



**НПО
ЛАВОЧКИНА**

Акционерное общество
«Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»
(АО «НПО Лавочкина»)

Ленинградская ул., д. 24, г. Химки, Московская область, 141402, ОГРН 1175029009363, ИНН 5047196566
тел.: +7 (495) 573-56-75, факс: +7 (495) 573-35-95, e-mail: npol@laspace.ru, www.laspace.ru

«29» 05 2026 г. № 1/517

На № _____ от _____

Ученому секретарю
диссертационного совета 24.2.327.03
Московского авиационного института
доктору технических наук
А.В.Старкову

125993, г. Москва,
Волоколамское шоссе, д. 4,
Отдел подготовки кадров
высшей квалификации МАИ

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Ковалевой Марины Владимировны **«Совершенствование алгоритмов обработки траекторных измерений и методик обеспечения гарантированной точности определения и прогнозирования траектории космического аппарата»**, представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

Одной из основных задач оперативного баллистико-навигационного обеспечения (БНО) полёта космического аппарата (КА) является задача определения и прогнозирования параметров (траектории) движения центра масс КА, относящая к так называемым задачам первичной баллистики. От точности решения этой задачи зависят результаты расчёта как вторичной баллистической информации, так в итоге определяются точностные характеристики выполнения целевых задач отдельных КА и космических систем (КС).

Определение и прогнозирование траектории движения КА осуществляется в результате приема и обработки измерений текущих навигационных параметров (ИТНП) или выходных данных АСН. Результаты решения этой задачи используются для определения пространственного положения КА, оценки необходимости проведения расчета параметров проведения динамических операций коррекции орбиты КА и планирования проведения измерений, также для расчета баллистических условий функционирования КА.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«2» 06 2026 г.

В диссертационной работе Ковалевой М.В. рассмотрены задачи предварительной обработки, определения орбиты, оценки точности и дополнительно задача оценки безопасности движения для многоспутниковых орбитальных группировок, а также движения КА в условиях наличия большого числа неуправляемых объектов в околоземном космическом пространстве (ОКП). Для каждой из этих задач предложены методики решения и алгоритмы, которые позволят улучшить точность вычислений и скорость решения основных баллистических задач в контуре управления современными и перспективными КА.

С каждым днём возрастает плотность заселённости космического пространства объектами искусственного происхождения, в том числе КА, закончившими активное функционирование. При этом даже в процессе активного существования эти объекты могут отклоняться от заданных орбит, терять ориентацию в пространстве и управление, представляя угрозу для функционирующих КА. Сталкиваясь друг с другом, создавая облака осколков и отдельно летящих частей, они представляют не меньшую опасность для КА, особенно пилотируемых.

В связи с этим совершенствование алгоритмов определения и прогнозирования траекторий КА с применением современных измерительных средств и использования их для мониторинга подобных объектов являются **актуальной** задачей для оперативного управления КА в околоземном пространстве. Представленные автором методы и алгоритмы мониторинга опасных ситуаций для космических аппаратов являются универсальными и могут использоваться для любого типа орбит и любого набора измеряемых средств.

Диссертация Ковалевой М.В. состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и списка сокращений, содержит приложение. Общий объем работы составляет 222 листа машинописного текста, содержит: рисунков 69, таблиц 23, список литературы содержит 80 наименований.

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации, дана оценка степени разработанности темы исследования, приведены объект и предмет исследования, формулируется цель и основные задачи работы, характеризуется степень новизны, обоснованности и достоверности полученных результатов, и их апробация.

В **первой** главе проведён обзор математических методов, применяемых для решения основных задач БНО полёта КА, описан разработанный алгоритм численного интегрирования дифференциальных уравнений движения центра масс КА и метод фильтрации траекторных измерений.

Во **второй** главе приведено описание разработанной методики оценки точности проведения внешнетраекторных измерений движения центра масс для КА, функционирующих в ОКП и в дальнем космосе. Приведена верификация разработанного алгоритма численного интегрирования уравнения движения КА и представлена классификация видов задач определения орбиты.

В *третьей* главе разработана методика оценки точности определения орбиты с учётом ошибок измерений траектории полёта КА и методика заблаговременного выявления опасных сближений КА с неуправляемыми космическими объектами.

В *четвертой* главе приведены результаты практических исследований по эволюции окололунных орбит КА в зависимости от разных дат старта с Земли, оценены возмущающие факторы, влияющие на КА в ОКП и дальнем космосе.

В *заключении* сформулированы научные результаты, полученные в работе, и предложения по их дальнейшему использованию.

Диссертационная работа Ковалевой М.В. является законченным научным трудом, характеризуется научной строгостью и последовательностью изложения материала. Формулировка научной задачи, цель и частные задачи исследования, содержание текста диссертации соответствует теме исследования. Текст диссертации хорошо иллюстрирован таблицами, графиками, иными материалами в соответствии с современными требованиями.

