

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.024.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНСТИТУТ
ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ ИМ. М.В. КЕЛДЫША РАН»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28 апреля 2022г. № 4

О присуждении **Сазонову Василию Викторовичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Математическое моделирование воздействия внешней среды на космический аппарат с изменяющейся геометрией поверхности» по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 25 января 2022 г., протокол № 1/пз, диссертационным советом 24.1.237.01 на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша Российской академии наук» Федерального агентства научных организаций Российской Федерации по адресу 125047, г. Москва, Миусская пл., 4 (утвержден приказом № 105/нк от 11 апреля 2012 года).

Соискатель Сазонов Василий Викторович 1982 года рождения.

В 2004 г. окончил факультет вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова с присуждением квалификации математик, системный программист по специальности «Прикладная математика и информатика». В том же году

поступил в аспирантуру факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ, которую окончил в 2007 году с представлением диссертации.

Защитил диссертацию «Применение вычислительной геометрии в задачах моделирования вращательного движения космических аппаратов» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» 12.10.2007 г. в диссертационном совете при факультете вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Работает деканом факультета космических исследований Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Докторская диссертация на тему «Математическое моделирование воздействия внешней среды на космический аппарат с изменяющейся геометрией поверхности» по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» выполнена на кафедре фундаментальной и прикладной математики факультета космических исследований Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный консультант:

Соловьев Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, генеральный конструктор ПАО «РКК «Энергия им. С.П. Королева».

Официальные оппоненты:

1. **Тучин Андрей Георгиевич** – доктор физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика», главный научный сотрудник Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук»;

2. **Чхартишвили Александр Гедванович** – доктор физико-математических наук по специальности 05.13.01 — «Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)», главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук»;

3. **Асланов Владимир Степанович** – доктор технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов», профессор, заведующий кафедрой теоретической механики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Акционерное общество «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна», г. Москва, в своем **положительном** заключении, подписанном доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора по научной работе **Гечей Владимиром Яковлевичем**, доктором технических наук, доцентом, начальником отдела общих научных исследований **Захаренко Андрем Борисовичем**, кандидатом технических наук, начальником отдела научно-технического сопровождения создания специальных космических комплексов **Пугачем Игорем Юрьевичем**, указала, что диссертация Сазонова Василия Викторовича является законченным научным исследованием на актуальную тему, содержащим ряд новых математических моделей и алгоритмов, эффективность которых проверена на реальных объектах космической техники. Работа выполнена автором самостоятельно и на высоком научном уровне. Диссертация показывает, что автор обладает высокой математической культурой, способен анализировать существующие проблемы, формулировать необходимые для решения задачи, вести

полномасштабные научные исследования средствами математического моделирования и получать требуемые результаты в виде готовых математических моделей, алгоритмов и программного обеспечения, а также проводить их верификацию. Анализ автореферата, диссертации и основных публикаций автора по теме работы позволяет сделать вывод, что В.В. Сазоновым были решены важные народно-хозяйственные и практические задачи в области математического моделирования и его применения для проектирования космической техники и управления космическими полетами, что можно характеризовать как важное научно-техническое достижение. Работа отвечает требованиям Постановления Правительства Российской Федерации от 29.04.2013 №842 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Соискатель имеет 46 опубликованных работ, в том числе 29 работ по теме диссертации. Основные результаты диссертации представлены в 13 работах, из них в рецензируемых научных изданиях из Перечня ВАК опубликовано 10 работ (8 статей без соавторов) и 3 свидетельства на регистрацию программ для ЭВМ. Также автором по теме диссертации опубликовано 16 работ, в том числе 2 перевода основных публикаций и 1 статья в журналах из списка Scopus, 2 публикации в журнале из списка ВАК по смежной специальности 05.13.01, 11 тезисов докладов. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, отсутствуют. Диссертация не содержит некорректных заимствований.

Основные научные работы соискателя по теме диссертации:

1. Сазонов В.В. Алгоритм отыскания освещенных участков многогранных поверхностей в плоскопараллельном световом потоке // Математическое моделирование, Т. 19, № 6, 2007. С. 16-31.

