

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.13, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 23 декабря 2016 года публичной защиты диссертации Пискунова Максима Владимировича «Фазовые превращения капель воды с твердыми нерастворимыми включениями при высокотемпературном нагреве» по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

На заседании присутствовали 21 из 26 членов диссертационного совета, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника:

1.	Христенко Юрий Федорович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р техн. наук	01.02.04
2.	Васенин Игорь Михайлович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
3.	Пикушак Елизавета Владимировна, ученый секретарь диссертационного совета	канд. физ.-мат. наук	01.02.05
4.	Архипов Владимир Афанасьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
5.	Биматов Владимир Исмагилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
6.	Бубенчиков Алексей Михайлович	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
7.	Бутов Владимир Григорьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
8.	Герасимов Александр Владимирович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
9.	Глазунов Анатолий Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
10.	Глазырин Виктор Парфирьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
11.	Зелепугин Сергей Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
12.	Крайнов Алексей Юрьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
13.	Люкшин Борис Александрович	д-р техн. наук	01.02.04
14.	Макаров Павел Васильевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
15.	Прокофьев Вадим Геннадьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
16.	Скрипняк Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
17.	Смоляков Виктор Кузьмич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
18.	Тимченко Сергей Викторович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
19.	Черепанов Олег Иванович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
20.	Шрагер Геннадий Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
21.	Шрагер Эрнст Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.04.14

Заседание провёл заместитель председателя диссертационного совета доктор технических наук, старший научный сотрудник Христенко Юрий Федорович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 21, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить М.В. Пискунову учёную степень кандидата физико-математических наук.

Заключение диссертационного совета Д 212.267.13
на базе федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства образования и науки Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23.12.2016 г., № 298

О присуждении **Пискунову Максиму Владимировичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Фазовые превращения капель воды с твердыми нерастворимыми включениями при высокотемпературном нагреве»** по специальности **01.04.14** – Теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 17.10.2016 г., протокол № 286, диссертационным советом Д **212.267.13** на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 203-161 от 08.02.2008 г.).

Соискатель **Пискунов Максим Владимирович**, 1991 года рождения.

В 2014 г. окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В 2016 г. окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Работает в должности инженера лаборатории фундаментальных основ ресурсоэффективных и безопасных технологий тушения лесных пожаров с применением авиации в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский

политехнический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре автоматизации теплоэнергетических процессов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук **Стрижак Павел Александрович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», заведующий кафедрой автоматизации теплоэнергетических процессов, доцент.

Официальные оппоненты:

Марчук Игорь Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория интенсификации процессов теплообмена, старший научный сотрудник,

Елистратов Сергей Львович, доктор технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра тепловых электрических станций, заведующий кафедрой,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «**Сибирский федеральный университет**», г. Красноярск, в своем положительном заключении, подписанном **Патриным Геннадием Анатольевичем** (доктор физико-математических наук, профессор, Институт инженерной физики и радиоэлектроники, директор института) и **Дектеревым Александром Анатольевичем** (кандидат технических наук, старший научный сотрудник, кафедра теплофизики, заведующий кафедрой), указала, что актуальность темы диссертации обусловлена довольно малым

количеством достоверных экспериментальных данных по условиям и характеристикам испарения и кипения капель жидкостей с твердыми включениями при высокотемпературном нагреве, а также слабой изученностью механизмов быстропротекающих процессов при реализации фазовых превращений таких жидкостей. С применением разработанной экспериментальной методики, отличающейся от известных совместным использованием высокоскоростного видеоконкомплекса для визуализации особенностей рассматриваемых процессов и следящей системы, экспериментально установлен новый физический эффект – взрывоподобное дробление капли воды с соразмерным твердым непрозрачным включением вследствие интенсивного парообразования при нагреве в высокотемпературных (более 650 К) газовых средах (на примере воздуха и типичных продуктов сгорания); изучены закономерности и условия фазовых превращений капель жидкостей с твердыми включениями в высокотемпературной газовой среде; установлены стадии интенсивного парообразования в неоднородных (с твердыми соразмерными включениями) каплях воды с взрывоподобным разрушением последних; выделены параметры нагрева, при которых устойчиво происходит разрушение капли жидкости с твердым включением; определены временные характеристики фазовых превращений; зарегистрированы процессы зарождения и эволюции парового слоя на внутренних границах раздела сред «поверхность твердого включения – слой жидкости»; установлено влияние паровых (буферных) слоев на внутренних и внешних границах раздела сред на времена существования неоднородных капель жидкости в потоке продуктов сгорания топлив; выделено определяющее влияние радиационной составляющей передачи тепла на характеристики процессов испарения и кипения; показаны принципиальные отличия исследуемых процессов от широко известных опытов с кипением жидкостей на поверхности разогретой пластины; определены характерные соотношения площадей испарения жидкости до и после взрывоподобного дробления неоднородных капель при высокотемпературном нагреве. Исследования автора диссертации ориентированы не только на получение новых экспериментальных данных о фазовых превращениях неоднородных жидкостей. Результаты экспериментов являются

