

ОТЗЫВ

официального оппонента Попеля Петра Станиславовича о диссертации Андбаевой Валентины Николаевны «Поверхностное натяжение и достижимый перегрев растворов криогенных жидкостей» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14. – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Актуальность темы

Изучение процессов вскипания глубоко перегретых жидких растворов было начато с работ Райса 1950 г. и особенно интенсивно происходило в 1970-х годах. Именно тогда В.Г.Байдаков, научный руководитель А.Н.Андбаевой, спроектировал и ввел в эксплуатацию две установки: для изучения кинетики нуклеации и измерения поверхностного натяжения криогенных жидкостей. С тех пор им с сотрудниками были исследованы некоторые индивидуальные сжиженные газы, а также их взаимные растворы, например, Ar-Kr, He-O₂, He-N₂ и другие. Однако этими исследованиями были решены далеко не все вопросы, касающиеся вскипания криогенных жидкостей. В частности, не было проведено соответствующих опытов с растворами азота, кислорода, углекислого газа (основных компонентов воздуха), спонтанное вскипание которых в ряде современных устройств вполне вероятно. Не изученным оставалось и влияние поверхностно-активных присадок растворенных газов на натяжение и, как следствие, – на температуры достижимых перегревов бинарных и более сложных смесей криогенных жидкостей. Диссертационное исследование В.Н.Андбаевой, направленное на всестороннее изучение свойств межфазной границы жидкость-газ и кинетики гомогенной нуклеации в двойных и тройных системах азот-кислород, азот-кислород-гелий, аргон-гелий и аргон-неон в существенной степени восполняет эти пробелы. Дополнительным подтверждением его актуальности является включение результатов работы в ряд комплексных тем (8 тем разного уровня поддержки).

Научная и технологическая значимость

Простота молекулярной структуры перечисленных жидкостей позволяет использовать их в качестве эталонов для теоретических моделей жидкого состояния. Изучение их свойств и закономерностей фазовых переходов дает научную основу для развития теории фазовых переходов в их растворах и в системах с более сложными потенциалами взаимодействия.

Технологическая значимость работы определяется широким применением криогенных жидкостей и их растворов в ракетно-космической технике, ядерной физике и других отраслях. Для анализа протекающих в них процессов нужны надежные данные о свойствах, в частности, поверхностных. Поскольку при эксплуатации этих жидкостей всегда происходит их загрязнение различными примесями, то важно и влияние дополнительных компонентов на эти свойства (а на поверхностное натяжение, аномально чувствительное к содержанию примесей, – в особенности!). Разгерметизация сосудов с криогенными жидкостями всегда сопровождается их вскипанием, часто происходящим по гомогенному механизму или включающим его. Для предотвращения нежелательных последствий гомогенного вскипания необходима полученная В.Н.Андбаевой информация о кинетике этого процесса.

Личное участие автора

Судя по тексту диссертации, В.Н.Андбаева лично принимала участие в подготовке обеих экспериментальных установок, проведении на них необходимых экспериментов по измерению капиллярной постоянной растворов криогенных жидкостей, определению поверхностного натяжения, времен ожидания вскипания перегретых растворов и частоты нуклеации в них. Она же осуществляла математическую обработку результатов экспериментов. В.Н.Андбаева лично разработала алгоритм и составила компьютерную программу для описания свойств на плоской и искривленной

поверхностях раздела жидкость-газ в рамках теории Ван-дер-Ваальса. Ею же были выполнены необходимые расчеты характеристик межфазной границы для системы азот-кислород. Часть ее публикаций подготовлена лично, другая часть – совместно с соавторами.

Степень достоверности результатов исследований

Все измерения проводились В.Н.Андбаевой на установках, которые успешно использовались для решения аналогичных задач в течение более 40 лет. Методика проведения измерений и оценки всех составляющих погрешностей были разработаны в предшествующих исследованиях. Эти обстоятельства, а также очень тщательный контроль в ее работе равновесности системы в процессе проведения измерений как при нагреве, так и при охлаждении и согласие полученных ею результатов с данными других исследователей (там, где возможно такое сопоставление) свидетельствуют о высокой достоверности защищаемых экспериментальных результатов. Об этом же говорят и результаты расчетов по разработанным ей алгоритмам и программам, использующим в качестве расчетных параметров данные ее же экспериментов. Все это не оставляет сомнений в достоверности приведенных в диссертации результатов.

