

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу Паршаковой Марии Александровны
«Экспериментальное исследование кинетики и динамики спонтанного
вскипания перегретых жидкостей»,
представленную на соискание учёной степени кандидата
физико-математических наук по специальности
1.3.14. – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Актуальность. Исследование особенностей протекания фазовых переходов – одна из основных фундаментальных проблем современной физики. В диссертационной работе Паршаковой М. А. рассматривается фазовый переход жидкость-газ в н-пентане. Основное внимание при этом уделено процессам существования метастабильного состояния. Данная проблема давно известна исследователям, однако до сих пор многие вопросы кинетики не могут найти адекватного описания. До сих пор ощущается острая нехватка экспериментальной информации.

Кроме фундаментальных проблем данная диссертация решает и проблемы технические, поскольку метастабильные состояния возникают во всех жидкостях, в том числе и в технических. Вследствие возникновения метастабильных состояний создаются различные эффекты, которые могут оказаться как полезны, так и вредны для решения тех или иных проблем. Важность понимания процессов, протекающих в метастабильном состоянии, обусловлена необходимостью обеспечения безопасности и эффективности использования жидкостей в технике. Отмеченное позволяет сделать вывод о том, что тема диссертационного исследования Паршаковой М. А. является актуальной.

Научная новизна. Результаты научного исследования Паршаковой М. А. обладают новизной. В первую очередь необходимо отметить существенное развитие методики экспериментального исследования. Пузырьковая камера, известная и ранее, оснащена сложной оптической системой, позволяющей контролировать процесс вскипания и фиксировать результаты наблюдения при помощи высокоскоростных видеокамер. Сигналы, получаемые с помощью видеокамер, подвергались специальной сложной обработке с целью определения характерных моментов времени и проведения статистического анализа информации, что позволило, в частности, определить параметры плотностей распределения вероятностей измеряемых величин. Естественно, что, обладая таким измерительным инструментом, диссертант получила результаты, недоступные для других исследователей. Отметим лишь обнаружение явления перехода однофазной конвекции к пленочному режиму кипения, минуя стадию развитого пузырькового кипения, и установление отсутствия влияния многократных вскипаний перегретой жидкости (н-пентана) на величину коэффициента поверхностного натяжения.

Значимость для науки и практики. Задача, решенная диссертантом, представляет интерес для фундаментальной физики, в частности для физики фазовых переходов. Полученные результаты явятся основой для построения соответствующих моделей фазового перехода жидкость-пар, а возможно и в более общем случае. Установленные числовые значения являются основой для разработки параметров соответствующих технологических процессов, позволяющих безопасно (безаварийно) осуществлять нагрев жидких материалов. Такие процессы очень важны в промышленности.

Общая характеристика диссертации. Объем диссертации – 194 страницы. Структурно она разделена на *Введение*, четыре *Главы*, *Заключение*, *Основные обозначения*, *Список литературы* и *три Приложения*. Во *Введении* приведена общая характеристика работы.

Глава 1 - литературный обзор. Учитывая многоплановость диссертационного исследования Паршаковой М. А., обзор состоит из трех частей. Первая часть посвящена общей теории метастабильного состояния вещества и теории зародышеобразования при фазовых переходах. Вторая часть рассматривает существующие методы экспериментального исследования свойств вещества в окрестностях фазовых переходов. Третья – результатам исследования свойств вещества в метастабильном состоянии. Несмотря на краткость, диссертант рассмотрела базовые проблемы достаточно подробно, начиная от первооснов. Об этом можно судить, в частности, по обширной литературной базе изученной диссертантом. Глава заканчивается формулированием задачи исследования. Задача, естественно, тоже многоплановая. Первая часть – создание нового поколения измерительных приборов, позволяющих с высокой точностью оценивать процесс вскипания и определять особенности этого процесса. Вторая – статистическая обработка обширной информации, позволяющая прогнозировать результаты даже в том случае, когда отсутствует возможность наблюдать некоторую часть процесса. Третья – анализ полученной информации. В качестве исследуемой жидкости обоснованно выбран *n*-пентан.

Глава 2 посвящена описанию экспериментальной установки и разработке методики проведения эксперимента. Данная глава имеет особую значимость, поскольку создаваемая методика оригинальна, и должна позволять получать информацию, физический смысл которой понятен. Диссертант с данной задачей справилась. Важным элементом разработанной методики является высокая степень автоматизации, что позволяет исключить «человеческий фактор», и получать сведения, определяемые лишь конструкцией измерительной установки. Диссертантом оценены метрологические характеристики разработанной методики.

В *Главе 3* рассмотрены методы обработки результатов измерений. В диссертации это существенная часть всей работы, поскольку из огромного массива сведений необходимо получить информацию, касающуюся конкретной проблемы эксперимента. В частности, речь идет о моментах вскипания метастабильной жидкости. Таким образом, массив данных должен быть подвергнут усреднению. Диссертант рассматривает моменты времени начала

кипения как статистический процесс. Рассмотрены и привлечены для описания результатов разнообразные модели статистических процессов. Соответствующие вычисления достаточно громоздки. В ряде случаев для получения информации, сопоставимой с другими работами, эти вычисления необходимо проводить, опираясь на стандарты. Именно такой подход использован в диссертации.

