

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Кушнарченко Андрея Викторовича на тему «Разработка модели и алгоритмов расчёта фотофоретического взаимодействия аэрозольных частиц и кластеров в разреженной газовой среде на основе метода Монте-Карло», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертационная работа Кушнарченко А. В. выполнена на кафедре «Системы искусственного интеллекта» Института космических и информационных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск). Исследование посвящено математическому моделированию взаимодействия аэрозольных частиц и кластеров, погруженных в разреженную газовую среду, которое возникает при освещении этих частиц. На качественном уровне возникновение этого эффекта достаточно очевидно. Но этот эффект имеет газокINETическую природу и его количественное описание возможно на основе последовательного использования уравнений Больцмана. Эта задача ранее никем не была решена. Тем не менее, трудности количественного описания эффекта можно преодолеть в приближении свободномолекулярного режима на основе использования алгоритмов Монте-Карло и специальных матриц переноса.

Разработанные в диссертационной работе Кушнарченко А. В. модели фотофоретического взаимодействия, алгоритмы и программное обеспечение позволяют дать количественную оценку взаимодействия аэрозольных частиц и кластеров, состоящих из сферических частиц и находящихся в условиях разреженного газа стратосферы и мезосферы Земли, а также в среде вакуумных камер.

Основные результаты диссертации Кушнарченко А. В. заключаются в следующем:

1. Разработана вероятностная модель, описывающая фотофоретическое взаимодействие в разреженной газовой среде между поглощающими излучение аэрозольными частицами и кластерами, состоящими из сферических частиц.

2. Разработан алгоритм решения задачи расчёта сил фотофоретического взаимодействия между аэрозольными кластерами на основе метода Монте-Карло и использования специальных матриц переноса.

3. Реализован комплекс проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительных экспериментов по оценке фотофоретических сил, действующих на аэрозольные кластеры, и фотофоретического взаимодействия аэрозольных кластеров, состоящих из сферических частиц, в условиях разреженной газовой среды вакуумных камер или стратосферы и мезосферы Земли.

3. В результате проведения вычислительного эксперимента показано, что силы фотофоретического отталкивания между аэрозольными частицами микронного и субмикронного размера могут достигать десятков и даже сотен величин силы тяжести как в вакуумных камерах, так и в атмосфере Земли даже при сравнительно небольших интенсивностях падающего излучения, эквивалентного интенсивности солнечного света. При этом фотофоретическое взаимодействие может снижать константу коагуляции на несколько порядков величины.

Программный комплекс может быть использован для моделирования поведения аэрозольных частиц при решении задач, возникающих при разработке нанотехнологий, при исследовании аэрозольных загрязнений атмосферы, а также в рамках геоинженерных проектов для оценки влияния фотофореза и фотофоретического взаимодействия на время жизни искусственного аэрозоля и аэрозольную стратификацию.

За время работы над диссертацией Кушнарченко А. В. проявил себя как квалифицированный специалист, способный решать задачи в области математического моделирования, вычислительной газовой кинетики и высокопроизводительных вычислений. Результаты работы Кушнарченко А. В. содержатся в

15 печатных изданиях, в том числе 2 статьи - в журналах рекомендованных ВАК, и 1 статья - в международном журнале «Journal of Aerosol Science», входящем в системы научного цитирования Scopus и Web of Science. Результаты диссертации докладывались на российских и международных конференциях, включая European Aerosol Conference (EAC2011) в Манчестере, Великобритания.

Диссертационная работа Кушнарченко А. В. выполнена на высоком научном уровне и представляет собой завершённый цикл исследований в области математического моделирования газокинетических эффектов. Результаты, полученные в диссертационной работе, имеют важное научное и прикладное значение. Прделанная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по физико-математическим наукам.

Считаю, что диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям ВАК, а её автор Кушнарченко А. В. заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Научный руководитель:

профессор кафедры «Общепрофессиональные дисциплины» Красноярского института железнодорожного транспорта филиала Иркутского государственного университета путей сообщения (КриЖТ ИрГУПС, г. Красноярск) 660028, Россия, г. Красноярск, ул. Ладо Кецховели, 89.

<https://www.irgups.ru/krizht>

тел.: +7 (391)2481-644

электронный адрес: [aacheremisin@gmail.com](mailto:aacheremisin@gmail.com)

д.ф. -м.н., 01.04.14 – Теплофизика и молекулярная физика

профессор по кафедре оптики и спектроскопии

22.02.2019 Черемисин Черемисин Александр Алексеевич

*Подпись профессора Черемисина А.А.*  
завещаю.

*Нарамельник Октя Тураф Тураевлева С.Ю.*

