

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.12

Соискатель: Бурдин Иван Анатольевич

Тема диссертации: Методика построения высокоточной согласующей модели радиационного давления навигационных космических аппаратов системы ГЛОНАСС

Специальность: 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 14 ноября 2019 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, установленным Положением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Бурдину Ивану Анатольевичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета В.В. Малышев, ученый секретарь диссертационного совета А.В. Старков, члены диссертационного совета: В.Т. Бобронников, В.С. Брусов, Л.В. Вишнякова, В.А. Воронцов, В.Н. Евдокименков, А.В. Ефремов, К.А. Занин, М.С. Константинов, В.П. Махров, С.Н. Падалко, В.Н. Почукаев, Ю.Н. Разумный, В.В. Родченко, Ю.В. Тюменцев, М.М. Хрусталеv, А.В. Шаронов.

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.12, к.т.н.

И.о.начальника отдела УДС МАИ
Т.А. Аникина



А.В. Старков

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.12
на базе Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
(МАИ)

по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 14.11.2019 г., протокол № 22

О присуждении **Бурдину Ивану Анатольевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика построения высокоточной согласующей модели радиационного давления навигационных космических аппаратов системы ГЛОНАСС» по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» принята к защите «27» июня 2019, протокол № 13, диссертационным советом Д 212.125.12 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт), 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Бурдин Иван Анатольевич 1984 года рождения, в 2007 г. окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (государственный технический университет)» по специальности «Прицельно-навигационные системы летательных аппаратов» с присуждением квалификации «инженер».

В период подготовки диссертации соискатель был прикреплен к кафедре «Информационно-управляющие комплексы» МАИ для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (приказ №90/асп от «29» сентября 2017 г.).

Диссертация выполнена в МАИ на кафедре «Информационно-управляющие комплексы».

Научный руководитель – доктор технических наук, старший научный сотрудник, заместитель генерального директора, заместитель генерального конструктора акционерного общества «Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения», профессор кафедры «Информационно-управляющие комплексы» МАИ Пасынков Владимир Викторович.

Официальные оппоненты:

1. Боровин Геннадий Константинович – гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, главный

научный сотрудник Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук».

2. Чазов Вадим Викторович – гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Все оппоненты дали **положительные отзывы о диссертации.**

Ведущая организация:

Акционерное общество «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева», г. Москва, дало **положительное заключение** (заключение было заслушано и одобрено 1 октября 2019 года на заседании секции НТС в Научно-исследовательском институте космических систем имени А.А. Максимова ГКНПЦ им. М.В. Хруничева (протокол заседания от 1 октября 2019 г. № 10), подписано председателем секции НТС, руководителем филиала АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» в г. Королев – директором «НИИ КС им. А.А. Максимова», доктором технических наук, профессором М.И. Макаровым, советником руководителя филиала – директора НИИ КС по навигационно-баллистическому обеспечению, кандидатом технических наук В.И. Прутом, главным научным сотрудником, доктором технических наук, профессором В.С. Чаплинским, ученым секретарем секции НТС, кандидатом технических наук, доцентом А.М. Гуменюком). Отзыв утвержден первым заместителем генерального директора АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» Д.Г. Денискиным.

В заключении указано, что диссертация Бурдина И.А. соответствует специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов», является научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача разработки методики построения высокоточной согласующей модели радиационного давления навигационного космического аппарата (НКА) ГЛОНАСС, имеющая существенное значение для поддержания конкурентоспособного уровня системы ГЛОНАСС и развития прикладных методов навигационного обеспечения ее потребителей. Диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями, внесёнными Постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2016 г. № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Основные результаты диссертационной работы изложены в 4-х научных работах, опубликованных в научных журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК. Всего по теме диссертации соискатель имеет 7 опубликованных работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Бурдин И.А., Хомяк Р.В. Использование согласующей модели радиационного давления для повышения точности прогнозирования эфемеридной информации ГЛОНАСС // Научно-технический журнал «Космонавтика и

ракетостроение». ЦНИИмаш, 2017. вып.1(94). С. 103 – 109. – 7 с. (3,5 с. авт.). (№763 в перечне ВАК от 23.11.2016 г.)

