

ОТЗЫВ

**члена диссертационного совета на диссертацию
Быкова Николая Юрьевича
на тему: «Моделирование процессов образования и роста
наноразмерных кластеров в разреженных струйных течениях»,
представленную на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»**

Актуальность рассматриваемой работы не вызывает сомнения - как в связи с научным интересом описания физических процессов, происходящих на молекулярном уровне, так и необходимостью оптимизации современных нанотехнологий.

Традиционные методы описания конденсации пара любого вещества, использующие концепцию поверхностного натяжения, непригодны для наночастиц, что на определенном этапе экспериментально-теоретических исследований приводило к поискам полуэмпирических подгоночных коэффициентов.

Диссертант поставил целью разработать физико-математическую модель образования и роста нано-кластеров исходя из предположений, наиболее приближающихся к «первым принципам».

Для достижения этой цели автор использовал метод прямого статистического моделирования на примере разреженной струи, в широком диапазоне характерных значений числа Кнудсена (10^{-3} - 10^{-1}).

В диссертации исследован большой набор веществ – инертный газ гелий, конденсирующиеся пары меди, серебра, воды.

Принципиально важен последовательно проведенный автором учет разности поступательной и внутренних степеней свободы и энергообмена при реакциях слияния/распада частиц.

В результате разработан комплекс численных кодов, позволяющих исследовать нуклеацию как одноатомных паров, так и бинарных смесей. На основе этого комплекса проведены многочисленные расчеты важных характеристик разреженных струй – скоростей и температур массового спектра кластеров. Получен ряд оригинальных результатов. В частности, установлено, что процесс кластерообразования приводит одновременно к росту скорости и температуры смеси (в случае континуальной несущей среды выделение фазового тепла вызывает рост температуры и уменьшение скорости и числа Маха потока); показано, что формирование кластеров приводит к уширению струи; проведены оригинальные исследования нестационарного процесса абляции материалов наносекундными лазерными импульсами.

Полученные результаты верифицированы сравнением с экспериментальными данными по уносу материала с поверхности

sv 09/2-299 от 21.12.2018

облучаемой модели и пространственному распределению частиц в импульсной струе, измеренном времяпролетным метом.

Замечания:

Некоторые неточности в цитировании результатов других исследователей: выражения (1.41), стр. 41 и (1.44), стр. 42 получены не в 1974 г. а ранее; формула (1. 49), стр. 43 получена Френкелем и Зельдовичем, но не Беккером и Дерингом (все формулы упомянутых авторов отличаются предэкспоненциальным множителем).

Стр. 251: « установлено, что скорость мономеров и формируемых кластеров в поле течения оказываются *приблизительно* одинаковыми” – *термин* не совсем понятный в вычислительно-теоретической работе.

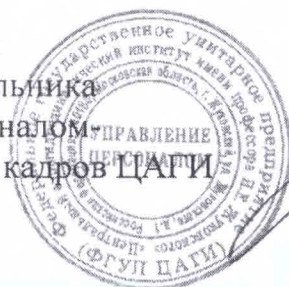
Сделанные замечания не снижают ценности рассматриваемой работы. Она прошла достаточно серьезную апробацию в виде статей в высокорейтинговых изданиях и докладов на федеральном и международном уровне. Ее автор принадлежит к известной научной школе Санкт-Петербурга.

Диссертация Быкова Николая Юрьевича на тему: «Моделирование процессов образования и роста наноразмерных кластеров в разреженных струйных течениях» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09. 2016 № 6821.1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт- Петербургском государственном университете», соискатель Быков Николай Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 - «Механика жидкости, газа и плазмы». Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета
доктор технических наук
профессор
главный научный сотрудник
ФГУП ЦАГИ

Стасенко А.Л.

Подпись заверяю:
Заместитель начальника
управления персоналом
начальник отдела кадров ЦАГИ



Баранов В.Н.