В *Главе 4* представлены результаты измерения и проведен анализ полученных результатов. Измерения выполнены при разнообразных параметрах проведения эксперимента. В частности, при разных режимах термостатирования, разных диаметрах и длинах капилляров, наличия или отсутствия растворенных газов и др. В процессе проведения экспериментов осуществлялось наблюдение за процессом роста вертикального размера парового зародыша в зависимости от времени, определяемого по номеру кадра видеосъемки. Также по данным видеосъемки определялся момент вскипания жидкости. Анализ моментов времени вскипания позволили получить ряд обобщающих результатов, характерных для различных режимов вскипания. В частности, показано, что статистический подход к описанию моментов времени вскипания оказался оправданным. Определены типы плотностей распределения вероятностей, описывающих данные процессы.

Заключение содержит в краткой форме основные результаты проделанной диссертантом работы.

Основные обозначения – важная часть диссертации, позволяющая оперативно изучить ее содержание.

Список литературы достаточно полный, содержащий 301 источник, свидетельствует о широком научном кругозоре и о большой предварительной работе, проделанной диссертантом.

В *Приложении А* описаны статистические методы оценивания данных типа времени жизни.

В *Приложении В* в табличном виде представлены результаты экспериментального определения времен жизни перегретого н-пентана.

В *Приложении С* в табличном виде представлены результаты измерения параметров вскипания перегретого н-пентана в процессе непрерывного понижения давления.

Материал, представленный в диссертации, позволяет отметить, что поставленная задача исследования выполнена диссертантом.

Диссертация характеризуется последовательным изложением проблемы. Она написана хорошим литературным языком. Содержание разделов диссертации соответствует теме и подчинено цели работы.

Результаты научных работ опубликованы в 15 статьях и 15 тезисах докладов в материалах международных и республиканских конференций; в том числе 15 статей - в рецензируемых журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, включая 9 статей, входящих в международные базы цитирования Scopus и Veb of Science. Автореферат правильно передает содержание диссертации.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, выносимых на защиту. Диссертантом вынесено на защиту четыре научных положения (стр. 10 диссертации). Каждое из них представляет собой взаимосвязь физических параметров, установленную в данной работе. Первое научное положение, касающееся новых возможностей методики, созданной диссертантом, обосновано в главах 2 и 4. Второе научное положение, устанавливающее особенности процесса парообразования на границе достижимого перегрева, обосновано в главе 4. Третье научное положение, характеризующее особенности процесса вскипания на дефектах поверхности капилляра, обосновано в главе 4. Четвертое научное положение, касающееся времен жизни перегретых жидкостей, обосновано в главах 3 и 4. Таким образом, диссертационное исследование Паршаковой М. А. содержит достаточное количество значимых научных результатов. Проведенная автором работа обладает научным смыслом, который может быть изложен в виде научных положений, обладающих научной новизной.

Достоверность научных положений и результатов, сформулированных в диссертации, базируется на использовании экспериментальных методик, апробированных в принципе, на использовании прецизионных измерительных средств, а также на использовании современных математических и физических моделей, позволяющих судить о связи наблюдаемых величин со свойствами исследуемого вещества. Вся совокупность изученных свойств является взаимосвязанной.

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

1. На стр. 56-57, п° 2.4., рис. 13 описана многозеркальная система формирования изображения капилляра, создаваемого в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Описанная система позволяет использовать одну видеокамеру, но является очень сложной в настройке. Почему не был использован такой вариант построения измерительной установки, при котором две синхронно работающих видеокамеры, непосредственно регистрируют изображения в этих двух проекциях?

2. Стр. 101. Написано: «... функция выживаемости $S(t)$ имеет форму прямой, как на Рисунке 30а, с, d, e ...». Однако, на рис. 30 а зависимость $S(t)$ отсутствует. Где-то опечатка?

3. На стр. 104 в 6-й и 8-й строках сверху приведены данные для коэффициентов c_0 и c_1 с погрешностью, выражаемой числом с четырьмя или пятью значащими цифрами. Какой в этом смысл? Для характеристики погрешности обычно достаточно одной или двух значащих цифр.

4. В ряде случаев, например, на стр. 52, используется термин «точность». Этот термин не предусматривает количественного выражения. Если указывается числовое значение, то лучше писать «погрешность».

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

Заключение. Диссертация соответствует Паспорту специальности 1.3.14. – Теплофизика и теоретическая теплотехника и отрасли наук – физико-математические, в частности пункту 1 Паспорта специальности. В диссертационной работе Паршаковой Марии Александровны «Экспериментальное исследование кинетики и динамики спонтанного вскипания перегретых жидкостей» на основании выполненных исследований решена научная задача, имеющая значение для развития физики кипения.

Таким образом, диссертационная работа полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней в УрФУ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Паршакова Мария Александровна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14. – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Доктор физико-математических наук (специальности: 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника; 01.04.07 – Физика конденсированного состояния), профессор, профессор кафедры математических и естественнонаучных дисциплин; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный педагогический университет»; Россия, 620091, Екатеринбург, пр. Космонавтов, д. 26.

E-mail: ad_i48@mail.ru

Андрей Дмитриевич Ивлиев

15 мая 2025 г.

г. Екатеринбург, Россия