Соискателем предложена технология формирования коэффициентов согласующей МРД, применение которой позволяет снизить погрешность прогнозирования эфемерид НКА.

2. Бурдин И.А., Хомяк Р.В. Модель радиационного давления навигационного КА «Глонасс-М» // Научно-технический журнал «Двойные технологии». 2018. вып.1(82). С. 19–21. – 3 с. (1 с. авт.). (№532 в перечне ВАК от 01.01.2018 г.)

Соискателем предложена согласующая МРД нового вида, применение которой позволяет уменьшить погрешности прогнозирования эфемерид.

3. Бурдин И.А., Хомяк Р.В. Определение состава коэффициентов согласующей модели радиационного давления НКА ГЛОНАСС // Научно-технический журнал «Космонавтика и ракетостроение». ЦНИИмаш. 2017. вып.6(99). С.116–120. – 4,5 с. (2 с. авт.). (№763 в перечне ВАК от 23.07.2017 г.)

Соискателем проведены исследования и представлены результаты по определению оптимального порядка согласующей МРД, полученные по априорным оценкам влияния коэффициентов согласующей МРД на погрешность суточного прогноза параметров движения НКА ГЛОНАСС.

4. Бурдин И.А., Хомяк Р.В. Экспериментальное определение значений коэффициентов согласующей модели радиационного давления НКА ГЛОНАСС // Научно-технический журнал «Космонавтика и ракетостроение». ЦНИИмаш. 2018. вып.6(105). С.48–55. – 7,2 с. (3,2 с. авт.). (№1145 в перечне ВАК от 30.11.2018 г.)

Соискателем предложена методика формирования коэффициентов согласующей МРД, проведены исследования и представлены результаты экспериментального определения значений коэффициентов согласующей МРД и оценки точности прогнозирования эфемерид НКА ГЛОНАСС.

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

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

1. Акционерное общество «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева» (ведущая организация). Отзыв положительный.

К диссертационной работе имеются замечания.

1. Отсутствуют оценки оперативности решения задачи определения коэффициентов высокоточной согласующей модели радиационного давления.

2. Не полно отражены технологические аспекты определения коэффициентов высокоточной согласующей модели радиационного давления в части периодичности пересчета и обновления ее параметров.

3. Не рассмотрено применение разработанной согласующей модели радиационного давления (МРД) без априорной информации.

2. Боровин Геннадий Константинович (официальный оппонент), доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник. Отзыв

положительный, заверен учёным секретарем ИПМ им. М.В. Келдыша РАН А.И. Масловым.

К работе имеются следующие замечания.

1. Автор использует метод наименьших квадратов для расчета коэффициентов модели. При этом может возникнуть опасность плохой сходимости итерационного процесса. Следовало исследовать возможность использования алгоритма Левенберга – Марквардта (Levenberg – Marquardt algorithm) для улучшения сходимости.

2. На с.52 автор использует термин «эксцесс суток». В научной литературе принят развернутый термин «эксцесс длительности суток».

3. Чазов Вадим Викторович (официальный оппонент), доктор физико-математических наук. **Отзыв положительный**, заверен директором ГАИШ МГУ, доктором физико-математических наук, профессором К.А. Постновым.

По диссертационной работе замечания отсутствуют.

4. Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем начальника ИАЦ КВНО, кандидатом технических наук С.А. Пановым, ведущим научным сотрудником, кандидатом технических наук И.О. Скакуном. Отзыв заверен главным учёным секретарем предприятия, доктором технических наук, профессором Ю.Н. Смагиным.

Отмечены следующие замечания.

1. В автореферате не в полной мере описаны механизмы настраивания модели в зависимости от условий освещенности орбиты НКА.

