

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Казанского национального исследовательского
технического университета им. А.Н.Туполева - КАИ
д.ф.-м.н., профессор А.И. Гильмутдинов

20 января 2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

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

Диссертационная работа Бусова Константина Анатольевича посвящена экспериментальному исследованию динамических характеристик плоских струй перегретых жидкостей, истекающих из камеры высокого давления через короткий щелевой канал в атмосферу в условиях взрывного вскипания.

Актуальность работы. Изучение критических режимов истечения и взрывного вскипания в потоках перегретой жидкости связано с запросами атомной энергетики, криогенной спецтехники, с проблемой безопасности элементов энергетического оборудования. Вскипание перегретых жидкостей находит также применение как высокоэффективный способ мелкодисперсного распыления различных веществ и топлив.

При аварийных ситуациях с образованием течи в сосуде высокого давления могут реализовываться условия взрывного парообразования на центрах флуктуационной природы в потоке теплоносителя. Высокая интенсивность и сосредоточенность взрывного вскипания приводит к кризисному поведению интегральных характеристик струи (полный развал струи, резкое снижение величины реактивной тяги, $1/f$ пульсации). Присутствие пульсаций со спектром мощности обратно пропорциональным частоте ($1/f$ спектры) в системах различной природы указывает на возможность крупномасштабных высокоэнергетических выбросов. Известно, что работа аппаратов в переходных режимах связана с неустойчивостью и значительными колебаниями в поведении рабочих параметров. Поэтому, диагностика колебательных процессов в энергетическом и другом оборудовании является на сегодняшний день важной задачей. При аварийной разгерметизации трубопроводов и сосудов высокого давления с горячей жидкостью образуются отверстия различной геометрии. Истечение вскипающих жидкостей через различные виды каналов, которые отличаются по своей длине и геометрической форме, может привести к целому ряду особенностей в поведении двухфазного потока. Поэтому важным является исследование влияния геометрических условий истечения на характеристики вскипающих струй.

Экспериментальные исследования динамических характеристик вскипающих струй, проведенные в диссертационной работе К.А. Бусова являются весьма актуальными.

Научная новизна и значимость работы определяется получением новых экспериментальных данных о динамических характеристиках струй вскипающей воды, этанола и его водных растворов, истекающих через плоский канал, при различных степенях перегрева и разных механизмах парообразования.

Среди полученных автором новых результатов можно выделить следующие:

1. Выявлено полное раскрытие струи перегретых жидкостей (вода, этанол, водные растворы этанола) при истечении через короткий щелевой канал и резкое снижение реактивной отдачи струи при истечении из сосуда высокого давления в условиях взрывного вскипания.
2. Определены геометрические условия за выходом из короткого щелевого канала, способствующие полному раскрытию вскипающей струи и резкому падению ее реактивной силы.
3. Установлена связь низкочастотных пульсаций со спектром мощности, обратно пропорциональным частоте ($1/f$ спектром) в сильнонеравновесной вскипающей струе с переходными режимами вскипания.

Результаты работы развивают представления о струях вскипающих жидкостей.

Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов определяется тщательностью проведения экспериментов, их воспроизводимостью, использованием проверенных методов измерений и соответствием с результатами работ других авторов в данной области исследований.

Практическая значимость работы связана с проблемой безопасности объектов атомной энергетики, криогенных аппаратов и элементов энергетического оборудования. Результаты работы нашли применение в модернизации пожарной техники нового поколения, использующей горячую воду в качестве противопожарного агента. Полученные экспериментальные данные могут служить основой для выработки рекомендаций по оценке реактивных усилий струй двухфазных сред и диагностике режимов работы аппаратов с предельными и критическими тепловыми нагрузками.

Результаты диссертации могут быть рекомендованы к использованию в исследовательских учреждениях, связанных с изучением истечения двухфазных потоков, в частности, Институте теплофизики СО РАН им. С.С. Кутателадзе, Институте высоких температур РАН, в Уральском федеральном университете имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, в Академии ГПС МЧС России, в Новосибирском государственном Университете.

Автореферат отражает содержание и результаты диссертации.

Результаты работы опубликованы в ведущих журналах и докладывались на конференциях.

Замечания по диссертационной работе:

1. Чем обусловлен в работе выбор веществ для проведения опытов по истечению вскипающих жидкостей через щелевой канал?

2. В работе не представлена информация о размерах капель в двухфазной струе.

В целом, указанные замечания носят скорее характер пожеланий для дальнейшей работы.

Диссертационная работа К.А. Бусова обсуждалась на расширенном научно-техническом семинаре кафедры теплотехники и энергетического машиностроения в Институте авиации, наземного транспорта и энергетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева-КАИ» 10 декабря 2014 г. (протокол № 4).

Общее заключение. Диссертация К.А. Бусова является научно-квалификационной работой, в которой получены новые научные результаты, имеющие фундаментальное и практическое значение, направленные на более глубокое понимание явлений при кипении в физических системах.

Диссертационная работа «Динамика вскипания в струях перегретых жидкостей при истечении через короткий щелевой канал» соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор Бусов Константин Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Отзыв составили:

Гуреев Виктор Михайлович

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплотехники и энергетического машиностроения Института авиации, наземного транспорта и энергетики, проректор по развитию Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева-КАИ», тел. (843) 231-01-14, e-mail: viktor.gureev@kai.ru. 420111, г.Казань, ул. К. Маркса, 10 (1 учебное здание), 1 этаж/комн. 122

Тукмаков Алексей Львович

доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник кафедры теплотехники и энергетического машиностроения Института авиации, наземного транспорта и энергетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева-КАИ», тел. (843) 231-01-14, e-mail: tonkonogvg@yandex.ru. 420111, г.Казань, ул. К. Маркса, 10 (1 учебное здание), 1 этаж/комн. 122

Тонконог Владимир Григорьевич

кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники и энергетического машиностроения Института авиации, наземного транспорта и энергетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева-КАИ», тел. (843) 231-01-14, e-mail: tonkonogvg@yandex.ru. 420111, г.Казань, ул. К. Маркса, 10 (1 учебное здание), 1 этаж/комн. 122