

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»

Актуальность проблемы, решению которой посвящена диссертационная работа А.А. Белкина, обусловлена несколькими факторами. В первую очередь, это значение развитых теоретических положений для фундаментальной науки. Традиционные подходы к выводу уравнений гидродинамики многофазных сред и определению для них коэффициентов переноса, такие как термодинамика необратимых процессов и кинетическая теория, имеют ряд недостатков и ограничений по применимости. Автор использует методы неравновесной статистической механики, которые позволили получить из первых принципов замкнутые уравнения гидродинамики. Понятна и важная прикладная составляющая работы, связанная с широкой областью применения дисперсных сред. Отдельно стоит выделить изучение в работе уникальных свойств переноса наножидкостей, которые интенсивно изучаются в последнее время.

Актуальность работы, ее теоретическая и практическая значимость подтверждается также использованием ее результатов при выполнении более десяти проектов Российского научного фонда, Российского фонда фундаментальных исследований, целевых программ Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка цитируемых источников и двух приложений.

Во введении автор обосновывает актуальность работы, формулирует цель и задачи исследования, научную новизну и практическую значимость работы, излагает основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе построена теория процессов переноса дисперсных жидкостей. Вывод уравнений гидродинамики для многожидкостного режима течения системы основан на решении уравнения Лиувилля. Выведены определяющие соотношения, связывающие потоки и межфазные силы с градиентами скорости, температуры. Из них для слабо неравновесных процессов получены формулы для коэффициентов переноса.

Вторая глава содержит описание итерационной процедуры построения неравновесной функции распределения, позволяющей учитывать нелинейные по термодинамическим силам вклады в тензор напряжений, вектор потока тепла, межфазные силы. Также здесь проведено обобщение результатов первой главы на многофазные системы с вращательными степенями свободы.

Для расчета коэффициентов переноса и изучения микроскопических свойств наножидкостей автор использует метод молекулярной динамики. В третьей главе приводится описание метода, используемых алгоритмов и их эффективности, разработанной автором модификации алгоритма, результатов моделирования равновесных характеристик гомогенных сред и наножидкостей. В четвертой главе изучены особенности действующей на наночастицу силы сопротивления, показано, что она не описывается законом Стокса. Исследованы механизмы релаксации скорости наночастиц в плотных газах и жидкостях, микрофлуктуации плотности и импульса базовой жидкости при движении наночастицы. Показано их влияние на свойства переноса.

Пятая глава посвящена изучению коэффициентов переноса наножидкостей. Установлено, что отличия коэффициента диффузии наночастиц от значений, предсказанных законом Эйнштейна–Стокса, вызваны двухстадийной релаксацией ее скорости. Показано, что эффективный коэффициент вязкости и теплопроводности наножидкостей определяется, наряду с объемной концентрацией наночастиц, их размером и плотностью материала. Выявлены зависимости коэффициентов переноса от характеристик системы, в частности установлено, что с ростом массовой плотности наночастиц эффективные коэффициенты вязкости и теплопроводности также увеличиваются.

В последней главе выполнено моделирование течений в наноканалах и построена статистическая теория процессов переноса в наноканалах и нанопорах. Показано, что коэффициенты переноса жидкости в этом случае определяется не только ее собственными свойствами, но и характеристиками всей системы жидкость–поверхность. Проведено молекулярно-динамическое моделирование вязкости жидкостей в плоском наноканале, показано, что ее можно как увеличивать, так и уменьшать, варьируя материал стенок канала.

Большинство полученных результатов являются новыми. Они достаточно полно отражены в 35 печатных работах, 18 из которых опубликованы в журналах из списка ВАК РФ, прошли апробацию на международных и российских конференциях. В автореферате

По автореферату диссертации можно сформулировать следующие замечания:

1. В автореферате можно было привести выражения для нескольких коэффициентов переноса, определяемых по второму и третьему приближениям неравновесной функции распределения.
2. Формула Стокса для силы сопротивления применяется обычно в задаче обтекания неподвижной частицы стационарным потоком. В автореферате не обсуждается вопрос о применимости этой формулы для наночастицы, скорость которой при движении сильно меняется, хотя приводится сравнение результатов с данными, определенными по закону Стокса.
3. В работе, судя по автореферату, нет оценок влияния температуры (в частности, её снижения) на рассматриваемую модель процессов переноса в наножидкостях. На мой взгляд, такая оценка была бы полезна.

Несмотря на эти замечания, диссертационная работа А.А. Белкина представляет собой завершённое научное исследование, выполненное автором самостоятельно и на высоком уровне. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Белкин А.А. достоин присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Я, Кинеловский Сергей Анатольевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Белкина Александра Анатольевича, и их дальнейшую обработку.

Главный научный сотрудник
лаборатории механики многофазных сред и кумуляции,
доктор физико-математических наук



Кинеловский Сергей Анатольевич

4.12.2017

Подпись Кинеловского С.А. заверяю
Ученый секретарь ИГиЛ СО РАН,
к.ф.-м.н.



И.В. Любашевская

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГиЛ СО РАН)

Россия, 630090, г. Новосибирск, просп. акад. Лаврентьева, д.15;
Телефон: +7 (383) 346 50 01;
E-mail: info@hydro.nsc.ru; <http://www.hydro.nsc.ru>