

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.073.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФГУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР «ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ» РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 9 декабря 2021 г. № 3

О присуждении Гаджиеву Дмитрию Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Взаимодействие вихревых течений с твёрдыми поверхностями и акустическими возмущениями» по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы» – принята к защите 30 сентября 2021 года (протокол № 2) диссертационным советом Д 002.073.03, созданным на базе ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Информатика и Управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН), находящегося по адресу: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, к. 2. Диссертационный совет утвержден приказом Минобрнауки РФ № 784/нк от 24 июня 2016 г.

Соискатель – Гаджиев Дмитрий Александрович, 8 июня 1996 года рождения.

В 2017 году соискатель окончил ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (государственный университет)» (в настоящее время национальный исследовательский университет) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (МФТИ) по специальности «Прикладные математика и физика», а в 2021 году очную аспирантуру МФТИ по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы». С 2017 г. по настоящее время работает младшим научным сотрудником научно-

исследовательского отделения «Аэродинамика самолетов и ракет» Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФГУП «ЦАГИ») Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре теоретической и прикладной аэрогидромеханики Физтех-школы аэрокосмических технологий МФТИ.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Гайфуллин Александр Маркович, главный научный сотрудник научно-исследовательского отделения «Аэродинамика самолетов и ракет» ФГУП «ЦАГИ».

Официальные оппоненты:

Исаев Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией фундаментальных исследований ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации»;

Петров Александр Георгиевич, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Лаборатории механики систем ФГБУН Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

дали положительные отзывы на диссертацию. В отзывах указано, что работа является законченным научно-квалификационным исследованием по анализу вихревых течений вязкой и невязкой, сжимаемой и несжимаемой жидкости в условиях взаимодействия со стенкой и акустическими возмущениями, соответствует паспорту специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы» – и удовлетворяет требованиям к кандидатским диссертациям, в том числе п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013. В качестве замечаний, имеющих характер рекомендаций и не снижающих научной ценности работы, отмечены отсутствие анализа рассматриваемых вихревых течений на турбулентных

режимах и недостаточная освещённость истории соответствующих исследований, недостаточно наглядное описание одного из полученных решений, отсутствие описания методов численного решения уравнений Навье–Стокса в одной из задач, физической интерпретации части обнаруженных новых эффектов, а также мотивировки выбора конкретных значений характерных параметров решаемых задач.

Ведущая организация — ФГБОУ ВО «Московский государственный институт им. М.В. Ломоносова» (МГУ), г. Москва — в своём положительном отзыве, подписанном проректором МГУ, д.ф.-м.н., профессором РАН Федяниным Андреем Анатольевичем и заведующим лабораторией экспериментальной гидродинамики Научно-исследовательского института (НИИ) механики МГУ, д.ф.-м.н., доцентом Веденеевым Василием Владимировичем, указала, что диссертационная работа Д.А. Гаджиева, сочетающая асимптотические и численные методы при построении новых решений, представляется безусловно актуальной и значимой для гидроаэромеханики и акустики. Результаты работы могут быть полезными для организаций, занимающихся аэродинамикой самолётов, вихревыми течениями, вопросами акустики. В качестве замечаний, не влияющих на общую положительную оценку работы, выделены чрезмерно сжатое изложение в тексте построения асимптотических решений, а также отсутствие описания методов численного решения задач, оценки сеточной сходимости и метода определения центра вихря по гладкому полю завихренности. Ведущая организация отмечает, что по объёму выполненных исследований, научной новизне и практической значимости диссертация Гаджиева Дмитрия Александровича является законченным научным трудом, полностью соответствует паспорту специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы» – и отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор

заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы». Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании секции Учёного Совета по гидродинамике НИИ механики МГУ 16 ноября 2021 года.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 9 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, опубликовано 9 работ.

Наиболее значимые работы:

1. *Gadzhiev D. A., Gaifullin A. M.* Sound scattering by a vortex: case of exponentially decaying velocity // *Journal of Fluid Mechanics*. — 2021. — Vol. 918. — A46. В работе рассмотрена двумерная задача о взаимодействии плоской монохроматической акустической волны и осесимметричного вихря с экспоненциально затухающим полем скорости в невязком совершенном газе. Построено асимптотическое решение в случае, когда эффективный радиус вихря велик по сравнению с длиной волны. Продемонстрирован предельный переход к двум классическим решениям аналогичной задачи для случая точечного вихря. Личный вклад соискателя состоит в непосредственном построении асимптотического решения и его сопоставления с ранее известными результатами.

2. *Гаджиев Д. А., Гайфуллин А. М., Зубцов А. В.* О порождении вихря вращающимся цилиндром // *Прикладная математика и механика*. — 2020. — Т. 84, № 5. — С. 570—589. Работа посвящена задаче об осесимметричном вихре, возникающем в процессе вращения бесконечно протяжённого кругового цилиндра в сжимаемом газе с вязкостью, зависящей от температуры. Найдено асимптотическое решение на больших временах, на которых размер вязкой области намного превосходит радиус цилиндра. Личный вклад соискателя заключается в построении асимптотического решения на режиме чисел Маха порядка единицы.

3. *Гаджиев Д. А., Гайфуллин А. М.* Эволюция двух вихрей вблизи твердой поверхности // *Прикладная механика и техническая физика*. — 2018. — Т. 59,

№ 2. — С. 31—38. В работе получено численное решение задачи об эволюции пары противоположных вихрей вблизи бесконечной плоской твёрдой поверхности в вязкой несжимаемой жидкости. Произведён анализ течения в окрестности точки отрыва пограничного слоя от плоскости. Описаны конфигурации линий тока. Определено изменение траекторий движения вихрей и установлено ускорение затухания их циркуляций вследствие отрыва. Личный вклад соискателя заключается в непосредственном численном моделировании и физической интерпретации полученных результатов.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На диссертацию и автореферат поступило 5 положительных отзывов:

1. от научного руководителя ФГБУН «Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича» Сибирского отделения Российской академии наук (ИТПМ СО РАН), д.ф.-м.н., профессора, академика РАН Фомина Василия Михайловича и главного научного сотрудника лаборатории №5 ИТПМ СО РАН, д.т.н., профессора Лебиги Вадима Аксентьевича;

2. от профессора кафедры плазмогазодинамики и теплотехники Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, д.ф.-м.н., профессора Циркунова Юрия Михайловича;

3. от профессора кафедры аэрогидромеханики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», д.ф.-м.н., профессора Мазо Александра Бенциановича;

4. от начальника кафедры аэродинамики и безопасности полета Военного учебно-научного центра Военно-Воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (ВУНЦ ВВС «ВВА») Головнева Александра Викторовича и доцента кафедры аэродинамики и безопасности полета ВУНЦ ВВС «ВВА» Кондалова Максима Владимировича;

5. от заведующего лабораторией дифференциальных уравнений ФГБУН

Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, д.ф.-м.н., профессора Чупахина Александра Павловича.

В отзывах на диссертацию и автореферат отмечается, что научный уровень диссертационной работы Д.А. Гаджиева соответствует современному уровню исследований в области математического моделирования сложных вихревых течений, асимптотического анализа и вычислительной гидродинамики. Полученные соискателем результаты изложены в автореферате чётко и дают полное представление о месте работ соискателя в мировой науке. Имеются замечания, касающиеся отсутствия описания численных методов и верификации полученных решений, обоснования поставленных граничных условий, анализа условий устойчивости решений к малым возмущениям. Указано, что диссертационная работа Д.А. Гаджиева отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а приведённые замечания не снижают научной ценности диссертации.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что сотрудники НИИ механики МГУ являются признанными специалистами в области нестационарной гидродинамики. Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой компетентностью в области аналитических и численных методов моделирования вихревых течений жидкостей и газов. Официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации имеют публикации по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- 1) найдено аналитическое решение двумерной нестационарной задачи об осесимметричном течении, возникающем при вращении бесконечно протяжённого кругового цилиндра в вязком теплопроводном газе, с учётом сжимаемости и зависимости коэффициентов диффузии от температуры; 2)
- разработан численно-аналитический подход к решению задачи о паре

точечных вихрей с противоположными циркуляциями, расположенными на равной высоте над бесконечной плоскостью, в вязкой несжимаемой жидкости при больших числах Рейнольдса на ламинарном режиме; 3) предложены две новые постановки и построены аналитические решения задачи о распространении плоской акустической волны через область течения газа для конфигураций, реализуемых в предыдущих задачах: осесимметричного вихря и пары противоположных вихрей вблизи плоскости.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

1) построено асимптотическое решение задачи рассеяния звука цилиндрическим вихрем с экспоненциально затухающим полем скорости в коротковолновом приближении вида уходящей на бесконечность цилиндрической волны без особенностей, амплитуда которой максимальна на малых углах рассеяния, и доказано, что в различных пределах оно воспроизводит некоторые классические решения задачи рассеяния звука точечным вихрем; 2) решена двумерная задача о генерации вихря вращением кругового цилиндра в сжимаемом вязком газе и обнаружена немонотонная зависимость циркуляции окружной скорости от радиальной координаты, а также изложены условия, при которых скорость течения на больших временах вдали от цилиндра превышает скорость течения в случае несжимаемой жидкости, что расширяет имеющиеся представления о физике течений газа с переменной вязкостью; 3) изучен характер отрыва пограничного слоя от поверхности в задаче о паре точечных вихрей вблизи твёрдой поверхности, что может послужить опорой для развития теории нестационарного отрыва, и определено его влияние на динамику вихрей; 4) построено асимптотическое решение задачи рассеяния звука парой точечных вихрей вблизи твёрдой поверхности в коротковолновом приближении и доказано, что амплитуда рассеяния является комплекснозначной функцией.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

1) в явном виде представлены асимптотические решения для задач

порождения вихря вращающимся цилиндром и взаимодействия вихрей с акустическими возмущениями, которые могут быть применены для валидации численных методов и интерпретации соответствующих экспериментов; 2) определены траектории движения и темпы затухания вихрей около твёрдой поверхности для конфигурации, моделирующей вихревой след за гражданским самолётом вблизи земли, необходимые для оценки безопасного расстояния между летательными аппаратами при посадке в аэропорт; 3) в задаче взаимодействия вихря со звуком обнаружен новый характерный масштаб длины, определяющий размер области, которую необходимо разрешать в физическом или численном эксперименте.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

1) использованные подходы базируются на решении классических уравнений гидродинамики, уравнений Навье–Стокса и линеаризованных уравнений Эйлера, с применением общепринятых методов интегрирования; 2) установлено согласование полученных в диссертации численных и асимптотических решений в соответствующих областях пространства; 3) полученные результаты согласуются с хорошо апробированными решениями других авторов в соответствующих пределах и диапазонах параметров.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном асимптотическом анализе уравнений и численном моделировании задач, представленных в диссертации; сопоставлении аналитических результатов с расчётными; изучении имеющейся литературы и сравнении полученных решений с известным; подготовке публикаций по выполненной работе.

Соискатель Гаджиев Д.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, удовлетворившую авторов вопросов.

В ответ на замечания, содержащиеся в отзывах официальных оппонентов, отзыве ведущей организации и отзывах на диссертацию и автореферат диссертации, соискатель пояснил, что цель работы ограничивалась исследованием ламинарных режимов течений и полученные асимптотические

