



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
«СИСТЕМЫ ПРЕЦИЗИОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»
(АО «НПК «СПП»)**

ОКПО 07559035, ОГРН 1097746629639, ИНН 7722698108, КПП 772201001 / 774550001

Авиамоторная ул., д.53, Москва, 111024
www.npk-spp.ru

тел. (495) 234-98-47; факс (495) 234-98-59
spp@npk-spp.ru

29.05.2026 № 02-6116
На _____ от _____

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования «Московский авиационный
институт (национальный исследовательский
университет)»

Отдел подготовки кадров высшей квалификации

Отзыв официального
оппонента

Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993

Высылаю отзыв официального оппонента д.т.н. Тунгушпаева А.Т. на диссертацию Ковалевой Марины Владимировны на тему: «Совершенствование алгоритмов обработки траекторных измерений и методик обеспечения гарантированной точности определения и прогнозирования траектории космического аппарата», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движение летательных аппаратов.

Приложение: Отзыв, в 2 экз., на 7 листах каждый, в адрес.

Врио генерального конструктора
кандидат технических наук, доцент




В.Ф. Боровский

Исп.: Тунгушпаев А.Т.
Тел. 8 (495) 280-08-60 доб. 33-56

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«2» 06 2026



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
«СИСТЕМЫ ПРЕЦИЗИОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»
(АО «НПК «СПП»)

ОКПО 07559035, ОГРН 1097746629639, ИНН 7722698108 КПП 772201001/ 774550001

ОТЗЫВ

ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, старшего научного сотрудника

Тунгушпаева Альберта Толевжановича

на диссертацию Ковалевой Марины Владимировны «Совершенствование алгоритмов обработки траекторных измерений и методик обеспечения гарантированной точности определения и прогнозирования траектории космического аппарата», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)

1. Актуальность темы диссертации

Тема диссертации Ковалевой М.В. тесно связана с вопросами оперативного баллистического обеспечения космических аппаратов (КА), контролем безопасности и оценкой точности решения навигационных задач КА в околоземном космическом пространстве (ОКП) и дальнем космосе. Данное направление приобрело особую актуальность с появлением группировок КА и возобновлением нашей страной полётов в дальний космос. С ростом числа КА возросла нагрузка на наземные измерительные станции, что остро ставит проблему оперативного обеспечения проведения сеансов приёма измерений текущих навигационных параметров в объёме, необходимом для обеспечения требуемой точности решения задач оперативной баллистики.

В диссертационной работе предложены и апробированы в оперативных комплексах управления КА алгоритмы, позволяющие не только оценить точность полученного решения основных задач оперативной баллистики, но и сократить число сеансов получения траекторных измерений. Это достигается за счёт более тщательной фильтрации измерений в массивах измерений и обеспечения использования большего их количества для решения задачи определения орбиты КА.

Повышение точности решения задачи навигации в дальнем космосе за счёт моделирования плохо прогнозируемых возмущающих факторов, связанных с изменениями космической погоды, солнечным давлением на различные элементы конструкции КА и использованием в расчётах математических моделей с разной степенью точности, становится необходимым при решении задачи посадки КА на поверхность Луны, а это

мероприятие запланировано при полёте космических аппаратов «Луна-27» и «Луна-28».

Решение вопросов обеспечения безопасности космического движения приобретает всё большую важность с каждым днём в связи с ростом запусков КА разными странами в том числе в составе многочисленных группировок малых КА. В работе предложен метод прогнозирования и оценки точности полученного прогноза траектории движения не только КА, но и космических объектов (КО), начальные условия движения которых заранее не известны, а измерения их пространственного положения получены с помощью пассивного наблюдения оптическими или радиолокационными средствами. Результаты данной диссертационной работы могут быть применены для решения задачи идентификации КО с целью парирования опасных ситуаций на орбитах разных классов в ОКП.

2. Оценка содержания и внутреннего единства диссертации

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и приложения. Работа изложена на 222 страницах, содержит 69 рисунков, 23 таблицы. Список литературы включает 80 наименований.

Во введении обоснована актуальность исследования, дана оценка разработанности темы исследования, определены объект и предмет исследования, сформулированы цель, научная задача и частные задачи исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту, и их научная новизна, приведены данные о структуре и объёме диссертационной работы.

В главе 1 приводится описание предметной области, описаны математические методы, использующиеся для решения поставленной научной задачи, приведено их описание и некоторое сравнение. Введён ряд ограничений и допущений.

Глава 2 посвящена описанию подходов и методик решения задачи оценивания в контуре оперативных баллистико-навигационных задач. Рассмотрены разработанные автором методики оценки точности измерения навигационных параметров и определения орбит КО в ближнем и дальнем космосе. Описан разработанный автором алгоритм численного интегрирования на основании метода Эверхарта с настраиваемой точностью и автоматическим изменением шага.

