

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.129.01, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 01.02.2023 № 2/2023

О присуждении Барткусу Герману Васильевичу, гражданину Российской Федерации,
учёной степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Экспериментальное исследование локальных характеристик газожидкостного течения в прямоугольных и щелевых микроканалах» по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 30.09.2022, протокол № 17-2/2022 диссертационным советом 24.1.129.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе - Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 1, приказы Минобрнауки России от 11.04.2012 № 105/нк, от 03.06.2021 № 561/нк.

Соискатель Барткус Герман Васильевич, 09.10.1993 года рождения, на момент защиты диссертации работает в должности инженера в лаборатории процессов переноса в многофазных системах ИТ СО РАН. В 2017 году соискатель окончил магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению «Физика», в 2021 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению 03.06.01 - Физика и астрономия, по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Диссертация выполнена в научно-исследовательских лабораториях теплофизики многофазных системы (№ 1.2, до августа 2021 г.) и процессов переноса в многофазных системах (№ 1.1, с августа 2021 г.) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Научный руководитель – Кузнецов Владимир Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, главный научный сотрудник лаборатории процессов переноса в многофазных системах.

Официальные оппоненты:

Губайдуллин Амир Анварович – доктор физико-математических наук (01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы), Тюменский филиал ФГБУН Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, руководитель научного направления «Математическое моделирование в механике»;

Иванова Наталья Анатольевна – кандидат физико-математических наук (01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы), ФГАОУ ВО "Тюменский государственный университет", заведующая научно-исследовательской лабораторией фотоники и микрофлюидики -

дали положительные отзывы на диссертацию Барткуса Германа Васильевича.

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ), г. Томск в своем положительном заключении, подписанном Завориным Александром Сергеевичем - доктором технических наук, профессором, руководителем Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики ФГАОУ ВО НИ ТПУ и Кузнецовым Гением Владимировичем - д.ф.-м.н., профессором Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики ФГАОУ ВО НИ ТПУ указала, что «Практическая значимость диссертационной работы Г. В. Барткуса определяется тем, что полученные автором результаты фундаментальных экспериментальных исследований раскрывают механизмы газожидкостных течений на микромасштабе, которые могут быть использованы при обосновании работы технологических устройств, и являются базой для выполнения в дальнейшем опытно-конструкторских работ по созданию новых технологий с использованием микроканалов. ... Представленные в диссертации результаты могут найти применение в образовательных и научных учреждениях, проводящих исследования и разработки по данной тематике, таких как Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича (Новосибирск), Московский государственный университет им. Н. Э. Баумана, Московский энергетический институт и ряде других организаций».

Соискатель имеет 42 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 39 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, опубликовано 14 работ, общим объемом 73 стр. В опубликованных работах получены локальные характеристики течений и закономерности межфазного массообмена при газожидкостном течении в прямоугольных микроканалах с различным соотношением сторон. В диссертации недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах не содержится. Вклад автора состоял в подготовке и проведении всех

представленных в работах экспериментов, анализе и интерпретации результатов, подготовке текста статей для публикаций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации Барткуса Германа Васильевича:

1. Bartkus G. V., Kuznetsov V. V. Experimental study of gas-liquid flow patterns in a slit channel with a cross junction mixer // Journal of Engineering Thermophysics. – 2021. – Vol. 30. – №. 1. – P. 14–18. (Из перечня ВАК)

2. Барткус Г. В., Кузнецов В. В. Экспериментальное исследование влияния физических свойств жидкости и размера сечения прямоугольного микроканала на режимы газожидкостного течения // Тепловые процессы в технике. – 2019. – Т. 11. – №3. – С. 98–105. (Из перечня ВАК)

3. Барткус Г. В., Кузнецов В. В. Экспериментальное изучение детальной структуры газожидкостного течения в прямоугольном микроканале // Вестник НГУ. Серия: Физика – 2016. – Т. 1. – № 11. – С. 73-79. (Из перечня ВАК)

На автореферат диссертации поступило 7 отзывов. Все отзывы положительные. В отзывах отмечено, что исследование является законченным и выполнено на высоком научном уровне, тема работы является актуальной, полученные результаты обладают научной новизной и способствуют пониманию механизмов течения газожидкостной смеси в микроканалах.

В отзыве на автореферат д.т.н. Зейгарника Ю. А. – главного научного сотрудника Лаборатории теплообмена в энергетических установках ФГБУН Объединенного института высоких температур РАН и к.т.н. Васильева Н. В. – старшего научного сотрудника Лаборатории теплообмена в энергетических установках ФГБУН Объединенного института высоких температур РАН содержится два замечания: «1. В автореферате не представлены оценки погрешностей (по новому ГОСТу 34100.3-2017 «неопределенностей») измерения сечений используемых микроканалов, расхода газовой и жидкой фаз, давления и т.д. 2. Не приведена информация о таких параметрах потока в экспериментах, как температура и давление, а также о количестве заведомо растворенного в жидкости воздуха, и соответственно о влиянии всего выше перечисленного на результаты исследования».