2. В автореферате представлены практические рекомендации по использованию параметров согласующей МРД НКА ГЛОНАСС, при этом не представлены исследования, обосновывающие интервалы перехода от средних значений коэффициентов согласующей МРД к уточненным.

3. В автореферате не затронут вопрос полноты покрытия измерениями единичной сферы, на которой задана функция радиационного давления.

5. Акционерное общество «Научно-производственное объединение им С.А. Лавочкина». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан ведущим специалистом, кандидатом технических наук С.И. Шматовым и утвержден заместителем генерального конструктора по научной работе, доктором технических наук, профессором С.Н. Шевченко.

Отмечены следующие недостатки:

1. Из представленных результатов экспериментальной оценки не ясно, при каких условиях солнечной активности проводился расчет, и оценивалась погрешность прогнозирования эфемерид.

2. В автореферате отсутствует обоснование выбора 15-ти часового интервала прогноза при проведении экспериментальных исследований.

3. В тексте автореферата имеется несколько стилистических неточностей и опечаток.

6. Акционерное общество «Российские космические системы». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником отделения комплексных исследований создания перспективных навигационно-геодезических технологий и систем на их основе, доктором технических наук В.В.

Куршиным, заместителем начальника отделения, доктором технических наук, профессором А.А. Поваляевым, ведущим научным сотрудником отделения создания функциональных дополнений ГЛОНАСС и специализированных навигационных систем, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником А.П. Фурсовым и заверен ученым секретарем АО «РКС», кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником С.А. Федотовым.

В качестве замечаний отмечено.

1. Нет полного соответствия названия диссертационной работы ее содержанию. В названии диссертационной работы указано построение высокоточной согласующей модели радиационного давления космических аппаратов, включающее в себя силу светового давления, сил отраженной и инфракрасной радиации Земли. В диссертации же рассматривается построение только высокоточной согласующей модели сил светового давления. При этом ради справедливости следует признать, что сила светового давления является преобладающей среди сил радиационного давления на КА.

2. Использование для аппроксимации высокоточной согласующей модели разложения в ряд по сферическим функциям (выражение (6) автореферата) недостаточно обосновано. Такие разложения обычно применяются для аппроксимации гравитационных полей, близких к центральным, например, для аппроксимации ускорений, создаваемых гравитационными полями Земли, планет, Солнца. В центре такого гравитационного поля находится массивное притягивающее тело, а в качестве аргументов сферических функций выступают углы, отсчитываемые от заданных направлений на этом притягивающем теле. В автореферате же разложение по сферическим функциям используется не для аппроксимации ускорений, создаваемых солнечным давлением, а для аппроксимации коэффициентов, выражающих ускорения, вызываемые давлением солнечного света, в долях ускорения, вызываемого солнечным притяжением. Кроме того, аргументами сферических функций, входящих в разложение (6), аппроксимирующее поправки к коэффициентам светового давления, являются углы α и γ , которые не привязаны к каким-либо заданным направлениям на Солнце. В то же время хорошие результаты, полученные при использовании аппроксимации (6) в виде разложения в ряд по сферическим функциям, показывают, что такая аппроксимация может использоваться для решения поставленной задачи.

3. Судя по автореферату в диссертации уделяется значительное внимание определению коэффициентов модели светового давления на бестеневых и теневых участках. Последние возникают при малых углах склонения Солнца γ , на участках орбиты НКА с малыми углами СОЗ. Однако при тех же значениях γ на участках очень больших углов СОЗ, которые являются бестеневыми, требующаяся угловая скорость разворота НКА, необходимая для постоянной ориентации панелей солнечных батарей (ПСБ) на Солнце, сильно возрастает и превышает возможности исполнительных устройств, обеспечивающих такой разворот. В этих условиях применяется упреждающий разворот с максимально реализуемой исполнительными устройствами угловой скоростью разворота. Это разворот начинается заранее, до момента времени, когда требующаяся угловая скорость начнет превышать возможности исполнительных устройств, и