В главе 3 описан подход к обеспечению безопасного движения КА в ОКП. Приведена методика оценки точности определения пространственного положения неуправляемых КО. А также приведена методика оценки безопасного относительного движения двух объектов, которая может быть

применена при оценке безопасности движения КА в составе многоспутниковой орбитальной группировки (ОГ), например, при проведении динамических операций и упрощённая методика, позволяющая оперативно выявлять опасные КО и оценивать коридоры разброса параметров их орбит в момент максимального сближения, а также рассчитать вероятность столкновения с управляемым КА.

Глава 4 содержит сведения о результатах проведённого автором анализа влияния возмущающих факторов на эволюцию параметров траектории полёта КА на околокруговых орбитах искусственного спутника Луны. Приведено сравнение различных моделей расчёта гравитационного поля Луны и моделей расчёта плотности земной атмосферы. Данные исследования могут быть положены в основу построения модели решения основных задач баллистико-навигационного обеспечения (БНО) полёта КА в ОКП и на орбитах искусственного спутника Луны.

В заключении приведены основные результаты исследования и предложения по их дальнейшему использованию.

Представленный текст диссертации является законченной научно-квалификационной работой, посвящённой решению актуальной научной задачи по разработке методического аппарата оперативного БНО. Применение разработанного автором методического аппарата дает возможность контролировать безопасность нахождения КА на заданной орбите, в том числе в составе многоспутниковой ОГ, в условиях густой населённости ОКП, что соответствует областям исследований по научной специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки).

Работа выполнена на высоком математическом уровне и написана ясным научным языком. Тема диссертации соответствует её содержанию, цели и научной задаче исследования. Главы диссертации имеют адекватное построение, характеризуются чёткостью и последовательностью изложения, корректностью суждений и логичностью выводов. Текст диссертации сбалансирован, иллюстрирован рисунками, таблицами и формулами. Рисунки информативны и хорошо доносят суть иллюстрируемой идеи. Таблицы наглядны и служат дополнением к текстовому материалу. Формулы расположены в тексте логично, обладают требуемой чёткостью и полнотой содержания. Текст хорошо структурирован. Список использованной литературы оформлен в соответствии с действующим стандартом.

Автореферат полностью отображает содержание диссертации и полученные в ней результаты.

Общее оформление диссертации и автореферата отвечает нормативным требованиям к оформлению научно-технических публикаций.

3. Оценка полноты изложения в публикациях и апробации научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы

Основные результаты исследования достаточно полно изложены в 15 публикациях, в том числе пять публикаций в журналах, рекомендованных ВАК РФ для защиты кандидатских диссертаций, 10 тезисов докладов в сборниках материалов научных конференций. Три работы принадлежат лично соискателю, остальные выполнены в соавторстве. Полученные в диссертации результаты использованы при написании двух научно-технических отчётов о научно-исследовательских работах.

4. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы Ковалевой М.В. основана на использовании фундаментальных положений баллистики и прикладной небесной механики, численно-аналитических методов, теории вероятности и методов оптимизации, а также на глубоком анализе результатов исследований по вопросам, связанным с исследуемым в диссертации объектом. Высокий уровень обоснованности подтверждается корректной и чёткой формулировкой цели исследования и решаемой в диссертации научной задачи, её системной декомпозицией на частные научно-технические задачи, их решением в логичной последовательности, использованием методов и схем решения, адекватных цели исследования. Кроме того, обоснованность подтверждается широкой апробацией и публикациями результатов исследования.

Достоверность полученных результатов обеспечивается чёткой математической постановкой задачи определения параметров орбиты КА с одновременной оценкой точности в условиях ограниченного набора сеансов измерений навигационных параметров и учётом возмущающих факторов. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается результатами практических расчётов.

5. Новизна научных результатов диссертации

Научная новизна результатов диссертации заключается в комплексном подходе к исследованию оценки точности решения задач БНО. А также в разработке нового алгоритма определения параметров движения КА по внешнетраекторным измерениям на основе кластерного анализа. Предложена новая методика прогнозирования движения КА на основе модифицированного

метода численного интегрирования Эверхарта, проведена оптимизация коэффициентов для обеспечения требуемой точности выполнения расчётов. Разработана методика оценки безопасности движения КА с учётом сближений с неуправляемыми КО. Также разработана, отличная от ранее используемых, методика оценки точности параметров движения КА с учётом ошибок измерений и моделей внешних сил.

Таким образом, полученные в диссертации результаты обладают научной новизной и отличны от ранее известных результатов.

