

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Федотова Алексея Юрьевича  
«Многоуровневое математическое моделирование  
процессов формирования наноструктур в газовой среде»,  
представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по  
специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и  
комплексы программ

Расширение области применения наноматериалов обуславливает актуальность углубленных исследований механики данных материалов и разработки новых методов их проектирования. Диссертационная работа Федотова А.Ю. направлена на разработку теоретических основ для исследования и описания механизмов конденсации, формирования, роста и внедрения наноструктур в газовых средах с учетом рассмотрения разных уровней масштаба. Представлены результаты численных и экспериментальных исследований эволюции процессов, протекающих в газовых средах с наноструктурами, апробированы численные алгоритмы и программы для анализа закономерностей развития данных процессов.

В работе предложена многоуровневая математическая модель, описывающая формирование, конденсацию и взаимодействие наноструктур на различных масштабных уровнях. Уровни модели имеют иерархическую структуру и включают в себя аппарат квантовой механики, уравнения классической молекулярной динамики и метод мезодинамики частиц. Описанный метод мезодинамики частиц рассматривает поведение сформированных наночастиц с учетом поступательного и вращательного движения, их обобщенного потенциала и влияния среды в виде воздействия свободных атомов и молекул. Представленная модель обладает научной новизной и практической значимостью.

Практическая значимость работы определяется возможностью применения построенных моделей, алгоритмов и разработанного программного комплекса для отработки и корректировки технологических процессов изготовления и функционирования наноструктурированных материалов, связанных с газообразными средами.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием фундаментальных методов механики сплошных сред, динамики частиц, подтверждается удовлетворительным соответствием теоретических и экспериментальных исследований и анализом точности и сходимости численных алгоритмов.

Диссертационная работа прошла хорошую апробацию, была представлена на международных и всероссийских конференциях. По работе в достаточном количестве имеется ряд публикаций в ведущих изданиях, включенных в российские и зарубежные базы цитирования, в том числе перечень журналов Высшей аттестационной комиссии, Web of Science, Scopus, Russian Science Citation Index. Автореферат отражает содержание диссертации.

В качестве замечаний по работе можно отметить следующее:

1. В классических конденсационных моделях большое внимание уделяется понятию зародышеобразования и определяющим его параметрам. В автореферате отсутствует описание взаимосвязи модели, использованной в диссертации, с данным понятием.
2. В автореферате не приведена информация о численных методах, использованных для описания движения и взаимодействия частиц на разных уровнях математической модели. Также нет информации об эффективности данных численных алгоритмов.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационного исследования, вносящего существенный вклад в развитие многоуровневых моделей для исследования свойств наноматериалов, изготовление или функционирование которых связано с газовыми средами. Считаю, что диссертация соответствует всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор, Федотов Алексей Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

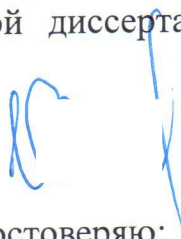
Заведующий кафедрой «Информационные системы»  
ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»,  
доктор физико-математических наук, профессор



/ М.М. Горохов /  
31.08.2022 г.

Горохов Максим Михайлович, доктор физико-математических наук (специальность 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы), профессор, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 7, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», кафедра «Информационные системы», тел. 8 (3412) 77-60-55 доб. 6354, электронная почта insys2005@mail.ru.

Я, Горохов Максим Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Федотова Алексея Юрьевича, и их дальнейшую обработку.



/ М.М. Горохов /

Подпись Горохова Максима Михайловича удостоверяю:

Проректор по научной  
и инновационной деятельности  
кандидат технических наук, доцент



/ А.Н. Копысов /