2. Медведев С.Б., Сазонов В.В., Сайгираев Х.У. Моделирование зон неустойчивой работы радиотехнической измерительной системы с активным ответом во время сближения и стыковки космических кораблей с Международной космической станцией // Математическое моделирование, Т. 24, № 2, 2012. С. 151-160.

3. Сазонов В.В. Построение интерактивной геометрической модели внешней поверхности космического аппарата // Математическое моделирование, Т. 32, № 6, 2020. С. 37-52.

4. Сазонов В.В. Сравнение двух моделей силы аэродинамического торможения для определения орбитального движения МКС // Матем. моделирование, Т. 32, № 10, 2020. С. 77-90.

5. Сазонов В.В. Математическое моделирование работы солнечных батарей космического аппарата // Математическое моделирование, Т. 33, № 9, 2021. С. 87-107.

6. Беляев М.Ю., Матвеева Т.В., Сазонов Вас.В., Сазонов В.В. Расчет аэродинамического момента в задачах математического моделирования вращательного движения транспортных грузовых кораблей Прогресс // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша, № 29, 2021. С. 1-41.

7. Сазонов В.В. Алгоритм определения освещенности солнечных батарей Российского сегмента Международной космической станции // Известия МГТУ «МАМИ», Т. 3, № 2(20), 2014. С. 63-68.

8. Сазонов В.В. Восстановление траектории сближения космического корабля с орбитальной станцией при помощи математического модели // Математическое моделирование, Т. 33, №11, 2021. С. 77-94.

9. Сазонов В.В. Определение параметров математической модели солнечных батарей космического аппарата по данным телеметрической информации // Вестник Московского университета. Серия 15: вычислительная математика и кибернетика, № 3, 2021. С. 37-43.

10. Сазонов В.В. Исследование точности прогноза выработки электроэнергии солнечными батареями служебного модуля «Заря» Международной космической станции при помощи математической модели

// Вестник Московского университета. Серия 15. Вычислительная математика и кибернетика, Т. 45, № 4, 2021. С. 49-58.

11. Макарова Е.Ю., Морозов О.В., Сазонов В.В., Самыловский И.А., Сапелкин А.С., Ахмедов М.Р. Специальное программное обеспечение для расчета затенения солнечных батарей космических аппаратов, Программа для ЭВМ RU 2020665994, Ноябрь 30, 2020.

12. Макарова Е.Ю., Морозов О.В., Сазонов В.В., Самыловский И.А., Сапелкин А.С., Ахмедов М.Р. Прием теплового излучения, Программа для ЭВМ RU 2020666264, ноябрь 30, 2020.

13. Макарова Е.Ю., Морозов О.В., Сазонов В.В., Самыловский И.А., Сапелкин А.С., Ахмедов М.Р. Тепловое излучение КА, Программа для ЭВМ RU 2020665114, ноябрь 30, 2020.

В работе 2 вклад автора состоял в разработке математической модели, алгоритма и реализации программного обеспечения. В работе 6 автор разработал алгоритм вычисления аэродинамических сил и моментов при помощи геометрической модели, предложил разложение по сферическим функциям, реализовал вычисление сил и моментов в виде программы для ЭВМ, предложил модифицированную математическую модель вращательного движения КА с использованием уточненной модели аэродинамического момента. Вклад автора в разработку программных комплексов 11-13 состоял в разработке алгоритмов математического моделирования, реализации критически важных участков кода и в общем руководстве работ.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы ведущей организации, официальных оппонентов и на автореферат поступили четыре отзыва. Все отзывы положительные. В отзывах содержатся следующие замечания:

Ведущая организация АО «Корпорация «ВНИИЭМ»:

1. В главе 2 представлена математическая модель орбитального движения КА, учитывающая силу аэродинамического сопротивления. Во введении указано, что в представленной модели используется

предположение, что молекулы газа при соударении с поверхностью КА испытывают абсолютно неупругий удар. При этом в тексте диссертации (в главе 2) показано, что можно использовать смешанный подход, считая, что доля молекул при столкновении испытывает абсолютно неупругий удар, а доля молекул – абсолютно упругий удар. В современных программных комплексах, которые используются на предприятиях космической отрасли для описания столкновений молекул газа с поверхностью используется модель Максвелла или многопараметрическая модель Ночиллы. Имеются результаты экспериментального определения коэффициентов аккомодации для различных покрытий. Из диссертации останется не ясным, каким образом в конечном итоге выбран метод учета соударения молекул с поверхностью, и как обоснован выбор этого метода. Не приведены ссылки на современные работы по данному вопросу.