В отзыве на автореферат д.ф.-м.н. Стрижака П.А. – профессора Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова, заведующего лабораторией тепломассопереноса ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», содержится два замечания: «1. Из автореферата сложно понять границы применимости разработанных методик и обработки результатов измерений с использованием предложенных авторов подходов. Целесообразно их более конкретно описать с акцентом на конкретные характеристики течений и тепломассопереноса в микроканалах. Данные ограничения необходимо связать с доверительным интервалом и СКО. 2. В автореферате

целесообразно выделить синергетические эффекты совместного влияния свойств жидкостей и газов на характеристики течений в микроканалах, а также температуры рабочих сред в последних».

В отзыве на автореферат д.т.н. Ненарокова А. В. – профессора кафедры «Космические системы и ракетостроение» ФГБОУ ВО «Московский Авиационный Институт» содержится одно замечание: «1. Граница перехода к неперiodическому режиму течения на рис. 4 требует уточнения, так как она явно связана с дискретностью точек на рисунке».

В отзыве на автореферат д.т.н. Абиева Р.Ш. – профессора, заведующего кафедрой оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» содержится три замечания: «1) В формуле (4) (с. 21 автореферата) используется поправочный коэффициент $1/16$, который выбран из условия наилучшего согласия экспериментальных данных с расчетом. Есть ли какое-либо теоретическое обоснование значения данного коэффициента? 2) В модели массопереноса используются уравнения (3)-(5), отражающие перенос из газа в жидкость по диффузионному механизму. Можно было использовать модель, учитывающую конвективный перенос, представленную в одной из работ автора отзыва (Abiev R. Sh. Gas-liquid and gas-liquid-solid mass transfer model for Taylor flow in micro (milli) channels: A theoretical approach and experimental proof//Chem. Eng. J. Adv. 4 (2020) 100065, doi: 10.1016/j.cej.2020.100065). 3) На рис. 12 автореферата автор ссылается на работу [Abadie T. et al., 2013], в которой представлены результаты анализа зон циркуляции в жидкостном снаряде (перемычке по терминологии автора) для прямоугольных и щелевых каналов. Была ли определена автором геометрия зоны транзитной пленки, не вовлеченной в циркуляцию, а также форма и размеры геометрической поверхности с нулевой скоростью циркуляции (так называемого «центра циркуляции»), по аналогии с тем, как это было сделано ранее для цилиндрических каналов?»

В отзыве на автореферат д.ф.-м.н. Исаева С.А. – профессора, заведующего лабораторией фундаментальных исследований ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова» содержится два замечания: «1. Хотелось бы понять, как различаются начальный гидродинамический участок и участок развитого двухфазного течения? 2. Какое влияние оказывает шероховатость стенок канала, в частности, как может повлиять на результаты дискретная шероховатость в виде лунок и наплывов?»

В отзыве к.т.н. Маластовского Н.С. – доцента кафедры Э2 «Комбинированные двигатели и альтернативные энергоустановки» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» содержится три замечания: «1. Иллюстрационный

материал, приведенный на рисунке 3 (относящийся к непериодическому режиму течения) сложно интерпретируется в рамках установления взаимосвязи между длинами соседних газовых пузырей и перемычек жидкости; 2. При исследовании различных поверхностей, в автореферате, целесообразно было бы указать значения краевых углов смачиваемости; 3. Представляется интересным более подробно раскрыть вопрос формирования волн, возникающих на поверхности отдельного пузыря».

В отзыве на автореферат д.ф.-м.н. Буляницы А. Л. – ведущего научного сотрудника лаборатории Информационно-измерительных био-и хемосенсорных микросистем Института аналитического приборостроения РАН содержится два замечания: «1. При обсуждении формул (3)-(5) (стр. 21) введение корректирующего множителя аргументировано достижением наилучшего согласия расчета и экспериментальных данных. При этом соискатель ссылается на «минимальную среднюю абсолютную ошибку 5,6%». Значимость этого результата была бы более очевидна, если для сравнения приводилось значение ошибки без учета этого множителя. Кроме того, представляется спорным правомерность применения «абсолютная» к ошибке, выраженной в процентах. 2. Формулировка п. 1 результатов соискателя (стр. 21) «С помощью метода высокоскоростной визуализации и лазерного сканирования получены основные режимы течения и их границы...» представляется не совсем корректной. С помощью этих методов экспериментально определены характеристики и границы различных режимов этих течений, но не получены сами течения».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией в областях науки, непосредственно связанных с темой диссертации. Ведущая организация является одним из лидеров в области исследования процессов тепломассопереноса, в ней работают специалисты, которые могут дать полноценную экспертную оценку научной и практической значимости результатов работы (д.ф.-м.н. Кузнецов Г. В., д.ф.-м.н. Стрижак П. А., к.ф.-м.н. Пискунов М. В. и др.). Официальные оппоненты д.ф.-м.н. Губайдуллин А.А. и к.ф.-м.н. Иванова Н.А. являются признанными специалистами в области механики жидкости и газа и плазмы, в частности, в вопросах многофазных течений и капиллярной гидродинамики. Оппоненты имеют научные работы в области, изучению которой посвящена диссертационная работа, опубликованные в рецензируемых научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований с использованием лазерных методов определения статистических характеристик и толщины пленки жидкости впервые выявлены качественно новые закономерности локальных характеристик горизонтального газожидкостного течения в прямоугольных микроканалах в диапазоне соотношения сторон канала от 2 до 10. Получен значительный массив экспериментальных данных по режимам газожидкостного течения для различных смесителей на входе в широком диапазоне изменения физических