фундаментальной основой для разработки рекомендаций и определения режимов реализации высокотемпературных приложений в области термической очистки жидкостей и пожаротушения.

Основные результаты диссертации опубликованы в 23 работах, в том числе 10 статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук (из них 4 статьи в российских журналах, переводные версии которых индексируются в базах Web of Science и Scopus), 9 статей в зарубежных электронных научных журналах, индексируемых Scopus и Web of Science, 4 публикации в сборниках материалов международных симпозиумов, конференций и съездов. Подготовлена 1 заявка на изобретение. Общий объем публикаций – 14,33 п.л., авторский вклад – 6,11 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата, на соискание ученой степени наук:

1. **Пискунов М. В.** Отличие условий и характеристик испарения неоднородных капель воды в высокотемпературной газовой среде / М. В. Пискунов, П. А. Стрижак // Журнал технической физики. – 2016. – Т. 86, № 9. – С. 24–31. – 0,92 / 0,46 п.л.

в переводной версии журнала:

Piskunov M. V. Difference in the Conditions and Characteristics of Evaporation of Inhomogeneous Water Drops in a High-Temperature Gaseous Medium / M. V. Piskunov, P. A. Strizhak // Technical Physics. – 2016. – Vol. 61, is. 9. – P. 1303–1311. – DOI: 10.1134/S106378421609019X.

2. **Пискунов М. В.** Особенности кипения и испарения неоднородной капли жидкости в высокотемпературной газовой среде / М. В. Пискунов, К. А. Рыбацкий, П. А. Стрижак // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2016. – № 8. – С. 6–9. – 0,46 / 0,22 п.л.

3. Антонов Д. В. Испарение капли воды с твердым непрозрачным включением при движении через высокотемпературную газовую среду /

Д. В. Антонов, Р. С. Волков, **М. В. Пискунов**, П. А. Стрижак // Письма в журнал технической физики. – 2016. – Т. 42, № 5. – С. 49–56. – 0,46 / 0,2 п.л.

в переводной версии журнала:

Antonov D. V. Evaporation of a water drop with a solid opaque inclusion moving through a high-temperature gaseous medium / D. V. Antonov, R. S. Volkov, **M. V. Piskunov**, P. A. Strizhak // Technical Physics Letters. – 2016. – Vol. 42, is. 3. – P. 248–251. – DOI: 10.1134/S1063785016030032.

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На автореферат поступило 5 положительных отзывов. Отзывы представили:

- И.Р. Хасанов**, д-р техн. наук, академик Национальной академии наук пожарной безопасности, г.н.с. Всероссийского ордена «Знак почета» научно-исследовательского института противопожарной обороны, г. Балашиха, *с замечаниями*: 1. Несмотря на защиту диссертации по физико-математическим наукам, автор ставил одной из задач разработку рекомендаций по использованию результатов выполненных исследований. В тексте автореферата нет информации о данных рекомендациях. Как следствие, лишь из публикаций автора в журналах можно понять, как планируется применять результаты исследований в области пожаротушения; 2. Автор представил довольно объемный экспериментальный материал. Для его анализа целесообразно было использовать критериальные выражения, учитывающие соотношение тепловых потоков на границе раздела сред.
- Л.Ю. Катаева**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий лабораторией математического моделирования социально-экономических и экологических систем Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, *с замечаниями*: 1. Из текста автореферата сложно понять, как осуществляется контроль условий полного обволакивания твердых включений каплями жидкости. При обобщении результатов экспериментального исследования данное условие учитывается как одно из наиболее важных и решающих в достижении взрывного дробления капли; 2. При анализе приведенных на рисунке 5 результатов эксперимента по прогреву элементов неоднородной капли не приводится

величина перегрева поверхности твердого включения по отношению к поверхности пленки воды. При этом, визуальные отличия этих температур минимальны и, возможно, близки к систематическим погрешностям средств измерений температуры;

