

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Рютина Сергея Борисовича
«Исследование теплопереноса в перспективных теплоносителях
при мощном тепловом воздействии», представленной
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Актуальность. Исследование физических основ процесса переноса теплоты в жидкостях, находящихся в околокритических и сверхкритических состояниях, является важным научным направлением работы многих научных коллективов во всем мире. Разнообразие особенностей протекания процессов теплопереноса не позволило до сих пор создать соответствующую последовательную и компактную теорию. Существенно и то, что в последние годы возрос интерес к свойствам жидкостей, в которых находятся во взвешенном виде малоразмерные твердофазные частицы. Изучение свойств таких жидкостей, называемых нанофлюидами, показало их перспективность для использования в качестве теплоносителей. Экспериментальные работы, посвященные свойствам таких жидкостей, до сих пор не обеспечивают получение надежной информации о теплофизических свойствах, особенно вблизи критической точки. Предпринятое Рютиным С.Б. исследование, направленное на разработку и создание методики исследования веществ, находящихся в околокритических состояниях, а также и на изучение свойств этих веществ является актуальным. Актуальность данной работы связана в первую очередь с фундаментальной физикой, а во-вторых, с возможностью применения результатов данного исследования для создания нового класса эффективных теплоносителей.

Научная новизна диссертационного исследования Рютина С.Б. связана с несколькими направлениями его работы. В первую очередь это

развитие импульсного зондового метода исследования теплофизических свойств жидкостей. Диссертантом разработана методика эксперимента, и создан оригинальный стабилизированный быстродействующий генератор импульсов, позволяющий формировать тепловое воздействие в системе проволочный зонд-жидкость. Используя затем созданный прибор диссертант получил многочисленные новые результаты, позволяющие оценить теплофизические параметры исследуемых жидкостей в широком интервале высоких температур.

Иными словами, научное содержание диссертационного исследования Рютина С.Б. значительно, что дает основания рассматривать это исследование как квалификационную работу.

Значимость для науки и практики не вызывает сомнений. Диссертант получил новые сведения о теплофизических характеристиках нанофлюидов и сверхкритических флюидов, что составляет основное фундаментальное значение работы Рютина С.Б. Результаты исследований могут послужить основой для выбора новых типов жидких теплоносителей в энергетических установках.

Большое значение для науки и практики имеет созданная диссертантом измерительная установка, содержащая стабилизированный генератор электрических импульсов, развивающий в измерительном зонде постоянную мощность. Выполненные с помощью данной установки исследования не исчерпывают ее возможностей, и можно ожидать применения ее для решения иных научных и технических задач.

Подобные исследования важны как для фундаментальной, так и для прикладной теплофизики.

Общая характеристика диссертации. Общий объем диссертации – 118 страниц. Структурно она разделена на Введение, четыре главы, Заключение, Основные обозначения и список литературы.

Во введении приведена общая характеристика работы. Первая глава – посвящена литературному обзору, охватывающему проблемы экспериментального определения теплофизических свойств нанофлюидов и сверхкритических флюидов при высоких температурах. Обзор весьма подробный, опирающийся на значительную литературную базу. На основании этого обзора сделан вывод об имеющейся неполноте представленных сведений по высокотемпературной теплофизике рассматриваемых веществ. На основании критического анализа современной научной литературы автор сформулировал цель и задачи исследования.

Первая глава посвящена разработке зондового метода исследования теплофизических свойств нанофлюидов и сверхкритических флюидов при высоких температурах. Непосредственной главной проблемой, решаемой в первой главе, явилось создание специального импульсного генератора, позволяющего развивать в нагрузке (зонде) постоянную мощность на протяжении всего воздействующего импульса. Эта задача решена диссертантом грамотно, с высоким мастерством. Далее в этой главе проанализированы в общих чертах причины появления погрешностей измерения, и оценена их результирующая величина. Затем, приведены результаты испытания этой системы, которые показали высокое качество ее работы. В этой главе обосновано научное положение, касающееся созданной измерительной системы и методики проведения измерений.

Третья глава рассматривает результаты исследования теплофизических свойств нанофлюидов. Следует отметить, что исследование каждого класса жидких материалов зондовыми методами связано с разработкой тонких особенностей проведения эксперимента, поскольку во время опыта происходит взаимодействие датчика (зонда) и исследуемого вещества. Процедура, разработанная диссертантом, представляется весьма корректной. В этой главе приводятся результаты исследований свойств нанофлюидов при

нормальном и повышенном давлении. При обсуждении результатов этой главы диссертант обосновывает научное положение о влиянии межфазного термического сопротивления на величину термического сопротивления нанофлюидов.

Четвертая глава посвящена исследованию свойств сверхкритических флюидов. Из чтения этой главы видно, какое экспериментальное мастерство потребовалось от диссертанта для обоснования многочисленных результатов. Им проведены дополнительные опыты, компьютерное моделирование, позволившие утверждать, что для таких высоких скоростей нагрева, которое используется в опытах, обычные уравнения механики сплошной среды неприменимы.

Один из важнейших результатов полученных диссертантом говорит о том, что в сверхкритических состояниях происходит увеличение теплового сопротивления системы. Данный результат не противоречит физике теплообменных процессов, однако существенно изменяет сложившееся представление об аномальном росте теплопроводности в сверхкритических режимах. Получение этого результата оказалось возможно потому, что диссертант сумел создать такую систему измерения, которая позволяла выделить именно кондуктивную часть теплопередачи и практически полностью исключить прочие вклады, например, конвективный перенос теплоты. Все это позволило обосновать третье научное положение.

