

МЕХАНИЗМЫ КАСКАДНОГО ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ В КОНВЕКТИВНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Степанов Р.А., Фрик П.Г., Шестаков А.В.

Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь

В работе изучаются возможные сценарии каскадных процессов в развитой конвективной турбулентности. Основное внимание уделяется возможности реализации сценария Обухова–Болджиано, на возможность которого указали в своих работах А.М. Обухов [1] и Р. Болджиано [2] еще в 1959 году, но однозначного подтверждения которому до настоящего времени так и не появилось. Данный сценарий предполагает существенное влияние силы Архимеда на статистические свойства турбулентности, что вместо известного закона « $-5/3$ » приводит к степенным законам для энергии пульсации скорости и температуры вида

$$E(k) = C_1 \varepsilon_\theta^{2/5} (g\beta)^{4/5} k^{-1/5}, E_\theta(k) = C_2 \varepsilon_\theta^{4/5} (g\beta)^{-2/5} k^{-7/5}. \quad (1)$$

В данной работе, с помощью каскадной модели конвективной турбулентности, описанной в работе [3], рассматриваются различные способы реализации сценария Обухова–Болджиано. В результате проведенных численных расчетов показано, что искомый режим возможен лишь при дополнительном силовом воздействии на динамику каскадного процесса в инерционном интервале. Реализуемое при этом решение соответствует сценарию Обухова–Болджиано, не только в части выполнения законов (1), но также выполняется главный критерий режима – баланс работы силы Архимеда и нелинейного переноса энергии пульсаций скорости, $A_V / P_V \sim 1$, на достаточно протяженной части спектра.

Вместе с тем, результаты численного моделирования указывают на то, что сценарий Обухова–Болджиано не может быть реализован в реальных турбулентных конвективных течениях, поскольку физического аналога силового воздействия, при котором наблюдается данный сценарий, не существует в природе. Кроме того, возможно, что сценарий Обухова–Болджиано – очень специфический случай, реализующийся только в каком-либо узком классе течений, изучение которых лежит за пределами применимости каскадных моделей. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-01-00459-а)

Литература

- [1] Обухов А.М. О влиянии архимедовых сил на структуру температурного поля в турбулентном потоке // Доклады АН СССР. – 1959. – Т. 125, № 6. – С. 1246-1248.
- [2] Bolgiano R. Turbulent spectra in a stably stratified atmosphere // J. Geophys. Res. – 1959. – V.46, №12. – P.2226-2229.
- [3] Шестаков А.В., Степанов Р.А., Фрик П.Г. О механизмах каскадного переноса энергии в конвективной турбулентности // Вычислительная механика сплошных сред. – 2016. – Т.6, №2. – С. 125-134.