2. В главе 4, посвященной восстановлению траектории относительного сближения космического корабля с орбитальной станцией указано, что моделирование производится с учетом не центральности гравитационного поля Земли и гравитационных возмущений, обусловленных влиянием Солнца и Луны. При этом указанные возмущения действуют одновременно на оба сближающихся космических объекта. Из диссертации не ясно, какое количественное влияние оказывают эти факторы на точность восстановления траектории сближения.

3. В главе 5 при математическом моделировании работы радиолокационной системы с активным ответом используется допущение, что поверхность станции является идеально проводящей, однако остается не вполне ясным, входят ли в рассмотрение геометрически изменяемые внешние поверхности солнечных батарей, ведь они не являются проводящими.

4. При верификации разработанных моделей автор использует телеметрическую информацию, т.е. экспериментальные результаты. С практической точки зрения, этот подход не вызывает никаких возражений. Вместе с тем представляется, что методически этот подход следовало бы

квалифицировать как идентификацию моделей, т.е. уточнение параметров модели по результатам испытаний. А верификацию модели можно было бы проводить по сравнению с другими (численными, точными) моделями рассматриваемых процессов.

Официальный оппонент д.ф.-м.н., Тучин А.Г.:

1. Во второй главе для определения параметров движения КА по измерениям автономной системы навигации используется функционал, в который входят измерения положения и скорости КА. В четвертой главе использован функционал, в который входят только измерения положения. В тексте диссертации нет объяснения этому несоответствию.

2. На с. 66 нецентральность гравитационного поля Земли названа «неравномерностью».

3. На с. 178 выражение в формуле (4.6) повторено дважды.

4. На с. 179 нумерованный перечень начинается с семи, а не с единицы.

Официальный оппонент д.ф.-м.н. Чхартишвили А.Г.:

1. В главе 4 решается задача восстановления траектории движения КА, при этом геометрия поверхности никак не используется, что несколько противоречит формулировке темы диссертации.

2. При описании моделирования взаимодействия поверхности КА с молекулами атмосферного газа фразу о том, что параметры модели "подбираются, исходя из некоторых соображений" (стр. 59) хорошо было бы дополнить указанием на эти соображения.

3. Имеются неточности в ссылках на рисунки, например на стр. 48 ссылка на рис. 1.6 вместо 1.5; на стр. 53 ссылка на отсутствующий в диссертации рис. 1.6в.

4. В тексте имеется немалое количество грамматических ошибок.

В отзыве официального оппонента д.т.н., профессора Асланова В.С. замечаний нет.

В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:

1) *В отзыве Липатникова Валерия Алексеевича, доктора технических наук, профессора, старшего научного сотрудника научно-*

*исследовательского центра и **Парфирова Виталия Александровича**, кандидата технических наук, докторанта федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военной академии связи имени маршала Советского Союза С.М. Буденного» Министерства обороны Российской Федерации:*

1. При разработке подхода к созданию иерархической геометрической модели внешней поверхности КА не определено возможное случайное изменение значения параметра с течением времени при учете вероятностей закономерности и интервалов квазистационарности процесса.

2. В предложенном подходе к построению иерархической геометрической модели внешней поверхности КА не представлено, каким образом исследуются вопросы оценки погрешности с требуемой надежностью результатов.

3. Из содержания автореферата не ясно, каким образом при расчете напряженности электромагнитного поля волны, излучаемой антенной радиотехнической системы с учетом возможного отражения от поверхности КА рассматривается частотный диапазон.