Следует отметить, что диссертация Рютина С.Б. практически не содержит тривиального научного материала и полностью посвящена новым физическим проблемам.

Заключение диссертации посвящено изложению результатов исследования. Из представленного материала следует, что задачи, поставленные в исследовании, решены, а цели достигнуты.

Очень приятное впечатление производит приведенный в диссертации список основных обозначений и сокращений. Далеко не в каждом диссертационном исследовании имеется этот важный для понимания работы раздел.

Список литературы достаточно подробен, что свидетельствует о хорошей базовой подготовке диссертанта в изучаемом направлении. Следует отметить, что список литературы оформлен грамотно, и позволяет получить полное представление о цитируемом источнике.

Диссертация характеризуется последовательным изложением проблемы. Она обладает внутренним единством. Диссертация написана хорошим литературным языком, что говорит о высокой общей культуре диссертанта.

Автореферат правильно передает содержание диссертации.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, выносимых на защиту. Прежде всего, следует отметить, что научные положения, сформулированы диссертантом в виде закономерностей, позволяющих четко определить суть диссертационной работы. Именно такие взаимосвязи и представляют собой главный итог научной работы.

Положения, выносимые на защиту, в диссертации обоснованы достаточно надежно. Действительно, зондовые методы длительное время широко применяются в физическом эксперименте. Рютин С.Б. применил новый подход, и создал на базе известного метода экспериментальную установку, обладающую свойствами, недоступными для иных измерительных средств. Сомнений в ее работоспособности нет. Аналогично можно сказать и о полученных с ее помощью физических результатах. Каждое научное положение имеет под собой значительную экспериментальную базу и хорошо продумано в теоретическом плане.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. В основе представленной диссертационной работы зондовый метод исследования теплофизических свойств. Зондовые методы широко применяются при исследовании жидкостей. Они зарекомендовали себя как наиболее информативные и метрологически хорошо обеспеченные. Поэтому, экспериментальные результаты достоверны. Не вызывают сомнения и достоверность научных выводов, следующих из этих результатов. Выводы получены на основании грамотного применения современных научных представлений о процессах передачи теплоты дисперсными средами.

Основные замечания. Диссертация не свободна от недостатков. Отметим некоторые.

1. Одной из важнейших величин, рассчитываемых на основании проведения измерений, является температурный напор $\Delta T(t)$ (формула (2.3) на стр. 57). Однако в диссертации отсутствует методика расчета этого параметра. Ссылка на источник [63] никаким объяснением не является, поскольку методика вычислений температурного напора в диссертации и в [63] может не совпадать.

2. Постановка задачи исследования (стр. 39-40 диссертации, параграф 1.3) содержит только ту часть решаемых в работе проблем, которая относится к измерительной установке. Проблема, связанная с изучением свойств флюидов, в постановке задачи не отражена, однако, она является стержневой. Конечный итог диссертационной работы, как следует из ее прочтения - изучение свойств флюидов. Необходимо отметить, что в автореферате цель работы сформулирована правильно (см. стр. 4 автореферата).

3. На стр. 60 диссертации отмечено, что для «минимизации ... случайной составляющей погрешности было применено сглаживание опытных данных». Что такое «сглаживание»? Определение этого термина в

диссертации отсутствует. Если под «сглаживанием» понимается аппроксимация результатов, например, при помощи сплайнов, то такое сглаживание может только увеличить погрешность.

4. В тексте имеются опечатки.

- На принципиальной схеме ПИ-регулятора (стр. 51, рис. 2.5) неправильно нарисованы источники тока (длинная черточка в условном обозначении соответствует положительному полюсу источника тока, а около нее записан отрицательный потенциал);

- Стр. 68, рис. 3.2.1. В верхнем ряду блок-схемы методики проведения опытов три правых прямоугольника обозначают вещества с различной концентрацией наночастиц: x_1 , x_2 и x_3 . Это не соответствует тексту диссертации (см. стр. 67), из которого следует, что данные опыты проводятся с одинаковыми веществами и лишь после успешного их завершения переходят к опыту с веществом с другой концентрацией; соответствующая линия показана на рис.3.2.1 внизу справа.

Следует отметить, что сделанные замечания не снижают общей ценности работы, и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

Заключение. В диссертационной работе Рютина Сергея Борисовича приведены научные результаты, позволяющие квалифицировать их как решение задачи, имеющей значение для теории и эксперимента в области высокотемпературной теплофизики флюидов. Исследование Рютина С.Б. соответствует по своему содержанию пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней.

Работа выполнена автором самостоятельно на достаточном высоком научном уровне.

Таким образом, диссертация представляет собой законченное научное исследование, удовлетворяющее требованиям ВАК. Основные научные

положения диссертации опубликованы в научной печати и доложены на конференциях.

Считаю, что Рютин Сергей Борисович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Сведения об авторе отзыва.

1. Фамилия, имя, отчество: Ивлиев Андрей Дмитриевич
2. Должность: профессор кафедры физико-математических дисциплин ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально педагогический университет».
3. Ученая степень: доктор физико-математических наук: шифры специальностей: 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника; 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.
4. Наименование организации: ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет».
5. Почтовый адрес: 620012, Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11. РГППУ, каф. ФМ
6. Телефон: +7(343) 338-44-05
7. E-mail: ad_i48@mail.ru

Доктор физико-математических наук,
профессор кафедры физико-математических
дисциплин Российского государственного
профессионально-педагогического
университета

 Ивлиев Андрей Дмитриевич

Подпись профессора Ивлиева Андрея Дмитриевича заверяю.

Ученый секретарь Ученого
совета университета

 М.М. Кириллова

10 марта 2015 г.

г. Екатеринбург