

УДК 532.542.4

**ПРЯМОЙ И ОБРАТНЫЙ КАСКАДЫ В КВАЗИДВУМЕРНОЙ
ХИМИЧЕСКИ РЕАГИРУЮЩЕЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ,
ПОДДЕРЖИВАЕМОЙ ВНЕШНЕЙ СИЛОЙ: ФИЗИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ
И МАСШТАБНАЯ ИНВАРИАНТНОСТЬ НЕКОТОРЫХ СТАТИСТИК**

© 2011 г.

В.Е. Петров

Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск

allusr@itp.nsc.ru

Поступила в редакцию 16.05.2011

Исследуется влияние химических реакций на прямой каскад энтропии и обратный каскад в квазидвумерной турбулентности. На основе численно-аналитического анализа уточняется физический механизм. Рассматривается возможность обнаружения масштабной инвариантности статистики поля скорости в обратном каскаде химически реагирующей квазидвумерной турбулентности.

Ключевые слова: прямой каскад энтропии, обратный каскад энергии, химическая реакция, квазидвумерная турбулентность поддерживаемая внешней силой, масштабная инвариантность.

В работе [1] экспериментально подтверждена гипотеза о существовании квазидвумерной турбулентности с химическими реакциями в течении, поддерживаемой внешней силой. Наряду с этим численные и экспериментальные исследования последних лет привели к частичному пересмотру представлений о физическом механизме:

а) прямого каскада энтропии в квазидвумерной турбулентности. Особенно это касается роли распада больших вихрей в малые. Если в случае затухающей турбулентности он основной, но из него не следует образования прямого каскада энтропии на возможно большем диапазоне по длинам волн, то в квазидвумерной турбулентности, поддерживаемой внешней силой, наряду с полным распадом больших вихрей в малые существует образование кластеров (без полного распада) и в то же время возникает прямой каскад энтропии от больших масштабов к малым на большом диапазоне по длинам волн. В недавно развитом количественном описании [2], основанном на синтезе численного решения, лабораторного эксперимента и аналитической теории, было показано, что уточнение мелкомасштабных компонент крупномасштабным полем сдвига ведет к образованию прямого каскада энтропии, соответствующего спектру -3 ;

б) обратного каскада в квазидвумерной турбулентности. Особенно это касается роли слияния малых вихрей в большие. Если в случае затухающей турбулентности оно основное, но

из него не следует образования обратного каскада энергии на возможно большем диапазоне по длинам волн, то в квазидвумерной турбулентности, поддерживаемой внешней силой, наряду с полным слиянием малых вихрей в большие существует образование кластеров (без полного слияния) и в то же время возникает обратный каскад энергии от малых масштабов к большим на большом диапазоне по длинам волн. В недавно развитом количественном описании [3], основанном на синтезе численного решения, лабораторного эксперимента и аналитической теории, было показано, что утонение малых вихрей крупномасштабным полем сдвига ведет к образованию обратного каскада энергии, соответствующего колмогоровскому спектру $-5/3$.

Кроме того показано, что одно из отличий прямого каскада от обратного каскада связано с реализацией в последнем не только масштабной, но даже и конформной инвариантности некоторых статистик [4].

Исследуется влияние химических реакций на прямой каскад энтропии и обратный каскад энергии в квазидвумерной турбулентности. Рассматривается модель турбулентного химически реагирующего течения, поддерживаемого внешней силой, предложенная автором в предыдущих работах, например в [5]. Определение статистик течения затруднено из-за нелинейности уравнений гидродинамики, а в этой модели добавляется еще случайная сила, поэтому делается попытка обнаружить масштабную

инвариантность статистики поля скорости в обратном каскаде квазидвумерной турбулентности с химическими реакциями. Цель численно-аналитических исследований – уточнение используемой математической модели, оценка характеристик и закономерностей поведения прямого каскада энтропии и обратного каскада энергии квазидвумерной турбулентности с химическими реакциями

Список литературы

1. Wells M.G., Clercx H.J.H., Van Heijst G.J.F. Transport and mixing in geophysical flows // Lect. Notes in

Phys. Berlin–Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. No 744. P. 119–136.

2. Chen S. et al. Physical mechanism of the two-dimensional enstrophy cascade // Physical Review Letters. 2003. V. 91. P. (214501-1)–(214501-4).

3. Chen S. et al. // Physical Review Letters. 2006. V. 96. P. (084502-1)–(84502-4).

4. Фалькович Г. // Успехи математических наук. 2007. Т. 62, вып. 3. С. 193–206.

5. Петров В.Е. Модель турбулентного химически реагирующего течения, поддерживаемого внешней силой (квазидвумерное описание) // IX Всерос. съезд по теоретической и прикладной механике. Нижний Новгород, 22–28 августа 2006 г. Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2006. 145 с.

FORWARD ENSTROPY AND INVERSE ENERGY CASCADES IN FORCED QUASI 2D TURBULENCE WITH CHEMICAL REACTIONS: THE PHYSICAL MECHANISM AND SCALE INVARIANCE OF SOME STATISTICS

V.E. Petrov

The effect of chemical reactions both on forward enstrophy and inverse energy cascades in forced quasi 2D turbulence is investigated. The physical mechanism is corrected via data generated by numerical-analytical simulations. Possibility of discovery of scale invariance velocity field statistics is considered in inverse energy cascade forced quasi 2D turbulence with chemical reactions.

Keywords: forward enstrophy cascade, inverse energy cascade, chemical reaction, forced quasi 2D turbulence, scale invariance.