2) *В отзыве **Клишева Олега Павловича**, доктора технических наук, начальника отдела математического и имитационного моделирования акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»:*

1. Не приведено сравнение результатов «быстрых» методов расчета аэродинамического воздействия на низколетящий КА с классическими результатами численного решения уравнения Больцмана для разреженного газа методом трассировки траектории молекул и методом прямого статистического моделирования Монте-Карло.

2. В автореферате не приведена оценка погрешности расчетов аэродинамических воздействий на конструкцию КА в зависимости от времени суток, времени года и активности Солнца.

3. Отсутствует алгоритм выбора рациональных настроек системы управления программными поворотами СБ в обеспечение максимальной выработки электроэнергии частично затененными фотоэлектрическими преобразователями.

3) В отзыве **Турко Николая Ивановича** доктора военных наук, профессора, профессора старшего консультанта и **Филиппова Павла Геннадьевича** доктора физико-математических наук, профессора главного эксперта Научно-технического совета Государственной корпорации «Ростех»:

1. В тексте автореферата диссертации целесообразно было бы глубже осветить центральные понятия предметной области диссертационного исследования.

2. В автореферате утверждается, что все предложенные в работе математические модели, алгоритмы и программное обеспечение проверены на реальных космических аппаратах и кораблях, совершивших или продолжающих космические полеты отечественные КК «Прогресс», «Союз» и др. (стр. 32). Однако реально на практике полеты на МКС осуществляют и иностранные КК Dragon, Cygnus и др. Расширения спектра исследований по стыковке как отечественных, так и иностранных космических аппаратов и кораблей позволит получить новые результаты для проектирования космической техники, управления полетами и анализа результатов космической деятельности, что важно в условиях действия санкционной политики США и западных стран.

4) В отзыве **Бетанова Владимира Вадимовича**, доктора технических наук, профессора, член-корреспондента РАН профессора кафедры СМЗ Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»:

В качестве несущественного замечания отмечу, что автор в предложенной иерархической геометрической модели внешней поверхности космического аппарата указывает, что поддерживается

загрузка моделей из сторонних САПР, но не декларирует поддерживаемые форматы входных файлов, также не указано с какими сторонними программными продуктами есть совместимость.

Поступило 3 акта, подтверждающих внедрение (применение) результатов диссертации в следующих организациях:

1. ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева», утвержден главным конструктором Бидеевым Александром Геннадьевичем, подписан председателем комиссии, которая рассматривала работу, Филипповым Ильей Михайловичем и другими.

2. ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева», утвержден заместителем генерального директора, главный конструктор по пилотируемым системам и комплексам в рамках программы МКС ПАО «РКК «Энергия», подписан председателем комиссии Калашниковым Дмитрием Алексеевичем, членами комиссии Станиловской Верой Ивановной и Спириным Александром Сергеевичем.

3. АО «НИИ ТП», утвержден заместителем генерального директора, доктором технических наук, доктором военных наук Кострюковым Василием Федоровичем, подписан председателем комиссии Медведевым Сергеем Борисовичем, членами комиссии Шапошниковым Владимиром Ивановичем и Пахомовым Александром Валентиновичем.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широко известной компетенцией в вопросах баллистики и движения космических аппаратов, разработки космической техники и управления полетами, применения математического моделирования и математических методов в научных исследованиях. Это подтверждается многочисленными научными публикациями оппонентов и сотрудников ведущей организации (перечень публикаций отражен в сведениях, представленных на сайте организации, где проходила защита).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **предложен** общий подход к разработке быстрых, но достаточно точных методов математического моделирования воздействия внешней среды на космический аппарат, способных работать на персональном компьютере и не требующих больших вычислительных ресурсов, основанный на использовании иерархической геометрической модели внешней поверхности. Создан универсальный программный модуль геометрического представления внешней поверхности КА, который может применяться для исследования широкого круга задач; представлены решения задач: расчета силы и момента аэродинамического сопротивления, действующих на КА, определения освещенности солнечных батарей КА, расчет напряженности электромагнитного поля волны, излучаемой антенной радиотехнической системы с учетом возможного отражения от поверхности КА;

– **решена** задача высокоточного математического моделирования движения низколетящих КА, где сила и момент аэродинамического сопротивления рассчитываются при помощи разработанной геометрической модели внешней поверхности КА;

– **предложена** модифицированная модель орбитального движения КА, которая позволяет существенно повысить точность аппроксимации измерений АСН на длинных интервалах (10 суток и более) для КА с большой площадью миделева сечения, существенно меняющейся с течением времени;

– **предложена** модифицированная модель вращательного движения позволяет восстанавливать движения относительно центра КА с заданной точностью по данным измерений датчиков угловых скоростей.