К **новым научным результатам** диссертационных исследований можно отнести следующие:

- разработан алгоритм определения параметров движения КА по траекторным измерениям с использованием кластерного анализа;
- создана методика решения задачи прогнозирования параметров движения КА на основе модифицированного метода численного интегрирования Эверхарта в части выбора коэффициентов для достижения требуемой точности;
- разработаны методики оценки безопасности движения КА с учётом возможных сближений с неуправляемыми объектами в ОКП;
- представлена методика оценки точности определения параметров движения КА с учётом ошибок измерений, полученных от средств навигации, и ошибок моделей описания внешних сил.

Практическая значимость работы подтверждается применением разработанных методик и алгоритмов в БНО полёта ряда КА:

- Алгоритм интегрирования дифференциальных уравнений движения и обработки внешнетраекторных измерений был внедрён и апробирован в контур оперативного БНО управления полётом Российского сегмента МКС и сопровождения ТПК типа «Союз» и ТК типа «Прогресс».
- Задача оценки качества прогнозирования пространственно-временного состояния КА и точности работы измерительных средств, внедрены в комплекс баллистического сопровождения полёта КА «Спектр-РГ».
- Методика определения орбит и фильтрации (отбраковки) измерений внедрена в комплексе БНО управления полётом КА «Луна-Ресурс-1» (ОА) и планируются к внедрению в комплекс БНО управления полётом КА «Луна-Ресурс-1» (ПА) и КА «Спектр-РГН».

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации и полученные в ней результаты, выводы и рекомендации.

Основные положения диссертации опубликованы в 10 работах, из них 5 публикаций в журналах, включённых в перечень ВАК, 10 тезисов докладов в сборниках материалов научных конференциях и семинара. Имеются 3 акта о внедрении результатов научной работы соискателя.

Автором диссертации модифицирован метод и разработан алгоритм численного интегрирования дифференциальных уравнений движения КА Эверхарта. В метод добавлен алгоритм автоматического изменения шага в зависимости от текущей точности вычислений, отличающийся от существующих ранее, а также формулы для расчёта коэффициентов уравнений выведены для любого порядка точности и степени рядов разложения переменных.

Предложена классификация задач определения орбиты, позволяющая строить универсальные алгоритмы для предложенных классов задач и внесён вклад в создание методики оценки точности определения орбиты на основе ковариационного анализа для большого числа управляемых КА и неуправляемых объектов космического мусора. Введена корреляция между измерениями и возмущениями от сложно прогнозируемых внешних сил.

Разработана методика определения орбиты на основании фильтрации измерений методом кластерного анализа, которая может быть применена для НБО управления полётом КАов в ОКП и для КАппаратов дальнего космоса.

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

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы Ковалевой М.В. основана на использовании фундаментальных положений прикладной небесной механики, теории вероятности и математической статистики, методов оптимизации, а также на анализе результатов исследований по вопросам, связанным с исследуемым в диссертации объектом.

Достоверность полученных научных результатов подтверждается результатами практических расчётов и вычислительных экспериментов.

По диссертационной работе можно отметить следующие недостатки:

1. При апробации метода фильтрации внешнетраекторных измерений для процентных показателей, иллюстрирующих преимущество предложенного метода, не указан временной интервал сбора данных для данного сравнения.

2. В разделах 3.2. и 3.3 диссертации, посвящённых вопросам обеспечения безопасности полётов в околоземном космическом пространстве приведены формулы, не имеющие порядковой нумерации, что затрудняет восприятие текста в целом.

3. При проведении анализа влияния зависимости изменения баллистического коэффициента от солнечной и геомагнитной активности приводятся графики с данными за 2024 и 2009 года без объяснения выбора именно этих временных интервалов.

Указанные недостатки не являются принципиальными и не снижают значение полученных автором новых научных и практических результатов.

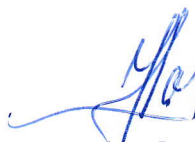
Заключение

Диссертационная работа Ковалевой Марины Владимировны на тему «Совершенствование алгоритмов обработки траекторных измерений и методик обеспечения гарантированной точности определения и прогнозирования траектории космического аппарата» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится новые научно обоснованные технологические решения задач БНО полётов КА в дальнем космосе и обеспечения безопасности полётов КА в составе многоспутниковых орбитальных группировок, а также с учётом большого количества неуправляемых космических объектов.

Диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней» ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор - Ковалева Мария Владимировна - заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» (технические науки).

Официальный оппонент

доктор технических наук,
заместитель начальника отдела


29.05.26

А. Е. Назаров

Подпись официального оппонента
доктора технических наук Назарова Анатолия Егоровича заверяю

Заместитель генерального директора
по персоналу и общим вопросам



И.В. Шолохова

Полное название организации: Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (АО "НПО Лавочкина")

Почтовый адрес: 141402, РФ, г. Химки, Московская область, Ленинградская ул., д. 24.

Телефон: +7 (495) 573-56-75

Официальный сайт: <http://www.laspace.ru/>

Электронная почта: npol@laspace.ru

С отзовом ознакомлена 02.06.2026г. 