structure are presented. The influence of the patch radius and the relative position of positively and negatively directed patches on the processes of interaction and mixing is studied. The obtained results correspond to the following possible scenarios: the initial configuration does not change over time; the initial configuration forms a new structure, which is maintained for longer times; the initial configuration returns to its initial state after a certain period of time. The processes of mass transfer of vorticity by liquid particles on a plane were calculated and analyzed. The results of a numerical analysis of the particles dynamics and trajectories on the entire plane and the field of local Lyapunov exponents are presented.

Key words: ideal fluid, meshless methods, vortex structures in liquids, vortex parquet.

Reference: Filimonova A.M. Dynamics and advection in a vortex parquet. *Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics*, 2019, vol. 27, no. 4, pp. 71–84.
<https://doi.org/10.18500/0869-6632-2019-27-4-71-84>