3. В автореферате приведены результаты экспериментальных исследований по выкипанию капель воды в результате контакта с нагретым газом и лучистого теплового потока, который поглощается твердым включением в каплю. Из автореферата не ясно, соответствует ли мощность лучистого теплового потока температуре в печи. 3. **И.В. Дворовенко**, к-т техн. наук, доцент кафедры теплоэнергетики Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, *с замечаниями*: 1. На с. 15 автор заключает, ... «что рост площади поверхности включения за счет большего числа граней способствует снижению характерных времен τ (моменты времени интенсивного парообразования с взрывным разрушением капли) до 30% (рис. 7), за счет искусственных неровностей (шероховатостей и пористости) – снижение τ_h (продолжительность существования неоднородной капли в высокотемпературной среде) до 40% (рис. 8). В опытах с включениями–многогранниками также выделена важная закономерность – зарождение очагов парообразования вблизи вершин многогранников. Из современной теории теплообмена известно, что таким участкам свойственны максимальные градиенты температур. Скорее всего, этот эффект и играет определяющую роль». Автору необходимо более аккуратно подходить к обсуждению и выводу о том, что рост площади поверхности включения за счет большего числа граней способствует снижению характерных времен τ , а также к определению искусственных неровностей, оказывающих влияние на снижение характерных времен τ_h . Паровые пузырьки зарождаются в первую очередь в определенных местах теплоотдающей поверхности – центрах парообразования, которыми служат элементы шероховатости поверхности: микровпадины, микротрещины, заполненные паром данной жидкости или газом. В случае наличия микротрещин образование начинается практически при достижении жидкостью вблизи поверхности нагрева температуры насыщения. Однако, если поверхность обеднена центрами парообразования, жидкость может быть значительно перегрета. Автору следует пояснить о сути и месте собственных максимальных градиентов температур; 2. На с. 14 записана фраза:

«При превышении давления паров соответствующих значений давления, вызванного силами поверхностного натяжения жидкости и внешней средой, происходит взрывное разрушение капли». В автореферате отсутствует информация о величинах превышающих давлений в пузырьке, рассчитанных, возможно, по формуле Лапласа, а ведь превышение давления зависит от поверхностного натяжения жидкости (автор при проведении исследований изменял поверхностное натяжение жидкости путем введения поверхностно-активного вещества (ПАВ), причем неионогенного, «Неолас») и радиуса пузырька. Автору следует пояснить, при каких Δp происходит взрывное разрушение капли; 3. На с. 18 автор декларирует: «Обоснована гипотеза о существенном изменении оптических свойств воды при изменении ее температуры за счет гидрофобных эффектов с амфифильными молекулами». Автор в исследованиях использовал только один ПАВ – «Неолас». Он не обладает дифильными свойствами. Он улучшает смачивание, не создает гидрофобный эффект. Автору следует пояснить, что использовалось в исследованиях – ПАВ с гидрофильными свойствами или гидрофобизирующие добавки? 4. Автор не использовал при обобщении полученных результатов безразмерных комплексов (критериев), которые составлены из величин, входящих в условия однозначности, оказывающих влияние на исследуемые процессы. Не затронут критерий фазового перехода (критерий Кутателадзе) $\frac{r}{c\Delta T}$, являющейся мерой отношения теплового потока, идущего на изменение агрегатного состояния вещества, к теплоте перегрева или переохлаждения данной фазы относительно температуры насыщения. Может быть, следует применить и другой критерий, учитывающий соотношение сил поверхностного натяжения и превышение давления в паровом пузырьке $\frac{\sigma}{d\Delta p}$. Автору следует объяснить, почему при обсуждении полученных данных не использовались методы подобия по доведению результатов исследований для практического использования широкой общественностью. 4. **С.Я. Мисюра**, к-т техн. наук, научный сотрудник лаборатории процессов переноса Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск, с замечаниями: 1. Как методика PIV учитывает существенное изменение температуры по пространству и времени, и как погрешность измерений