– **разработаны** методика, алгоритм и программное обеспечение математического моделирования выработки электроэнергии СБ КА с учетом возможного затенения поверхности СБ элементами конструкции внешней поверхности КА и возможности изменения положения подвижных элементов; модель **показала** возможность получения прогноза прихода

электроэнергии с точностью 1-5%, в худших случаях до 12% за 5 суток; **проведена** оценка вклада в выработку электроэнергии СБ СМ «Звезда» РС МКС непрямого излучения Солнца, отраженного от поверхности Земли;

– **разработан** метод восстановления траектории относительного сближения КК с ОС по данным АСН, который был **применен** для восстановления траекторий сближения КК «Прогресс МС-10», «Прогресс МС-16», «Союз МС-03», «Союз МС-09», «Союз МС-12», «Союз МС-13», «Союз-МС-14»; ошибка при восстановлении траекторий составила не более 18 метров;

– **разработан** алгоритм поиска зон возможной неустойчивой работы радиотехнической системы измерения параметров относительного движения КК и станции, который был **реализован** в виде комплекса программ, верифицированного на шести стыковках транспортных КК «Союз» и «Прогресс» с международной космической станцией.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

– создании технологии решения задач математического моделирования воздействия внешней среды на КА с изменяющейся геометрией внешней поверхности;

– разработке математической модели орбитального движения КА, учитывающей изменяющуюся форму внешней поверхности КА, и, вследствие этого, силу аэродинамического торможения;

– модификации математической модели движения низколетящего КА относительно центра масс, где сила и момент аэродинамического сопротивления вычисляются при помощи разложения по сферическим функциям, вычисленным по детальной геометрической модели сил и моментов;

– разработке алгоритма математического моделирования работы СБ КА с изменяющейся геометрией поверхности с учетом возможного затенения поверхности СБ КА элементами конструкции внешней поверхности;

- разработке алгоритма подбора параметров математической модели работы СБ КА по данным поступающей телеметрической информации;
- разработке математической модели маневрирующего КА и методики восстановления движения космического корабля относительно орбитальной станции по данным датчиков автономной системы навигации, установленных на космическом корабле и орбитальной станции;
- создании математической модели работы радиотехнической системы с активным ответом, установленной на протяженном объекте, и поиска зон возможной неустойчивой работы такой системы.

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

- созданная соискателем технология решения задач математического моделирования воздействия внешней среды на космический аппарат позволяет на качественно новом уровне решать подобные задачи при разработке космической техники и управления космическим полетом для крупногабаритных космических аппаратов с изменяющейся геометрией поверхности, таких как Международная космическая станция;
- предложенная соискателем модифицированная математическая модель орбитального движения низколетящего КА с изменяющейся геометрией поверхности позволяет существенно повысить точность прогноза для крупногабаритных КА, таких как Международная космическая станция;
- разработанные соискателем методика и алгоритм математического моделирования работы СБ КА позволил существенно повысить точность прогноза выработки электроэнергии, что дает существенное улучшение планирования работы КА;
- созданные соискателем математическая модель радиотехнической системы измерения параметров относительного движения, установленной на протяженном объекте, и алгоритм поиска зон возможной неустойчивой работы такой системы дает возможность до начала работы оценить возможные сбои системы и принять упреждающие действия;

– разработанные соискателем программные продукты внедрены и активно используются в ПАО «РКК «Энергия им. С.П.Королева» и АО НИИ ТП при разработке космической техники и управлении полетом.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– достоверность разработанных в диссертационной работе моделей, методов, алгоритмов и программного обеспечения подтверждена результатами их верификации и валидации;

– верификация проводилась путем сопоставления результатов моделирования с реальными данными, полученными при обработке телеметрической информации, принятой со Служебного модуля «Звезда» Международной космической станции и космических кораблей «Союз» и «Прогресс».

