

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Копьева Алексея Викторовича «*Исследование статистических свойств тензора градиентов скорости в изотропном несжимаемом турбулентном потоке*», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика»

Задача построения последовательной теории турбулентности известна как одна из главных нерешенных проблем классической физики. Простейшим для теоретического анализа примером турбулентности является так называемая однородная и изотропная турбулентность, концепт которой был впервые предложен Дж. Тейлором в 1935 году. Основополагающие результаты в соответствующей теории были получены А.Н. Колмогоровым и А.М. Обуховым в 1941 году, которыми было также введено понятие локально изотропной турбулентности, достигающейся с хорошей точностью в развитых турбулентных потоках на мелких масштабах и вдали от границ – в так называемом инерционном интервале. Одним из главных результатов теории Колмогорова-Обухова, выведенным без привлечения феноменологических соображений, является закон «четырех пятых» о продольной структурной функции скорости третьего порядка, которая оказывается пропорциональной произведению расстояния на среднее значение диссипации энергии в единице массы потока. При этом, как показали эксперименты и численные расчеты, феноменологические аспекты теории требуют определенных уточнений. Эти уточнения в первую очередь связаны с явлением перемежаемости, которое проявляется в сильной неоднородности диссипации энергии в потоке. Несмотря на значительные успехи в понимании природы перемежаемости (в первую очередь связанные с развитием вычислительных экспериментов), до сих пор отсутствует общепринятая количественная теория, которая объясняла бы это явление. Диссипация энергии выражается через тензор градиентов скорости. Поэтому исследование статистических свойств этого тензора, а также их влияния на корреляционные свойства развитой турбулентности, представляет собой важную и актуальную задачу современной теории турбулентности.

Диссертация А.В. Копьева посвящена изучению статистических свойств тензора градиентов скорости для развитой изотропной гидродинамической турбулентности. В работе решены несколько важных задач, связанных с этим направлением, при этом применялись как аналитические методы, так и анализ численного моделирования изотропной турбулентности. Актуальность диссертации не вызывает сомнений.

Текст диссертации состоит из введения, трех глав и заключения.

Во введении обоснованы актуальность, теоретическая и практическая значимость работы, приведен краткий обзор литературы и сформулировано место диссертационной работы в ряде других современных исследований.

В первой главе численно обнаружены и проанализированы новые свойства тензора скоростей деформации, представляющего собой симметричную часть тензора градиентов скорости. След квадрата этого тензора определяет скорость диссипации энергии в потоке. В работе выявлено вырождение распределения тензора скоростей деформации, а именно показано, что это распределение может быть сведено к функции одной переменной. Установлена связь этого вырождения с универсальностью других широко используемых

