

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Бусова Константина Анатольевича “Динамика вскипания в струях перегретых жидкостей при истечении через короткий щелевой канал”, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Актуальность темы. Работа К.А. Бусова посвящена экспериментальному изучению процессов, сопровождающих быстрое истечение перегретых жидкостей через плоский щелевой канал. Объектами исследования являются вода, этанол и их растворы. Вода является основным теплоносителем в большинстве современных устройств энергетического оборудования. Этанол в водных растворах играет роль низкокипящего компонента, добавление которого позволяет существенно снижать температуры достижимых перегревов вдоль изобар. Автором получены новые интересные сведения о вскипании плоских струй перегретых жидкостей, о переходах с повышением температуры перегрева от гетерогенного вскипания на одиночных центрах к лавинообразному интенсивному гетерогенному зародышеобразованию, и при дальнейшем нагреве — к реализации механизма гомогенной взрывной нуклеации. Обнаружена взаимосвязь различных механизмов вскипания с характером раскрытия плоских струй и их реактивной отдачей, а в области переходных режимов установлено появление специфических $1/f$ осцилляций. Последнее, в частности, открывает возможность удобной регистрации смены режимов вскипания. Тематика представленной работы имеет высокую актуальность в связи с проблемами безопасности энергетического оборудования, а также в связи с возможными приложениями в области эффективного распыления различных жидких сред.

Степень обоснованности выводов. Выводы диссертационной работы К.А. Бусова, связанные с получением новых экспериментальных данных, основаны на тщательно спланированных и продуманных экспериментах на оригинальном, но в то же время, высоко надежном, тщательно отестированном оборудовании. Стоит отметить высокий научный профессионализм и качество проведенных экспериментальных исследований. В частности, для исследования флуктуационных процессов во вскипающих струях измерялась интенсивность прошедшего лазерного луча, а по полученным временным разверткам методом быстрого Фурье-преобразования строились спектры мощности и функции амплитудных распределений флуктуаций. Обоснованность формулируемых выводов обусловлена комплексным, всесторонним анализом изучаемых процессов: ожидаемые переходы к новому режиму вскипания коррелируют с изменением измеряемой реактивной отдачи струи, ее раскрытием, которое фиксируется визуально, и с характером флуктуационных процессов. Таким образом, все выносимые на защиту положения и выводы диссертации Бусова К.А. являются достаточно обоснованными и аргументированными.

Достоверность и новизна. Диссертационная работа К.А. Бусова выполнена на высоком научном уровне. В пользу достоверности полученных в диссертации экспериментальных результатов свидетельствует подробное описание экспериментального оборудования и использованных методик, а также качественное теоретическое объяснение наблюдаемых явлений. Все полученные в работе результаты являются новыми. Резюмируя полученные в диссертационной работе научные результаты, особо можно выделить следующие достижения диссертанта:

1. Экспериментальные сведения о вскипании жидких струй в невероятно широком диапазоне частот нуклеации, от $10^2 \text{ см}^{-3} \text{ с}^{-1}$ до взрывного гомогенного вскипания при частотах около $10^{20} \text{ см}^{-3} \text{ с}^{-1}$.
2. Обнаружение резкого падения реактивной отдачи плоских вскипающих струй в связи с реализацией растекания жидкости по прилегающей плоскости.
3. Обнаружение изменения флуктуационных процессов во вскипающих струях с переходом от обычного белого шума к осцилляциям $1/f$ типа, и установление взаимосвязи этих изменений с переходными режимами вскипания.

Научная значимость работы заключается в том, что ее результаты обосновывают использование плоских жидкостных струй в качестве перспективного инструмента для изучения гетерогенной и гомогенной нуклеации в перегретых жидкостях в широких диапазонах частот зародышеобразования, а также развивают имеющиеся представления о причинах возникновения

В.И. Жупульск
от 20.01.15г.

ций в сложных флуктуирующих системах.

Практическая значимость результатов, полученных в работе, заключается в возможности их использования для прогнозирования различных нештатных ситуаций, связанных с разгерметизацией энергетического оборудования, а также для разработки устройств для высокоскоростного диспергирования различных жидких сред.

Материал в диссертации К.А. Бусова изложен очень грамотно, понятно. Сама диссертация хорошо структурирована, оформлена и, практически, не содержит орфографических ошибок. Тем не менее, при знакомстве с ней у рецензента возникли некоторые вопросы и замечания:

1. При анализе экспериментально измеренных значений реакций отдачи (рис. 4 – 8 в автореферате) автор в качестве характерных границ использует гидравлическое и газодинамическое приближения. К сожалению, ни в автореферате, ни в тексте диссертации не указаны значения коэффициентов расхода (гидравлического и газового) и показатели адиабат исследуемых растворов, которые необходимы для построения данных приближений.

2. Выражение для реактивной отдачи, представленное в автореферате на стр. 14 и в диссертации на стр. 35 (ур. 1.16), можно существенно упростить, извлекая корень и приводя подобные.

3. В аналитическом обзоре диссертации обсуждается закон соответственных состояний и термодинамическое подобие. Можно ли полученные автором экспериментальные данные (по углу раскрытия струй, по реакции отдачи и т.д.) для различных растворов этанола в воде построить в термодинамически подобных координатах?

Сделанные замечания ни в коей мере не затрагивают основное содержание и положения, выносимые автором на защиту, а также не снижают научной ценности диссертационной работы К.А. Бусова и не влияют на ее общую положительную оценку.

Общее заключение. Диссертационная работа К.А. Бусова представляет собой логически завершенное и выполненное на высоком уровне научное исследование, получены новые важные результаты о динамике вскипания в струях перегретых жидкостей и взаимосвязи режимов кипения с характером раскрытия струй. Материалы диссертационной работы достаточно полно опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация К.А. Бусова отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК России к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Старший научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института электрофизики Уральского отделения
Российской академии наук
620016, Екатеринбург, ул. Амундсена, 106,
кандидат физико-математических наук,
e-mail: grey@ier.uran.ru, тел.: +7(343)2678776

Г.Ш. Болтачев

Подпись к.ф.-м.н. Болтачева Грзя Шамилевича заверяю.

Ученый секретарь ИЭФ УрО РАН,
кандидат физико-математических наук

Е.Е. Кокорина