свойств жидкостей, что позволило повысить точность определения границ периодического снарядного режима течения. С использованием метода лазерно-индуцированной флуоресценции (ЛИФ, LIF) впервые установлены качественно новые закономерности распределения локальной толщины безволновой и волновой пленок жидкости в поперечном сечении прямоугольного микроканала, предложена оригинальная научная гипотеза о влиянии волн на распределение локальной толщины пленки жидкости в условиях определяющего влияния капиллярных сил. Экспериментально установлены закономерности межфазного массообмена при абсорбции двуокиси углерода, предложен новый подход к определению объемного коэффициента массоотдачи при газожидкостном течении в прямоугольном горизонтальном микроканале.

Теоретическая значимость работы связана с эффективным применением и развитием комплекса экспериментальных методов исследования, что позволило существенно расширить представления о капиллярной гидродинамике газожидкостного течения в прямоугольном микроканале, раскрыть взаимосвязи режимов течения, перепадов давления и локальных характеристик течений, которые могут быть использованы для обоснования новых математических моделей газожидкостных течений в микроканале.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что полученные экспериментальные данные и закономерности о режимах течения, перепаде давления и локальных характеристиках могут быть использованы для обоснования режимов работы технологических устройств, основанных на микроканальных системах. Метод лазерно-индуцированной флуоресценции позволил получить качественно новые данные о распределении фаз и структуре тонкой пленки жидкости, что является критически важным для обоснования режимов работы массообменных реакторов и микроканальных теплообменников. Полученные результаты могут быть использованы при разработке компактных тепломассообменных устройств в энергетике, химической технологии и системах утилизации диоксида углерода. Представленные в диссертационной работе результаты могут найти применение в научных и образовательных учреждениях, выполняющих исследования по данной теме, таких как ФГБУН Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (Новосибирск), ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский университет "МЭИ", ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» и других организациях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: результаты, полученные с использованием современных методов измерений, являются обоснованными;

выполнены калибровки с оценкой неопределенностей измерений; проведено сопоставление полученных результатов автора диссертации с теоретическими и экспериментальными данными других авторов.

Личный вклад соискателя состоит в том, что соискателем лично выполнено конструирование рабочих участков, модернизация стенда, отработка методик измерений локальных и статистических характеристик газожидкостного течения методами высокоскоростной визуализации, лазерного сканирования и лазерно-индуцированной флуоресценции. Все экспериментальные данные, включенные в диссертацию, обработка экспериментальных данных, их анализ, разработка программы для получения локальных характеристик течения методом LIF выполнены соискателем лично. Постановка задач исследования и выбор методики измерений проведены соискателем совместно с научным руководителем д.ф.-м.н. В. В. Кузнецовым.

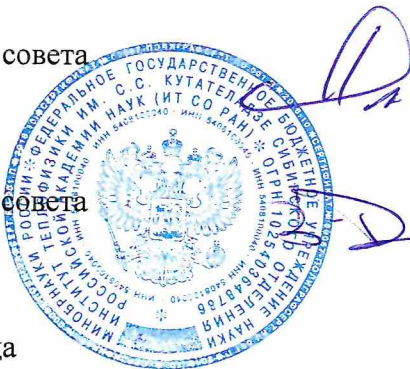
Диссертационным советом 24.1.129.01 сделан вывод о том, что диссертация Барткуса Германа Васильевича представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решена научная задача об экспериментальном исследовании локальных характеристик газожидкостного течения в прямоугольных и щелевых микроканалах, имеющая существенное значение для развития механики многофазных систем. Представленная диссертационная работа соответствует критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013.

На заседании 1 февраля 2023 года диссертационный совет 24.1.129.01 принял решение присудить Барткусу Германа Васильевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по профилю специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали за присуждение ученой степени – 19, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета
академик РАН

Ученый секретарь
диссертационного совета
профессор РАН



Алексеев Сергей Владимирович

Терехов Владимир Викторович

1 февраля 2023 года