6. Значимость полученных результатов и выводов

Теоретическая значимость результатов исследования заключается в развитии прикладных элементов небесной механики и методов оптимизации в приложении их к организации практического БНО управления полётом современных и перспективных КА и ОГ.

Разработанные методики и алгоритмы внедрены в БНО полётов ряда КА:

- алгоритм интегрирования уравнений движения и обработки измерений внедрён в контур БНО управления полётом МКС и сопровождения космических кораблей «Союз» и «Прогресс»;

- методика оценки качества прогнозирования внедрена в комплекс баллистического сопровождения КА «Спектр РГ»;

- методика определения орбит и фильтрации измерений внедрена в комплекс БНО КА «Луна Ресурс 1» (ОА), планируется внедрение для КА «Луна Ресурс 1» (ПА) и «Спектр РГН».

Результаты использованы в НИР по заказу Госкорпорации «Роскосмос» для полётов к Луне и строительства лунной базы, предупреждения опасных ситуаций в ОКП, проектирования многоспутниковых ОГ, разработки концепции КА дистанционного зондирования Земли, оценки точности положения КА и неуправляемых КО, риска их столкновений.

Практическая ценность результатов подтверждена актами внедрения в Центре управления полётами и Информационно-аналитическом центре АО «ЦНИИмаш» и в АО «НПО им. Лавочкина».

7. Личное участие автора в получении результатов диссертации

В проведённом исследовании автор лично выполнил следующие работы:

- разработал и модифицировал метод Эверхарта интегрирования дифференциальных уравнений движения КА;

- разработал алгоритм автоматической настройки переменного шага интегрирования данного метода;

- участвовал в разработке методики оценки точности орбиты с учётом безопасности полётов КА;

- применил метод кластеризации для фильтрации внешнетраекторных измерений;
- создал классификацию задач определения орбиты;
- сформулировал основу методики оценки безопасности движения КА;
- реализовал методику прогнозирования гарантированной области определения пространственного положения КА с учётом внешних возмущений;
- исследовал возмущающие факторы, влияющие на эволюцию орбиты КА в ОКП и дальнем космосе.

Разработанные автором новые методики являются основой положений, выносимых на защиту, и вкладом соискателя в прикладную техническую науку.

8. Замечания по диссертационной работе

1. В описании модифицированного алгоритма численного интегрирования приводится переменная, характеризующая степень точности метода, в тексте приведено соотношение для её расчёта, но поскольку отсутствуют таблицы рядов разбиения шага интегрирования на подшаги, непонятно, как изменение шага влияет на точность метода, вместе с тем, приводятся графики, показывающие зависимость шага от точности получения результата расчёта, что вызывает некоторую путаницу.

2. В диссертации не приведено сравнение оценки степени риска столкновения КА с неуправляемыми КО, рассчитанной разработанным автором методом, с другими существующими методами, доступными в открытой печати.

3. Имеются недостатки в оформлении диссертации. Так, названия графиков и таблиц очень длинные, можно было их сократить, а более подробное описание привести по тексту, где даётся ссылка на графические и численные результаты.

Вместе с тем, имеющиеся недостатки не являются принципиальными и не снижают ценность диссертационного исследования.

9. Заключение о соответствии предъявляемым требованиям

Диссертация Ковалевой М.В. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержит решение научной задачи, имеющей важное значение для развития технической науки в части методического аппарата, направленного на повышение эффективности оперативного БНО полёта КА научного и социально-экономического назначения.

Диссертация написана соискателем самостоятельно, обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты и положения, выдвинутые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе соискателя в науку. Полученные в диссертации научные результаты нашли практическое применение. Основные научные результаты исследования достаточно широко опубликованы в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, и прошли апробацию на научных конференциях. Источники заимствованного материала приведены в списке литературы, места их использования в тексте диссертации обозначены ссылками.

Таким образом, диссертация по своему содержанию и научному уровню соответствует критериям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (редакция от 25.01.2024 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Ковалева Марина Владимировна, достойна присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки).

Официальный оппонент

Заместитель начальника научно-технического центра
«Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного
приборостроения» (АО «НПК «СПП»)
доктор технических наук, старший научный сотрудник



Тунгушпаев Альберт Толевжанович

Почтовый адрес: 111024, г. Москва,
ул. Авиамоторная, д. 53,
телефон: +7(495) 707-13-48
адрес эл. почты: 06-adm@npk-spp.ru

Подпись Тунгушпаева Альберта Толевжановича заверяю:

Начальник отдела кадров
АО «НПК «СПП»



Туманова Любовь Геннадьевна

2026 г.



с ответом ознакомлена 02.06.2026г. Ковалева М.В.