Оценка новизны полученных результатов

В.Н.Андбаевой впервые:

- исследованы поверхностное натяжение и кинетика спонтанного вскипания тройной криогенной системы O_2-N_2-He ; особое внимание уделено влиянию легколетучего компонента (He) на температуру достижимого перегрева;

- исследованы эти же свойства для бинарных криогенных систем $Ar-Ne$, $Ar-He$, O_2-N_2 , причем с существенным расширением температурного интервала измерений по сравнению с предшествующими работами;

- градиентное приближение термодинамики неоднородных систем Ван-дер-Ваальса обобщено на случай бинарной жидкой системы; проведены расчеты поверхностного натяжения с использованием констант, полученных в экспериментах с растворами O_2-N_2 ;

- показано, что учет кривизны межфазной границы пузырька и жидкости позволяет согласовать теоретические и экспериментальные значения температуры достижимого перегрева бинарного раствора при малых концентрациях растворенного вещества;

- экспериментально исследовано влияние «приработки» поверхности экспериментальной ячейки на глубину захода в метастабильную область изучаемой системы.

Основные результаты работы

- экспериментальные данные по капиллярной постоянной, поверхностному натяжению и температурам достижимого перегрева растворов Ar-Ne, Ar-He, O_2-N_2 , O_2-N_2-He ;

- экспериментальное доказательство того, что малые добавки гелия и неона в аргон приводят к существенному понижению температуры его достижимого перегрева.

- результаты расчета свойств межфазной границы жидкость – пар растворов O_2-N_2 (профили плотности, поверхностное натяжение, положение разделяющих поверхностей, параметр Толмена) в рамках теории капиллярности Ван-дер-Ваальса;

- результаты расчета радиусов критических пузырьков новой фазы, профилей плотности на их границах, работы образования критического пузырька в растворах O_2-N_2 в рамках этой же теории.

Вопросы и замечания оппонента

1. Из текста, приведенного на стр.47 и 72, невозможно понять, каким образом готовили смеси сжиженных газов заданного состава и как определяли их состав. Мог ли состав заметно изменяться в ходе измерений? Если да, то в каких пределах? Контролировали ли состав до и после опытов?
2. В чем состояла модернизация диссертантом установки для измерения капиллярной постоянной в 3-компонентных газонасыщенных системах и в чем суть ее методики, упоминаемой в выводах по главе 2 (вывод 4)?
3. Условия «приработки» поверхности измерительной ячейки определены только для стекла и реактивов, использованных в работе. Какова ценность этих результатов, если либо то, либо другое изменятся?
4. Мои попытки сопоставить во времени работы Сагдена (1921 г.) с его использованием таблиц Башфорта и Адамса (1983 г.) и аппроксимирующими их зависимостями Лэйна (1973 г.) (см. стр.44) приводят к довольно странным умозаключениям по поводу либо долгожительства Сагдена, либо вообще обратимости времени в случае с Лэйном!
5. Что такое «прозрачный поршень», впервые упомянутый на с.63?

Заключение

В диссертационной работе В.Н.Андбаевой в гармоничном единстве представлены результаты ее очень трудоемких экспериментальных исследований поверхностного натяжения и частоты гомогенной нуклеации в растворах криогенных жидкостей, с одной стороны, и результаты сложных компьютерных расчетов по самостоятельно разработанным программам – с другой. Во всех компонентах работы чувствуется высокая профессиональная подготовка диссертанта.

Рецензируемая работа соответствует паспорту специальности 01.04.14 (пункт 1 – Фундаментальные, теоретические и экспериментальные исследования молекулярных и макросвойств веществ в твердом, жидком и газообразном состояниях для более глубокого понимания явлений, протекающих при тепловых процессах и агрегатных изменениях в физических системах). Весьма обширен список публикаций и апробации (8 ваковских статей и 9 тезисов). Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Полагаю, что по своему научному уровню, широте, достоверности и научной ценности полученных результатов диссертационная работа В.Н.Андбаевой вполне соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени.

Попель Петр Станиславович

Доктор физико-математических наук, профессор,

Профессор кафедры физики и математического моделирования

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего профессионального образования «Уральский

государственный педагогический университет»

министерства образования и науки РФ,

620017, г.Екатеринбург, пр.Космонавтов, 26

Тел./факс: 343 371 46 56,

e-mail: pspopel@mail.ru

<http://www.uspu.ru>

5 июня 2014 г.

Подпись П.С.Попеля заверяю:



Попель

Подпись: *П.С. Попель*
Заверяю инсп. ОК УрГПУ *Б.М. Карагушев*