

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

диссертационного совета Д 003.053.01 при ИТ СО РАН о диссертационной работе Виноградова Андрея Владимировича «Неравновесные процессы распада метастабильных состояний при кипении и образовании газовых гидратов», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

1. Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте теплофизики Уральского отделения Российской академии наук
2. Диссертация посвящена комплексному исследованию динамики критических и переходных процессов тепломассопереноса при высокоинтенсивных фазовых превращениях, таких как кипение и кавитация жидкостей, а так же изучение кинетики распада сильно неравновесных метастабильных состояний аморфного льда.

В ней были поставлены и решены следующие задачи:

- Создание комплекса экспериментальных установок для регистрации флуктуационных процессов в системах с неравновесными фазовыми переходами. Разработка способов измерений флуктуаций при кипении, кавитации, дуговом разряде, колебательных режимах горения.
- Экспериментальное исследование флуктуационных процессов в кризисных и переходных режимах кипения, ультразвуковой кавитации жидкостей различной вязкости, колебательных режимах горения, дуговом электрическом разряде.
- Экспериментальное обнаружение экстремальных пульсаций с расходящимися спектральными характеристиками (спектр мощности флуктуаций обратно пропорциональный частоте) в кризисных и переходных процессах тепломассопереноса с неравновесными фазовыми переходами.
- Экспериментальное определение сценариев перехода к флуктуационным процессам с низкочастотной расходимостью спектров мощности при неравновесных фазовых переходах. Определение соотношений между показателями степени частотной зависимости спектров мощности флуктуаций и длительностями низкочастотных выбросов.
- Экспериментальное обнаружение и исследование стохастического резонансного отклика в переходных режимах кипения при периодическом тепловыделении.

- Разработка и апробация нового метода получения гидратов компонентов природного газа при низкотемпературной конденсации молекулярных пучков.
- Исследование условий образования гидратов метана, этана, пропана, диоксида углерода, полученных низкотемпературной конденсацией молекулярных пучков.
- Исследование температурных интервалов устойчивости и условия разложения полученных гидратов.

3. В результате исследований Виноградова А.В.:

- Разработаны методические подходы к экспериментальному исследованию экстремальных пульсаций в критических и переходных режимах теплообмена с фазовыми переходами.
- Экспериментально исследована динамика флуктуаций в кризисных режимах кипения и при акустической кавитации жидкостей. Показано, что в переходных режимах кипения (переход от пузырькового к пленочному кипению на платиновом проволочном нагревателе, кризис кипения на пористой поверхности, переход капли на горячей поверхности к сфероидальному состоянию) и при акустической кавитации жидкостей возможно возникновение флуктуационных процессов с расходящимися спектральными характеристиками.
- Исследованы сценарии перехода к критическому поведению с низкочастотной расходимостью спектров. Показано, что, увеличение высокочастотной границы $1/f$ поведения спектров мощности понижает низкочастотную границу, что свидетельствует о нарастании крупномасштабных выбросов. Показано, что «хвосты» функции распределения длительности экстремальных пульсаций подчиняются степенному закону.
- Найдено соотношение, связывающее показатели степени в частотной зависимости спектров мощности и функции распределения длительности пульсаций. С экспериментальной точки зрения диагностика спектральных характеристик осуществляется точнее и легче, чем диагностика амплитудных распределений пульсаций. В тех случаях, когда известна только частотная зависимость спектров мощности флуктуаций, соотношения между показателями позволяют получать информацию о распределениях крупномасштабных выбросов и оценить опасные амплитуды.
- Проведено экспериментальное исследование экстремальных температурных пульсаций при переходе от пузырькового к пленочному режиму кипения воды на платиновом проволочном нагревателе при периодическом тепловыделении.

Показано, что при низких частотах периодического тепловыделения внешний шум приводит к перемежаемости режимов пузырькового и пленочного кипения и росту амплитуды температурных пульсаций. Результаты интерпретируются как стохастический резонансный отклик системы, когда периодическая составляющая пульсаций возрастает в присутствии шума.

- Численными методами исследована пространственно распределенная система нелинейных стохастических дифференциальных уравнений, описывающая взаимодействующие неравновесные фазовые переходы в одномерном и двумерном случаях. Показано, что система в широком диапазоне изменения начальных условий и интенсивности внешнего шума характеризуется $1/f$ поведением спектров мощности и масштабно-инвариантной функцией распределения флуктуаций.
 - Показана возможность формирования гидратов при кристаллизации в насыщенных газом низкотемпературных слоях аморфного льда, полученных осаждением молекулярных пучков на охлажденную жидким азотом подложку.
 - Самоконсервация обеспечивала сохранение гидратов в метастабильном состоянии при температурах значительно выше их равновесных температур диссоциации. При атмосферном давлении метастабильное сохранение гидратов диоксида углерода, метана, этана и пропана наблюдается вплоть до ~ 273 К.
 - На основе реализованного экспериментального метода формирования газовых гидратов получены образцы гидратов компонентов природного газа, содержащие до 15 масс % метана (160 м^3 газа в 1 м^3 образца), 12 масс % этана (100 м^3 газа в 1 м^3 образца), 13 масс % пропана (70 м^3 газа в 1 м^3 образца), 23 масс % диоксида углерода (170 м^3 газа в 1 м^3 образца), что соответствует их равновесным значениям.
4. Рассмотрев содержание диссертации и автореферата, комиссия пришла к выводу, что тема диссертации, а так же её содержание соответствуют научной специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

По теме диссертации опубликовано в печатных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК, 38 работ. Основные результаты работы докладывались на 23 отечественных и 5 международных конференциях и симпозиумах. Комиссия считает, что представленные соискателем ученой степени материалы диссертации в полной мере опубликованы в научных рецензируемых изданиях. Требования к публикациям, предусмотренным пунктами 11, 13 «Положения о присуждении ученых степеней» соблюдены.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в постановке задач, получении и обработке экспериментальных данных, проведения их анализа и интерпретации, разработке экспериментальных стендов и установок для получения исходных данных. Материалы других авторов, использованные в диссертации Виноградова А.В., во всех случаях содержат ссылку на источник и удовлетворяют требованиям пункта 14 «Положения о присуждении ученых степеней».

Экспертная комиссия рекомендует принять к защите диссертационную работу Виноградова Андрея Владимировича «Неравновесные процессы распада метастабильных состояний при кипении и образовании газовых гидратов» по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника в диссертационном совете Д 003.053.01 при ИТ СО РАН.

Председатель комиссии

д.т.н., чл.-корр. РАН

Н.А. Прибатурин

Члены комиссии:

д.ф.-м.н., профессор

д.ф.-м.н.

С.В. Станкус

С.А. Новопашин