связана с размерами менее 0,1 мм? Сравнивались ли указанные погрешности с известными экспериментами, полученными другими методиками, а также с известными теоретическими оценками? 2. Не рассмотрено влияние смачиваемости на кинетику испарения и горения, а также влияние концентрации капель в газокпельном потоке на диффузионный поток пара в газе, который также будет регулировать процесс испарения и горения. При высокотемпературном распаде капель образуется большое количество мелкодисперсных капель, размер которых существенно меньше 0,1 мм. Кинетика испарения таких капель отличается от больших капель. Испарение капель переходит в испарение пленки на поверхности твердой частицы. Кинетика этого процесса, а также влияние смачиваемости, впитывание жидкости в поры частицы будут влиять на время возгорания частиц и на эффективность технологии сжигания топлива. 5. **М.А. Корепанов**, д-р техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института механики УрО РАН, г. Ижевск, с замечаниями: 1. На стр. 13 длительность инерционного прогрева капли связывается с теплотой фазового перехода жидкости, однако, паровые пузырьки при этом еще не образуются, т.е. интенсивного фазового перехода нет. Очевидно, длительность инерционного прогрева связана с теплоемкостью воды, особенно на начальном участке нагрева (рис. 5), до достижения температуры около 353 К, когда испарение начинает вносить ощутимый вклад в тепловой баланс; 2. На рис. 5 приведены результаты измерений температуры в глубине твердого включения, при этом из автореферата неясно как эти измерения были проведены для твердого тела размером несколько миллиметров; 3. Вызывает вопросы график температуры поверхности пленки воды, т.к. он существенно превышает 373 К – точку кипения при нормальных условиях, при этом в автореферате нигде не оговаривается о том, что опыты проводились при повышенных давлениях. Или же это температура не самой поверхности жидкости, а некоего пограничного слоя, т.е. не понятно как проводилось разграничение газовой и жидкой фаз.

В отзывах отмечается, что автором предложен способ введения в состав капель воды твердых непрозрачных включений, которые позволили бы интенсифицировать их прогрев; в экспериментах такой способ обеспечил условие устойчивого дробления воды в высокотемпературной газовой области; изучены

основные характеристики установленного эффекта. Полученные результаты экспериментов и сделанные заключения являются экспериментальной информационной базой для разработки перспективных высокотемпературных газопарокапельных технологий, а также совершенствования и развития существующих. К ним относятся: термическая очистка воды; пожаротушение с применением неоднородных капельных суспензий; эффективное охлаждение теплонагруженных поверхностей ограждающих конструкций энергетического оборудования.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что в сферу интересов **И.В. Марчука**, известного специалиста в области теплофизики и теоретической теплотехники, входят исследования, связанные с теплообменом с фазовыми превращениями и учитывающие сложную геометрию теплообменных поверхностей; в сферу интересов **С.Л. Елистратова**, также являющегося известным специалистом в области теплофизики и теоретической теплотехники, входит экспериментальное изучение теплообменных процессов жидкостей в каналах различной геометрии; двухфазные жидкости; особенности испарения капель воды на нагреваемой поверхности; **Сибирский федеральный университет** известен своими экспериментальными исследованиями теплообменных свойств капельных жидкостей, содержащих твердые нерастворимые частицы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика экспериментального изучения закономерностей испарения и кипения жидкости при нагреве капель с твердыми включениями в высокотемпературной газовой среде с варьированием в широких диапазонах параметров исследуемых процессов;

созданы экспериментальные стенды с применением высокоскоростной регистрирующей аппаратуры, оптических методов диагностики, а также специализированного программного обеспечения для слежения за положением внешней и внутренней границ раздела сред;

установлены экспериментальные зависимости интегральных характеристик процессов тепломассопереноса и фазовых превращений в рассматриваемых гетерогенных системах от группы основных параметров системы: температуры и скорости движения потока газов, способа нагрева объектов исследований, свойств материалов включений, их формы, размера и концентрации, размера неоднородных капель, состава и свойств жидкости;

определены временные характеристики фазовых превращений неоднородных капель суспензий с установлением основных стадий и механизмов парообразования при нагреве в высокотемпературной газовой среде;

выделены закономерности теплофизических процессов, протекающих в неоднородной капле воды при ее высокотемпературном нагреве;

изучен эффект кратковременного распада (дробления) неоднородных капель жидкости в условиях интенсивного парообразования; *проведена* регистрация числа отрывающихся фрагментов жидкости; *вычислены* характерные площади испарения;

проанализировано влияние свойств высокотемпературных газов на условия прогрева и фазовых превращений неоднородных капель воды;

разработаны рекомендации по использованию результатов выполненных фундаментальных исследований в группе перспективных высокотемпературных газопарокапельных приложений.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

в работе получены результаты, которые расширяют современные представления об основных закономерностях испарения и кипения капель жидкости в условиях интенсивного теплообмена, а именно:

установлен новый физический эффект – взрывоподобное разрушение (распад, дробление) неоднородной (с соразмерным твердым непрозрачным включением) капли воды вследствие интенсивного парообразования при нагреве в высокотемпературных (более 650 К) газовых средах (на примере воздуха и типичных продуктов сгорания);

изучены закономерности и условия фазовых превращений в каплях жидкостей с твердыми включениями в высокотемпературной газовой среде и *установлены* стадии

интенсивного парообразования в неоднородных каплях воды с взрывоподобным разрушением последних;

определены временные характеристики фазовых превращений и *зарегистрированы* процессы зарождения и эволюции парового слоя на внутренних границах раздела сред «поверхность твердого включения – слой жидкости»;

установлено влияние паровых (буферных) слоев на внутренних и внешних границах раздела сред неоднородных капель жидкости на времена их существования в потоке продуктов сгорания;

выделены определяющее влияние радиационной составляющей передачи тепла на характеристики процессов испарения и кипения, а также принципиальные отличия исследуемых процессов от широко известных опытов с кипением жидкостей на поверхности разогретой пластины;

определены характерные соотношения площадей испарения жидкости до и после взрывоподобного дробления неоднородных капель при высокотемпературном нагреве.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики:

полученные результаты экспериментов и *сделанные* заключения являются информационной базой для разработки перспективных высокотемпературных газопарокапельных технологий, а также совершенствования и развития существующих в области термической очистки воды, пожаротушения с применением неоднородных капельных суспензий, эффективного охлаждения теплонагруженных поверхностей ограждающих конструкций энергетического оборудования и других.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Полученные автором результаты выполненных опытов могут быть использованы в области термической очистки жидкостей для прогнозирования времен процесса выпаривания воды и разработки практических рекомендаций по снижению трудоемкости процесса очистки, экономии энергоресурсов и изменению конструктивных особенностей испарительных установок (стремление к компактности и меньшей металлоемкости). Результаты исследования являются

фундаментальной основой для разработки технологии пожаротушения, в рамках которой крупные капли неоднородной жидкости могут входить в пламя (без их уноса продуктами сгорания на входе в последнее) и затем дробиться на большое число малых капель для максимально полного испарения в зоне горения. Реализация такой технологии позволит увеличить площадь поверхности испарения воды и эффективность ее использования.

Важно отметить, что полученные результаты экспериментов могут быть использованы при подготовке аспирантов по специальностям 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества в технических ВУЗах и НИИ страны.

Степень достоверности результатов проведенных исследований:

подтверждена оценкой систематических и случайных погрешностей измерений, удовлетворительной повторяемостью результатов опытов при идентичных параметрах системы, а также использованием современного высокоточного оборудования и специализированного программного обеспечения.

Новизна результатов диссертационного исследования заключается в разработке подхода устойчивого (контролируемого и хорошо воспроизводимого) взрывоподобного дробления капель воды в высокотемпературной газовой среде. Изучены основные характеристики установленного эффекта. Экспериментальные исследования проведены с неметаллическими и металлическими включениями в составе капель воды. В рамках диссертационных исследований разработана методика проведения экспериментов, позволяющая регистрировать основные варьируемые параметры системы «неоднородная капля жидкости – высокотемпературная газовая среда» при реализации фазовых превращений, протекающих в окрестностях внешних и внутренних границ раздела сред неоднородных капель жидкостей.

Личный вклад автора заключается в: разработке методики экспериментальных исследований фазовых превращений капель жидкости с твердыми включениями в высокотемпературной газовой среде, постановке и планировании экспериментов, создании экспериментальных стендов, проведении

опытов, обработке полученных результатов, выявлении нового физического эффекта – взрывоподобного высокотемпературного дробления неоднородных капель, анализе и обобщении результатов исследований, разработке рекомендаций по их практическому применению.

Диссертация отвечает критериям Положения о присуждении ученых степеней, установленным для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, согласно пункту 9, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, предполагающей экспериментальное изучение основных закономерностей фазовых превращений капель воды с твердыми непрозрачными включениями при нагреве в высокотемпературной газовой среде и имеющей значение для развития теплофизики и теоретической теплотехники.

На заседании 23.12.2016 г. диссертационный совет принял решение присудить **Пискунову М.В.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 21, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета
Ученый секретарь
диссертационного совета
23 декабря 2016 г.



Христенко Юрий Федорович

Пикущак Елизавета Владимировна