заканчивается после момента времени, когда, требующаяся угловая скорость перестает превышать возможности исполнительных устройств. В режиме упреждающего разворота ПСБ ориентируются не на Солнце, а разворачиваются вместе с НКА в соответствии с алгоритмом упреждающего разворота и поэтому значения согласующих коэффициентов режима упреждающего разворота не могут совпадать со значениями этих коэффициентов в режиме ориентации ПСБ на солнце. Задача определения значений коэффициентов светового давления на участке режима упреждающего разворота также требует определенного внимания. Справедливости ради следует отметить, что длительность режима упреждающего разворота обычно не превышает 15 минут, а время пребывания НКА в этом режиме не превышает 0,1 % срока его активного существования.

7. Акционерное общество «Конструкторское бюро «Арсенал» имени М.В. Фрунзе». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником отдела организации и сопровождения научной деятельности, кандидатом военных наук А.Л. Борциным, утвержден первым заместителем генерального директора А.И. Шевкуновым.

В качестве замечания по автореферату следует отметить, что результаты экспериментальных исследований по оценке точности прогнозирования эфемеридной информации не содержат данные по некоторым НКА, которые входят в состав орбитальной группировки ГЛОНАСС.

8. ФГБУН Институт астрономии Российской академии наук. Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан старшим научным сотрудником, кандидатом технических наук С.П. Кузиным, заверен заместителем директора института по научной работе, доктором физико-математических наук, профессором РАН М.Е. Сачковым.

В качестве замечаний отмечено: из материалов автореферата не видно:

1. Существует ли предел уточнения влияния радиационного давления с помощью предложенной методики.

2. Возможно ли использование данной методики и модели для учета радиационного давления на аппараты других спутниковых систем (не навигационных), например, низко- и средне-орбитальных платформ.

9. ФГБУН Институт прикладной астрономии Российской академии наук. Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан руководителем отделения фундаментальной и прикладной астрономии, заведующим лабораторией космической геодезии и вращения Земли, доктором физико-математических наук И.С. Гаязовым, заверен ученым секретарем ИПА РАН, кандидатом физико-математических наук М.В. Васильевым.

Отмечен следующий недостаток: из материалов автореферата диссертации не видно возможно ли использование данной модели и методики для учета радиационного давления на космические аппараты иностранных навигационных спутниковых систем.

10. Акционерное общество «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем генерального директора по науке, доктором физико-математических наук К.Г. Охоткиным, главным специалистом отделения разработки космических комплексов (систем) координатно-

метрического назначения, наземных комплексов управления и баллистического обеспечения, доктором технических наук А.К. Гречкосеевым. Отзыв утвержден генеральным директором АО «ИСС», доктором технических наук, профессором, Заслуженным деятелем науки РФ, членом-корреспондентом РАН Н.А. Тестоедовым.

В качестве замечаний отмечено.

1. В формуле (10) для эквивалентной погрешности дальности (ЭПД) используется коэффициент 0.14. В методиках Федеральной целевой программы для ЭПД используется коэффициент 0.19.

2. Из материалов не ясно, как применяется полученная согласующая модель радиационного давления в технологических циклах расчета эфемерид: используются на каждом мерном интервале одни и те же полученные постоянные параметры модели или кроме этого на каждом мерном интервале уточняется набор каких-либо параметров.

11. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан профессором кафедры технической физики, доктором технических наук В.М. Владимировым, заверен ученым секретарем СибГУ им. М.Ф. Решетнева А.Е. Гончаровым.

В качестве замечаний отмечено.

1. Не представлены оценки погрешности определения параметров согласующей МРД (промежуточных и результирующих коэффициентов).

2. Не приведены оценки оперативности решения задачи определения промежуточных и результирующих коэффициентов согласующей МРД.

12. Акционерное общество «Корпорация «ВНИИЭМ». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем генерального директора по научной работе, доктором технических наук, профессором В.Я. Геча.

В качестве замечания к автореферату отмечено отсутствие в нем списка сокращений.

13. Акционерное общество «Ракетно-космический центр «Прогресс». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем генерального конструктора по научной работе, кандидатом технических наук М.В. Борисовым, ведущим инженером-конструктором отдела баллистического и навигационного обеспечения, кандидатом технических наук В.А. Боровковым, утвержден первым заместителем генерального директора – генеральным конструктором, доктором технических наук Р.Н. Ахметовым.

В качестве замечаний отмечено.

1. В материалах реферата достаточно подробно описаны подходы, определяющие формирование методики построения высокоточной согласующей модели. Однако, материалы реферата не дают полного представления о выборе величины интервала согласования значений коэффициентов МРД, а также периодичности их обновления.

2. В материалах реферата не указана величина выигрыша по точности, соответствующая решению навигационной задачи в поле ГЛОНАСС при использовании разработанных соискателем модели и методики.

14. Акционерное общество «ВПК «НПО машиностроения». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный,** подписан ведущим инженером-конструктором, заслуженным машиностроителем России Е.А. Зайцевым, старшим научным сотрудником, кандидатом технических наук М.А. Закировым, заверен ученым секретарем НТС АО «ВПК «НПО машиностроения», кандидатом физико-математических наук Л.С. Точиловым, утвержден заместителем генерального директора, заместителем генерального конструктора АО «ВПК «НПО машиностроения» по космическому направлению П.А. Широковым.

В качестве замечаний отмечено.

1. Целесообразно было бы дать развернутые предложения по внедрению полученных в навигационно-баллистическом обеспечении различных типов космических аппаратов, в том числе имеющих другие режимы штатной ориентации.

2. В большом объеме примеров применения разработанных методик и моделей в комплексах центра управления системой ГЛОНАСС целесообразно было бы выделить случаи с низкой эффективностью методик и моделей.

3. Недостаточно подробно объяснены причины ухудшения точности прогнозирования на теневых участках орбит.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью в области науки по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» – ведущее предприятие российской ракетно-космической отрасли, один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства космических средств выведения, участник масштабных международных проектов (Международная космическая станция, ЭкзоМарс и др.), оказывает содействие ряду стран в реализации национальных космических программ по созданию собственных спутниковых группировок. Отзыв по диссертационной работе подготовили и подписали ученые НИИ КС им. А.А. Максимова – структурного подразделения АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», которые являются признанными специалистами в части навигационно-баллистического обеспечения полетов космических аппаратов.

Боровин Геннадий Константинович – автор более 100 печатных публикаций среди которых 1 монография, 1 изобретение и более 30 научных отчетов. Область научных интересов – баллистико-навигационное обеспечение полётов автоматических космических аппаратов. Заместитель руководителя «Объединенной экспертной рабочей группы по космическим угрозам» Совета РАН по космосу, является руководителем секции «Космический мусор».

Чазов Вадим Викторович – автор более 20 публикаций в отечественных журналах и сборниках статей. Область научных интересов – уточнение параметров движения искусственных спутников Земли, в том числе объектов, являющихся космическим мусором, на основе наблюдений. Разработал алгоритмы осреднения возмущающих функций в задаче о взаимодействии нескольких материальных точек и численного интегрирования эволюционных

уравнений движения. Построены диаграммы изменения элементов орбит больших планет Солнечной системы.

В дискуссии приняли участие:

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
МАЛЫШЕВ В.В.	д.т.н., 05.07.09
БОБРОННИКОВ В.Т.	д.т.н., 05.13.01
ЗАНИН К.А.	д.т.н., 05.13.18
КОНСТАНТИНОВ М.С.	д.т.н., 05.07.09
ПОЧУКАЕВ В.Н.	д.т.н., 05.13.01
ЕВДОКИМЕНКОВ В.Н.	д.т.н., 05.13.01

Диссертационный совет отмечает, что **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем**, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Проведен системный анализ методов и моделей, используемых для учета радиационных возмущений, их применимости в модели движения НКА ГЛОНАСС;

2. Определен необходимый состав уточняемых параметров высокоточной согласующей МРД НКА ГЛОНАСС с учетом требований по точности эфемеридной информации (ЭИ);

3. Разработана методика определения параметров высокоточной согласующей модели радиационного давления НКА ГЛОНАСС по прецизионной эфемеридной информации;

4. Экспериментально подтверждены достоверность и практическая полезности модели и методики;

5. Обоснованы предложения по использованию параметров высокоточной согласующей модели радиационного давления в цикле эфемеридного обеспечения ГЛОНАСС и порядку расчета коэффициентов модели.

