

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

Института теоретической  
физики им. Л.Д. Ландау РАН  
чл.-корр. РАН



## ВЫПИСКА

из протокола заседания Сектора физики неравновесных состояний  
Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН.

Заключение о диссертации Белана С.А.

«Статистические модели динамики инерционных частиц в пространственно-  
неоднородных турбулентных течениях»

СЛУШАЛИ: Доклад Белана С.А. по диссертации «Статистические модели динамики инерционных частиц в пространственно-неоднородных турбулентных течениях», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

ПОСТАНОВИЛИ: Принять следующее заключение о диссертации Белана С.А. «Статистические модели динамики инерционных частиц в пространственно-неоднородных турбулентных течениях».

В диссертационной работе Белана С.А. в рамках статистического подхода изучается динамика инерционных частиц в неоднородных турбулентных течениях жидкости или газа.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка публикаций автора по теме диссертации и списка литературы. Полный объем диссертации составляет 82 страницы с 11 рисунками. Список литературы содержит 72 наименования.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы основные цели исследования, аргументирована научная новизна, перечислены основные результаты работы и показана их теоретическая и практическая значимость.

В первой главе рассматривается динамика инерционных частиц в вязком пристенном подслое развитой гидродинамической турбулентности. Предложенная статистическая модель позволяет описать пространственное распределение частиц в широком диапазоне степени их инерционности. Показано существование двух динамических фазовых переходов локализация-

делокализация, соответствующих смене направления среднего дрейфа частиц. Первый переход контролируется числом Стокса и происходит в режиме близком к локальному равновесию. Контрольным параметром второго перехода служит степень неупругости столкновений частиц со стенкой, а сам переход имеет место в ситуации, когда локальное равновесие сильно нарушено.

Во второй главе исследуется случай произвольной степенной координатной зависимости коэффициента турбулентной диффузии коротко-коррелированного во времени пристенного течения. Получена фазовая диаграмма перехода локализация-делокализация в плоскости неоднородность-неупругость для частиц с большим числом Стокса. Показано, что критическое значение коэффициента восстановления скорости частицы при столкновении со стенкой универсально для моделей, в которых коэффициент турбулентной диффузии растет быстрее чем квадрат расстояния до стенки.

Третья глава посвящена случаю квадратичного профиля коэффициента турбулентной диффузии коротко-коррелированного пристенного течения. Представлено точное выражение для ляпуновской экспоненты координаты частицы как функции от параметра инерции и коэффициента восстановления скорости при столкновении со стенкой. Построена точная фазовая диаграмма перехода локализация-делокализация в плоскости инерция-неупругость. Кроме того, продемонстрирована смена знака турбофореза для частиц в окрестности минимума турбулентности.

В четвертой главе рассматривается дисперсия частиц в приземном слое атмосферы. В рамках приближения турбулентной диффузии решена задача о рассеянии облака частиц с учетом их осаждения на земную поверхность. Получено выражение для количества примесных частиц в воздухе как функции от времени. Найдено распределение результирующей поверхностной плотности осажденного материала в подветренном направлении.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы работы.

Основные результаты диссертации были изложены в 6 публикациях

[1]. Belan, S., Chernykh, A., Lebedev, V., Falkovich, G. Inelastic collapse and near-wall localization of randomly accelerated particles // *Physical Review E* - 2016. - Vol. 93, no. 5. - P. 052206

[2]. Belan, S., Lebedev, V., Falkovich, G. Particle dispersion in the neutral atmospheric surface layer // *Boundary-Layer Meteorology* - 2016. - Vol. 159, no. 1. - P. 23

[3]. Belan, S. Concentration of diffusional particles in viscous boundary sublayer of turbulent flow // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* - 2016. - Vol. 443, - P. 128

[4]. Belan, S., Chernykh, A., Falkovich, G. Phase transitions in the distribution of inelastically colliding inertial particles // *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* - 2015. - Vol. 49, P. 035102

[5]. Belan, S., Chernykh, A., Lebedev, V., Vergeles, S. Confinement of inertial particles in viscous boundary layer of turbulent flow // *JETP Letters* - 2015. - Vol. 101, no. 1, P. 12

[6]. Belan, S., Fouxon, I., Falkovich, G. Localization-Delocalization Transitions in Turbophoresis of Inertial Particles // Physical Review Letters - 2014. - Vol. 112, P. 234502

Результаты диссертации были представлены автором на международной конференции Turbulence and Amorphous Materials (Израиль), на международной конференции Landau Days 2015, (г. Черноголовка), а также на семинарах в ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, в Научном Институте им. Вейцмана (Израиль), в Институте Гётеборга (Швеция) и в Лос-Аламосской Национальной Лаборатории (США).

Опубликованные по теме диссертации работы в полной мере отражают ее содержание. Объем и уровень проведенного теоретического исследования, а также новизна и актуальность полученных результатов, свидетельствуют о том, что диссертация Белана С.А. удовлетворяет всем требованиям ВАК, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук.

На основании вышеизложенного Сектор физики неравновесных состояний ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН рекомендует диссертацию Белана С.А. «Статистические модели динамики инерционных частиц в пространственно-неоднородных турбулентных течениях» к публичной защите по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Зав. сектора  
«физики неравновесных состояний»  
ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН  
д.ф.-м.н.



Колоколов И.В. «16» 06 2016г.