

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Белкина Александра Анатольевича** «Статистическая теория и моделирование процессов переноса в дисперсных жидкостях, включая наножидкости», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы»

Целью диссертационной работы А.А. Белкина являлось построение из первых принципов замкнутой теории процессов переноса дисперсных жидкостей и молекулярно-динамическое моделирование свойств переноса наножидкостей и нанотечений.

Актуальность работы обусловлена, прежде всего, возможностями практического применения дисперсных жидкостей в перспективных технологиях. В первую очередь это касается наножидкостей, свойства переноса которых интенсивно изучаются в последнее время. Понятно и фундаментальное значение развитых в диссертационной работе теоретических положений.

В автореферате сформулированы цели и задачи исследования, подробно изложено содержание диссертации.

Автором развита теория процессов переноса дисперсных жидкостей с использованием методов неравновесной статистической механики. Вывод уравнений переноса, соответствующих многожидкостному уровню описания системы, основан на решении уравнения Лиувилля для N -частичной функции распределения. Разработана итерационная процедура построения неравновесной функции распределения, позволяющая учитывать нелинейные по термодинамическим силам вклады в тензор напряжений, вектор потока теплоты, межфазные силы с любой наперед заданной точностью. Выведены обобщенные определяющие соотношения, связывающие потоки и межфазные силы с термодинамическими силами. Из них для слабо неравновесных процессов получены формулы для коэффициентов переноса. Эти коэффициенты выражены через корреляционные функции соответствующих микроскопических потоков.

Можно отметить важные результаты моделирования свойств переноса наножидкостей и характеристик течений в наноканалах методом молекулярной динамики. Изучены особенности действующей на наночастицу силы сопротивления, установлен ее нестационарный характер. Исследованы механизмы релаксации скорости наночастиц в плотных газах и жидкостях, микрофлуктуации плотности и импульса базовой жидкости при движении наночастицы.

Ключевой частью работы является определение коэффициентов переноса наножидкостей. Здесь было установлено, что отличия коэффициента диффузии наночастиц от результатов классических теорий вызваны двухстадийной релаксацией ее скорости. Впервые показано, что эффективный коэффициент вязкости наножидкостей определяется не только объемной концентрацией наночастиц, но и их размером и массовой плотностью материала. Изучены особенности влияния характеристик наножидкости на ее вязкость и теплопроводность, подтвержден экспериментально наблюдаемый эффект насыщения эффективного коэффициента теплопроводности при росте концентрации наночастиц.

Основные результаты работы отражены в 35 печатных работах, 18 из которых опубликованы в журналах из списка ВАК РФ, прошли апробацию на международных и российских конференциях. Результаты использованы при выполнении проектов Российского научного фонда, Российского фонда фундаментальных исследований, целевых программ Министерства образования и науки РФ.

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В настоящее время существуют коммерческие пакеты программ, позволяющие моделировать динамику жидкостей методом молекулярной динамики, в том числе и дисперсных

систем. Существующие программы оптимизированы, в том числе под параллельные вычисления, многие из них имеют открытый код. В чем заключается преимущество, разрабатываемого пакета программ МД, названного SibMD? Проводилось ли сопоставление с другими МД пакетами?

2. В работе построены нелинейные уравнения гидромеханики, определяющие соотношения для многожидкостного режима течения дисперсных флюидов и развита неравновесная статистическая механика процессов переноса флюида в стесненных условиях. Каким образом верифицировались построенная теория и полученные уравнения? Можно ли привести примеры реальных систем, представления о которых были расширены?

3. Результаты молекулярно-динамического моделирования вязкости жидкости в наноканале могли бы быть подтверждены, например, моделированием течения Пуазейля в таком канале с последующим определением вязкости по гидравлическому сопротивлению канала. Судя по автореферату, необходимый для этого пакет программ у автора имелся.

Несмотря на эти замечания, диссертационная работа А.А. Белкина представляет собой законченное научное исследование, представляющее значительный вклад в развитие приоритетного направления науки о гидромеханике нанофлюидов. Работа выполнена на высоком научном уровне. Судя по автореферату, диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Белкин Александр Анатольевич достоин присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Заведующий отделом термогазодинамики
ФГБУН Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе
СО РАН, ФАНО России
доктор технических наук, профессор

Терехов Виктор Иванович

Телефон: 83833306736

Факс: 83833308480

E-mail: terekhov@itp.nsc.ru)

Адрес организации: 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 1

<http://www.itp.nsc.ru/>, 8(383)3309040, director@itp.nsc.ru

Я, Терехов Виктор Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Белкина Александра Анатольевича, и их дальнейшую обработку.

Подпись В.И. Терехова заверяю:

