

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 26 декабря 2017 года публичной защиты диссертации Кагенова Ануара Магжановича «Математическое моделирование взаимодействия сверхзвуковых многоблочных струй посадочного модуля с поверхностями» по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

Присутствовали 19 из 26 членов диссертационного совета, из них 5 докторов наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы:

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

В связи с невозможностью присутствия на заседании председателя диссертационного совета, доктора физико-математических наук, профессора Гришина Анатолия Михайловича по его письменному поручению заседание провел 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 – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – 1) диссертационный совет принял решение присудить А. М. Кагенову учёную степень кандидата физико-математических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.13,
созданного 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 26.12.2017 № 329

О присуждении **Кагенову Ануару Магжановичу**, гражданину Республики Казахстан, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Математическое моделирование взаимодействия сверхзвуковых многоблочных струй посадочного модуля с поверхностями»** по специальности **01.02.05** – Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 20.10.2017 (протокол заседания № 327) диссертационным советом **Д 212.267.13**, созданным 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 № 105/нк от 11.04.2012).

Соискатель **Кагенов Ануар Магжанович**, 1989 года рождения.

В 2013 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

В 2016 году соискатель очно окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности инженера межрегионального супервычислительного центра, по совместительству – в должности инженера-исследователя лаборатории 101 Научно-исследовательского института прикладной математики и механики в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре математической физики физико-технического факультета и в лаборатории 101 Научно-исследовательского института прикладной математики и механики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель -- доктор физико-математических наук, **Глазунов Анатолий Алексеевич**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Научно-исследовательский институт прикладной математики и механики, директор.

Официальные оппоненты:

Воеводин Анатолий Федорович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория прикладной и вычислительной гидродинамики, главный научный сотрудник

Запрягаев Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория экспериментальной аэрогазодинамики, главный научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт механики Уральского отделения Российской академии наук**, г. Ижевск, в своем положительном отзыве, подписанном **Карповым Александром Ивановичем** (доктор физико-математических наук, лаборатория физико-химической механики, заведующий лабораторией) и **Шаклеиным Артемом Андреевичем** (кандидат физико-математических наук, лаборатория физико-химической механики, научный сотрудник), указала, что для доставки полезной нагрузки на поверхность

Марса необходимо решить множество задач, в число которых входит проведение «мягкой» посадки аппарата. Экспериментальное изучение газодинамических и тепловых процессов, протекающих при посадке модуля, является исключительно сложной задачей, поэтому необходимо разрабатывать методики численного моделирования взаимодействия сверхзвуковых струй продуктов сгорания двигательных установок с поверхностями. Тематика работы относится к приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники РФ (п. 7. «Транспортные и космические системы») и входит в перечень критических технологий РФ (п. 24. «Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения»). А. М. Кагеновым разработан и создан вычислительный комплекс для проведения исследований газодинамических процессов, протекающих при взаимодействии истекающих из сопел двигательной установки продуктов сгорания с поверхностями при посадке модуля на планету; проведен подробный анализ образующейся в результате взаимодействия истекающей струи при торможении модуля с поверхностью планеты и корпусом в зависимости от ориентации модуля, его конфигурации и режима работы двигательной установки; показаны особенности сложной ударно-волновой структуры течения; исследован эффект «lift loss» при посадке модуля на поверхность Марса; проведена оценка возможности эрозии грунта Марса в результате натекания струй двигательной установки посадочного модуля. Полученные результаты, методика численного исследования и реализованный вычислительный комплекс могут найти применение в исследованиях газодинамических процессов взаимодействия сверхзвуковых многоблочных струй посадочных модулей с реальными поверхностями планет в научных и учебных заведениях, а также в других организациях, исследования которые связаны с ракетно-космической отраслью.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций опубликовано 8 работ. Общий объем публикаций – 3,34 п.л., авторский вклад – 1,95 п.л.

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

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 наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Кагенов А. М.** Численное исследование влияния струй двигательной установки космического аппарата «ЭкзоМарс» на эрозию поверхности Марса / А. М. Кагенов // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2016. – № 2 (40). – С. 71–81. – DOI: 10.17223/19988621/40/8. – 0,54 п.л.

2. Глазунов А. А. Численное исследование взаимодействия продуктов сгорания двигателей космических аппаратов с обтекаемыми поверхностями в условиях Марса / А. А. Глазунов, **А. М. Кагенов**, И. В. Еремин, Н. Е. Кувшинов // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57, № 8/2. – С. 97–103. – 0,53 / 0,26 п.л.

3. Глазунов А. А. Математическое моделирование взаимодействия продуктов сгорания двигателей КА с обтекаемыми поверхностями / А. А. Глазунов, И. В. Еремин, **А. М. Кагенов**, И. М. Тырышкин // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 9/3. – С. 57–59. – 0,22 / 0,11 п.л.

На автореферат поступило 11 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **А. Н. Богданов**, канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории газодинамики взрыва и реагирующих систем Научно-исследовательского института механики Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, *с замечаниями*: не пояснен при первом употреблении смысл термина «lift loss»; в числе центров формирования школ в области исследования струйных течений не упомянут Научно-исследовательский институт механики МГУ имени М. В. Ломоносова; в выводе 4 речь идет о выполнении моделирования механики процесса, а не о проведении математического моделирования особенностей физики течения; неудачно употреблены термин «многоблочный» по отношению к струям и термин «газодинамическая обстановка» в выводе 5. 2. **Д. Б. Усманов**, канд. физ.-мат.

наук, главный специалист Отраслевого центра крупногабаритных трансформируемых механических систем АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва», г. Железногорск, *с замечаниями*: отсутствует информация о выборе шага интегрирования по времени и по пространству; из рисунка 4 неясно, что означает *п. 3. А. С. Ткаченко*, д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., профессор кафедры технических дисциплин и компьютерной графики Томского государственного педагогического университета, *с замечанием*: в тексте автореферата не упоминается, какой использовался угол при построении поверхности места посадки (рисунок 5). 4. **В. Е. Миненко**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Космические аппараты и ракеты-носители» Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет), *с замечаниями*: из автореферата неясно, почему автор остановился на модели Ментора; методика не апробирована на схемах марсианских посадочных комплексов существенно бóльших габаритов и массы, использующих для посадки на Марс двигатели с существенно большими тягами; неясно, как учитывается ветровая обстановка на поверхности Марса. 5. **А. В. Лопатин**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой компьютерного моделирования Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, *с замечанием*: в автореферате не показаны физические размеры посадочных модулей и не приведен алгоритм построения модели посадочной поверхности (рисунок 5). 6. **В. Н. Емельянов**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Плазмогазодинамика и теплотехника» Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, *с замечанием*: в случае посадочного модуля следует говорить о появлении силового фактора из-за особенностей газодинамической картины, проявляющихся при взаимодействии блочных недорасширенных струй между собой и отбойных потоков при взаимодействии струй с грунтом, а не об эффекте «lift loss», больше привязанном к самолетам вертикального взлета и посадки, и *с вопросами*: наблюдались ли колебания газодинамической структуры в расчетном исследовании автора? допускается ли в разработанных средствах моделирования воспроизводить динамику процесса

посадки (совместный учет динамических и газодинамических сторон процесса)?

7. **Г. В. Кузнецов**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой теоретической и промышленной теплотехники Национального исследовательского Томского политехнического университета, *с замечанием*: рисунок 1 недостаточно информативен для неподготовленного читателя, и трудно его связать со вторым рисунком.
8. **С. А. Исаев**, д-р физ.-мат. наук, проф., профессор кафедры механики Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации, *с замечаниями*: следовало более четко и конкретно показать научную новизну, обозначить и обосновать «болевые точки» исследования; непонятно, почему рассматривается SST-модель 1993 года, когда в OpenFOAM и в других «тяжелых пакетах» применяется SST-модель 2003 года, пристеночные функции не оформлены ссылками и комментариями; определяющие параметры, в особенности характеристики турбулентности на срезе сопла, не заданы, нет упоминания о числе Рейнольдса; отсутствует анализ результатов расчетов истечения продуктов сгорания; выводы не имеют количественного характера.
9. **В. П. Бушланов**, д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., профессор кафедры «Ремонт судовых машин и механизмов» Государственного морского университета имени адмирала Ф. Ф. Ушакова, г. Новороссийск, *с замечаниями*: не учтены сила тяжести и ее работа, поток излучения в уравнениях модели (1) и (2); для меньших высот аппарата над поверхностью в качестве начальных условий можно было использовать результаты расчета на большей высоте.
10. **В. В. Терехов**, д-р физ.-мат. наук, профессор РАН, заведующий лабораторией термогазодинамики Института теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск, *с вопросом*: чем обусловлен выбор модели турбулентности Ф. Р. Ментора? и *с замечанием* о наличии опечаток.
11. **А. М. Липанов**, д-р техн. наук, академик РАН, главный научный сотрудник отдела 7 Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, г. Москва, *с замечаниями*: следовало бы рассмотреть динамику изменения структур течения и силовых нагрузок на аппарат при варьировании уровней тяг во всем их диапазоне; недостаточное внимание уделено некоторым важным вычислительным особенностям, возникающим на границах расчетной области.

В отзывах отмечается, что проблема «мягкой» посадки космических аппаратов на поверхности небесных тел с использованием ракетных двигателей является сложным технологическим процессом, требующим решения ряда задач. Одной из наиболее важных задач при взаимодействии сверхзвуковых многоблочных струй с обтекаемыми поверхностями является оценка силовых нагрузок на поверхностях аппарата и места посадки. Поскольку экспериментальное исследование такой задачи является крайне сложным и дорогостоящим, основным инструментом прогноза является математическое моделирование. А. М. Кагеновым разработан вычислительный комплекс для расчета трехмерных нестационарных турбулентных течений вязкого газа в соплах и струях и их взаимодействия с поверхностями; по результатам численных исследований установлена сложная несимметричная ударно-волновая структура при взаимодействии струй между собой и с обтекаемыми поверхностями для двух компоновочных решений посадочных модулей; установлены условия влияния поверхности посадки на ударно-волновую структуру струйных течений; показано, что влияние эффекта «lift loss» на тяговые характеристики двигательной установки приводит к изменению уровня тяги не более чем на 6 %; получены расчетные оценки возможной эрозии грунта Марса с использованием эмпирических данных и соответствующих аналогов. Разработанные средства моделирования повышают уровень обоснованности выбора проектных параметров разрабатываемых посадочных модулей. В отличие от аналогов, предложенные математические модели учитывают специфику посадки модуля на планету с разреженной атмосферой и неоднородными поверхностями. Результаты исследования могут быть использованы в организациях ракетно-космической отрасли, в том числе при проектировании новых средств посадки космических аппаратов на поверхность других планет, а также в учебном процессе вузов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **А. Ф. Воеводин** является известным специалистом в области численного исследования задач механики жидкости, газа и плазмы и вычислительной математики, в том числе по вопросам математического моделирования гидродинамических и теплофизических процессов, реализуемых в природе

и технических приложениях; **В. И. Запрягаев** является известным специалистом в области исследования проблем нестационарной аэрогазодинамики, сверхзвуковых струйных и отрывных течений; **Институт механики УрО РАН** известен своими достижениями в области физики и механики гетерогенных сред на основе сопряженных моделей газовой динамики, тепломассопереноса и химической кинетики, в частности вихреразрешающее моделирование турбулентных течений, аэродинамика и теплообмен высокоскоростных потоков и разработка методов декомпозиции и отображения сеточных областей на архитектуру параллельных вычислительных систем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработана математическая модель и *реализован* вычислительный комплекс для исследования пространственных газодинамических процессов при взаимодействии сверхзвуковых многоблочных струй с обтекаемыми поверхностями сложной геометрии, определения силовых нагрузок на поверхностях места посадки и посадочного модуля, учете влияния эффекта «lift loss» на тяговые характеристики двигательной установки и оценке возможной эрозии грунта Марса.

Проведено тестирование математической модели и вычислительного комплекса путем решения ряда тестовых задач. *Рассмотрена* задача течения сжимаемого вязкого газа в сопле JPR; сравнение распределения давлений на оси сопла и его стенке с экспериментальными данными показало хорошее совпадение. *Выполнено* сравнение результатов расчетов уровней давлений на преграде при натекании на нее сверхзвуковой струи с экспериментальными и расчетными данными других авторов, показано хорошее согласование. *Проведено* сравнение интегральных характеристик влияния эффекта «lift loss» при взаимодействии сверхзвуковой струи с преградой, получено хорошее согласование с экспериментальными данными.

Выполнены численные исследования взаимодействия четырех сверхзвуковых турбулентных струй с обтекаемыми поверхностями на конечном этапе «мягкой» посадки для двух конфигураций посадочного модуля «ЭкзоМарс» в зависимости от высоты посадочных модулей до поверхности посадки, расположения сопел тормозных двигателей и уровня их тяг. Показано, что величина давлений

на поверхности места посадки в зависимости от расстояния и уровня тяги могут изменяться в широком диапазоне от 4 до 30 кПа. Распределения давлений на поверхности посадки у первой и второй конфигураций геометрически подобны, а распределения давлений на поверхностях посадочных платформ существенно немонотонны. Для первой конфигурации наибольшие уровни давлений наблюдаются на шаробаллонах и других его частях, а для второй конфигурации – на поверхности радара. При этом уровни давлений на поверхностях посадочных модулей изменяются от 0.6 кПа до 6 кПа.

Получены результаты влияния «подсасывающего» (эжекторного) действия эффекта «lift loss» на тяговые характеристики двигательных установок посадочных модулей в условиях планеты Марс. Для первой конфигурации эффект проявляется только на расстоянии 1 м при минимальной и максимальной тяге. Для второй конфигурации эффект выявлен на расстоянии 1 м при максимальной тяге и на расстояниях 0.5 м и 0.3 м при минимальной тяге. Предельное значение этого эффекта не превышает 6 % от уровня тяги двигательной установки. В работе показано значительное обратное силовое воздействие от струй на поверхности посадочных платформ, которое для первой конфигурации может достигать 26.8 %, а для второй конфигурации – 22.4 % от максимальной тяги.

Проведены расчетные оценки возможной эрозии различных типов грунтов Марса по результатам определения силовых нагрузок при натекании многоблочных сверхзвуковых струй на поверхность посадки. Величины возникающих напряжений сопоставлены с доступными экспериментальными данными для аналогов марсианского грунта. Показано, что при работе двигательной установки на минимальной тяге силовое воздействие струй не приведет к эрозии поверхности места посадки для всех рассмотренных типов грунтов. При воздействии струй на максимальной тяге работы двигательной установки на высоте 0.3 метра эрозия возможна практически для всех типов грунтов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

разработанные и реализованные математическая модель, вычислительный комплекс и методика численного исследования применимы для изучения пространственных газодинамических процессов при взаимодействии многоблочных сверхзвуковых струй с обтекаемыми поверхностями в условиях других планет;

полученные результаты дают дополнительные представления об ударно-волновых структурах и пространственных газодинамических процессах при взаимодействии сверхзвуковых многоблочных струй двигательной установки с обтекаемыми поверхностями при выполнении посадочным модулем «мягкой» посадки на поверхность планет с учетом их условий и рельефа.

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

результаты исследования получены в том числе при выполнении Научно-исследовательским институтом прикладной математики и механики Национального исследовательского Томского государственного университета хоз. договора с АО «НПО Лавочкина» (шифр «ЭкзоМарс») в рамках международного проекта «ЭкзоМарс-2020» по разработке перспективных систем ракетно-космической техники нового поколения;

полученные результаты могут быть применены в разработке новых конфигураций посадочных модулей, их двигательных установок, при определении величин силовых и тепловых нагрузок на поверхностях посадочного модуля и планет и выборе места посадки, а также в учебном процессе вузов по направлению «Техническая физика».

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы при проведении научных исследований, связанных с взаимодействием сверхзвуковых многоблочных струй посадочных модулей с поверхностями планет в научных и учебных заведениях, таких как: Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН (г. Новосибирск), Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН (г. Новосибирск), Центральный научно-исследовательский институт машиностроения (г. Королев), Центральный институт авиационного моторостроения имени П. И. Баранова (г. Москва), Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (в частности, в Научно-исследовательском институте механики), Московский авиационный институт, Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Балтийский

государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова (г. Санкт-Петербург), Национальный исследовательский Томский государственный университет, Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С. А. Лавочкина» (г. Химки) и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

математическая модель построена на основе фундаментальных законов сохранения в механике жидкости и газа с использованием общепринятых уравнений;
для решения задачи применяются хорошо апробированные численные методы;
проведено сравнение результатов численного моделирования с применением вычислительного комплекса с известными опубликованными теоретическими и экспериментальными данными других исследователей, которое показало хорошее согласование по качественным картинам распределений параметров газа и количественным характеристикам.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в том, что:

для расчета трехмерных нестационарных турбулентных течений вязкого газа и его взаимодействия с обтекаемыми поверхностями разработана математическая модель и реализован новый вычислительный комплекс с использованием исходного кода программы OpenFOAM на неструктурированных расчетных сетках с привлечением системы автоматизированного проектирования и высокопроизводительных вычислительных систем Томского государственного университета СКИФ Cyberia;

получены новые результаты по взаимодействию многоблочных сверхзвуковых турбулентных струй посадочных модулей с поверхностями сложной формы с учетом изменения высоты от среза сопла до поверхности посадки и силы тяги двигательной установки;

впервые исследовано влияние эффекта «lift loss» на тяговые характеристики посадочных модулей в условиях разреженной атмосферы;

получены новые оценки возможной эрозии различных типов грунтов в результате силовой нагрузки на место посадки за счет натекания многоблочных сверхзвуковых струй двигательной установки посадочного модуля «ЭкзоМарс».

Личный вклад соискателя состоит в: совместной с научным руководителем постановке цели и задач исследования; самостоятельной разработке математической модели, реализации вычислительного комплекса, его тестировании, получении, обработке и анализе всех результатов математического моделирования, выносимых на защиту; совместном с научным руководителем обсуждении результатов исследования; самостоятельной формулировке выводов и заключений по материалам исследований, подготовке публикаций по теме диссертации.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9 Положения, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по исследованию газодинамических процессов при натекании многоблочных сверхзвуковых струй на поверхности места посадки и посадочного модуля в условиях Марса, имеющей значение для развития газовой динамики струйных течений.

На заседании 26.12.2017 диссертационный совет принял решение присудить **Кагенову А. М.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 5 докторов наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Заместитель председателя
диссертационного совета



Христенко Юрий Федорович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Пикушак Елизавета Владимировна

26.12.2017