Отзыв
об автореферате диссертации Ивченко Николая Александровича
«Перенос полей в турбулентном течении когерентного вихря»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.3 «Теоретическая физика»

Проблема построения математических моделей и изучения на их основе закономерностей динамики турбулентных течений известна очень давно. В начале 40-х годов прошлого столетия основополагающий вклад в решение этой проблемы внесли два наших выдающихся соотечественника – Андрей Николаевич Колмогоров и Александр Михайлович Обухов. Ими, их учениками и последователями построена и развита теория локально изотропной турбулентности, в соответствии с которой статистически стационарное турбулентное течение представляет собой иерархию турбулентных вихрей, в которой энергия турбулентности переносится от вихрей большего масштаба к вихрям меньшего масштаба (прямой каскад), вплоть до вихрей масштаба диссипации, где проявляется воздействие вязкости жидкости. На уровне малых масштабов течение «забывает» о своих особенностях на больших масштабах. Однако существуют течения, в которых наблюдается обратный каскад энергии. Такая картина может реализовываться в условиях, когда турбулентная динамика приобретает квазидвумерный характер, например при быстром вращении жидкости. В них могут спонтанно возникать потоки с масштабом вихрей порядка размеров гидродинамической системы. Амплитуда возникающих течений может существенно превосходить характерную интенсивность турбулентных флуктуаций поля скорости основного течения. Такие течения могут быть статистически стационарными, устойчивыми и называются когерентными структурами. В последние десятилетия когерентные течения, возникающие в результате обратного каскада, являются предметом пристального внимания научного сообщества.

Диссертационная работа Ивченко Н.А. посвящена теоретическому исследованию характеристик переноса поля пассивного скаляра и векторного поля инерционной волны когерентным вихревым течением. Актуальность и своевременность работы не вызывают сомнений. Для инерционных волн построена статистическая теория взаимодействия с геострофическим вихрем во вращающемся турбулентном течении. Среди задач, решённых диссертантом, можно отметить следующие:

1. Осуществлено статистическое описание перемешивания пассивного скаляра в сдвиговом течении с гладкими возмущениями малой амплитуды, моделирующем локальную структуру скорости в двумерном когерентном вихре. Оценено влияние анизотропии на процесс перемешивания; исследована статистика моментов и ряд свойств корреляционных функций высокого порядка.
2. Исследовано взаимодействие инерционной волны с геострофическим вихрем в быстровращающейся жидкости. Выявлен механизм передачи момента импульса и энергии. Дано уточненное описание динамики волнового пакета вблизи критического слоя.
3. На основе выявленного механизма переноса момента импульса и энергии турбулентности развита квазилинейная статистическая теория для радиального профиля скорости в установившемся геострофическом вихре. Проведено сопоставление теоретических результатов с экспериментальными данными. Продемонстрирована адекватность построенной математической модели.

Результаты диссертационной работы углубляют понимание процессов взаимодействия волн с крупномасштабными средними течениями. Полученные в работе математические модели и построенные диссертантом решения задач теоретической гидродинамики с приложениями к актуальным проблемам динамики атмосферы и океана можно рассматривать как эталонные при построении математических моделей подобных течений и тестировании таких подходов, как LES, DNS и их модификаций.

Автореферат ясно передает содержание работы, чему способствует достаточное число иллюстраций. При прочтении автореферата была обнаружена опечатка на стр. 26 (ниже формулы (35)) для степенного затухания волнового пакета в невязкой стадии: из формулы следуют асимптотики $v_\sigma \sim t^{-3/2}$ и $|v| \sim t^{-1/2}$ для фурье-амплитуды полного вектора скорости, но показатель $-1/2$ ошибочно указан в тексте для кинетической энергии волнового пакета, которая убывает как $|v|^2 \sim t^{-1}$.

Другое замечание относится к обоснованию малости локального числа Россби ρ для инерционных волн в циклоне (глава 4, стр. 28), где назван только теоретический аргумент (параметр коротковолновости). Было бы желательно его дополнить, приведя здесь же оценки характерных значений величин k_f, $d/dr(\ln W)$ и самого числа ρ по данным эксперимента, для описания и интерпретации результатов которого далее применяется построенная теория.

Перечисленные замечания к автореферату относятся к погрешностям оформления и не снижают высокой оценки представленных результатов.

Диссертационная работа Ивченко Н.А. по своей актуальности, научной новизне и значимости результатов исследований, степени их апробации и опубликования в научных журналах соответствует критериям, установленным п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (Постановление правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. (ред. от 25.01.2024 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.3 «Теоретическая физика», а её автор, Ивченко Николай Александрович, безусловно заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Черных Геннадий Георгиевич

доктор физико-математических наук (специальность 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»), профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» (ФИЦ ИВТ)

«23» ноября 2026 г.

Я, Черных Геннадий Георгиевич, даю свое согласие Институту теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН на включение всех предоставленных мною персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку и распространение в соответствии с требованиями Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Адрес: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6; e-mail: ict@ict.nsc.ru

Подпись Черных Геннадия Георгиевича заверяю

[redacted]

[redacted]

23.11.2026