Новизна полученных результатов заключается в разработке новой высокоточной согласующей МРД для всех типов НКА ГЛОНАСС, отличающейся от известных аналогов структурой и настройкой в зависимости от условий освещенности орбиты НКА. Разработана методика определения параметров новой высокоточной согласующей МРД НКА ГЛОНАСС, состоящая из двух этапов и отличающаяся тем, что позволяет уточнить коэффициенты модели, отвечающие за влияние короткопериодических и долгопериодических возмущений. Получены параметры новой высокоточной согласующей МРД по экспериментальным данным.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

1. Предложенные автором высокоточная согласующая модель радиационного давления и методика определения ее параметров позволяет обеспечить выполнение требований, предъявляемых к точности расчета прецизионной эфемеридной информации и решения задач в системе прецизионной навигации, в части точности учета радиационных возмущений, действующих на НКА ГЛОНАСС (подтверждено актом о внедрении).

2. Экспериментальная отработка показала, что с использованием предложенной автором модели и методики возможно получить устойчивые и

интерпретируемые значения коэффициентов согласующей модели радиационного давления.

Диссертация целостно охватывает основные вопросы рассматриваемой научно-технической задачи. Изложение полученных результатов логически связано. В работе использованы фундаментальные научно-технические подходы и современные методы моделирования и обработки информации.

Значение полученных соискателем результатов исследования для теории состоит в развитии методов учета влияния радиационного давления на движение НКА с использованием согласующих моделей.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанные модель, методика и предложения по использованию вносят практический вклад в поддержание конкурентоспособности системы ГЛОНАСС в условиях повышающихся требований потребителей, обеспечивая повышение точности пятнадцатичасового прогноза эфемерид на ~ 25% для текущей технологии эфемеридного обеспечения системы ГЛОНАСС.

Результаты диссертационной работы были использованы в государственной опытно-конструкторской работе «Сантиметр» в рамках Федеральной целевой программой «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012-2020 годы», что подтверждается материалами технического проекта, а также в учебном процессе кафедры «Информационно-управляющие комплексы» МАИ.

В деле имеются соответствующие акты о внедрении результатов диссертации.

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию при разработке и совершенствовании моделей учета радиационных возмущений для повышения точности расчета ЭИ НКА, обосновании требований к космическому сегменту навигационных систем, разработке программно-методического обеспечения по расчету ЭИ НКА.

В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник. Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

Таким образом,

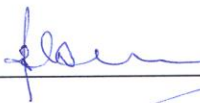
1. **Диссертация является научно-квалификационной работой**, в которой решена актуальная научно-техническая задача разработки методики построения высокоточной согласующей модели радиационного давления НКА ГЛОНАСС.

2. Изложенные в диссертационной работе **результаты являются новыми научно обоснованными техническими решениями**, имеющими существенное значение для развития космической отрасли страны в части расширения практического использования системы ГЛОНАСС, за счет доведения характеристик системы до паритетного уровня с характеристиками зарубежных навигационных систем и обеспечения повышение точности услуг, предоставляемых потребителям.

На заседании 14 ноября 2019 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение присудить Бурдину Ивану Анатольевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета
Д 212.125.12, д.т.н., профессор


В.В. Малышев

Ученый секретарь диссертационного совета
Д 212.125.12, к.т.н.


А.В. Старков

«14» ноября 2019 г.

И.о. начальника отдела УДс МАИ
Т.А. Анкина