Личный вклад соискателя состоит следующем:

– интерактивная иерархическая геометрическая модель внешней поверхности КА с изменяющейся геометрией и все вспомогательные алгоритмы разработаны и реализованы автором лично;

– модифицированная модель орбитального движения, программное обеспечение обработки данных разработаны автором лично, им же обработаны данные автономной системы навигации Международной космической станции;

– программный модуль расчета сил и моментов аэродинамического сопротивления по детальной модели внешней поверхности КА был создан автором лично;

– соискателем предложена модифицированная математическая модель движения КА относительно центра масс, где аэродинамический момент вычисляется при помощи детальной геометрической модели внешней поверхности КА и полученные значения сглаживаются при помощи разложения по сферическим функциям Лежандра; обработка и оценка данных угловых скоростей космических кораблей «Прогресс» проводилась совместно с соавторами;

– алгоритмы и методики математического моделирования работы солнечных батарей КА разработаны автором единолично;

– математическая модель, алгоритм и программное обеспечение работы радиотехнической системы, установленной на протяженном объекте, разработаны лично автором, при этом анализ работы системы по данным полученной телеметрической информации выполнялся вместе с соавторами;

– вклад автора в разработку программных комплексов состоял в разработке алгоритмов математического моделирования, реализации критически важных участков кода и в общем руководстве работами;

– вклад соискателя в опубликованные работы является определяющим.

В ходе защиты диссертации вопросы соискателю задавали члены совета Меньшов И.С., Гаранжа В.А., Четверушкин Б.Н., Колесниченко А.В., Змитренко Н.В., а также присутствующие на защите научные сотрудники института Веденяпин В.В. (д.ф.-м.н., в.н.с. отд. №6), Тучин Д.А. (к.ф.-м.н., в.н.с. отд. №5), Галактионов В.А. (д.ф.-м.н., проф., г.н.с. отд. №2).

Соискатель ответил на заданные ему вопросы, согласился с критическими замечаниями, указанными в письменных отзывах, и дал необходимые пояснения. Существенных замечаний по диссертации не было.

В дискуссии выступили сотрудники ИПМ им. М.В. Келдыша РАН: Четверушкин Б.Н. (предс. совета), Карташев В.А. (д.ф.-м.н., в.н.с. отд. №5), Веденяпин В.В. (д.ф.-м.н., в.н.с. отд. №6), Галактионов В.А. (д.ф.-м.н., проф., г.н.с. отд. №2), Боровин Г.К. (д.ф.-м.н., г.н.с. отд. №5), а также принявшие участие в заседании Филатьев А.С. (д.т.н., зав. каф. Прикл. матем. МАИ), Морозов О.В. (к.ф.-м.н., нач. отд. качества ФКИ МГУ). Все выступавшие выразили свое одобрение диссертационной работы Сазонова В.В., было отмечено, что рассмотренные в работе 5 важных прикладных задач решены с использованием единого геометрического подхода и все результаты верифицированы на реальных данных, также было отмечено, что предложенный метод обладает свойством хорошей масштабируемости.

Председатель совета Б.Н. Четверушкин отметил в своем выступлении, что диссертация В.В. Сазонова находится в рамках нового направления –

развития систем, так называемого, «гибридного» интеллекта, где математические модели соединены с методологией искусственного интеллекта и машинной обработки.

На заседании 28 апреля 2022 г. диссертационный совет принял решение: за разработку технологии решения задач математического моделирования воздействия внешней среды на конструкции с изменяющейся геометрией поверхности и решение важных теоретических и практических задач в области проектирования космической техники и управления космическими полетами, которые в совокупности можно характеризовать, как крупное научное достижение, присудить Сазонову В.В. ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета 24.1.237.01

академик РАН, д.ф.-м.н, профессор



Четверушкин Б. Н.

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.1.237.01

к.ф.-м.н.

Корнилина М. А.

28 апреля 2022 года.