

исх. № _____

На № _____ от _____

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Тучина Дениса Андреевича
«Математические модели и методы навигационного обеспечения
и баллистического проектирования полётов космических аппаратов»,
представленной на соискание учёной степени
доктора физико-математических наук

по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ»

Реализация сложных отечественных проектов исследований ближнего и дальнего космоса предъявляет все более высокие требования к обеспечению высокой вероятности успеха при соблюдении конкретных ограничений, например, таких как навигационное обеспечение полётов космических аппаратов одним наземным измерительным пунктом, использование измерений от одного навигационного спутника, использование радиосигнала космических систем спутниковой навигации в разрывном навигационном поле, определение параметров движения спутников на геостационарных и эксцентричных орбитах по малому составу измерительной информации. Численные методы, алгоритмы и реализующие их комплексы программ должны быть разработаны с учётом развития отечественной наземной и бортовой вычислительной техники.

Наземная отработка бортовых навигационных систем и систем управления движением космического аппарата возможна только при проведении вычислительных экспериментов методами математического моделирования.

Математическое моделирование работы бортовой навигационной системы и системы управления космическим аппаратом на стендах полунатурных испытаний требует описания динамической системы и небесно-механической интерпретации траекторных измерений.

Важной задачей является также проектирование полётов космических аппаратов в Солнечной системе на основе быстро выполняемого статистического моделирования перелётных траекторий между небесными телами с использованием комплексов программ по решению задач навигационного обеспечения и управления движением. Статистическое моделирование траекторий позволяет оперативно отвечать на актуальные вопросы баллистического проектирования при разработке эскизных проектов исследования космического пространства.

В этой связи диссертационная работа Д.А. Тучина, посвящённая разработке и применению более совершенных моделей, методов и алгоритмов для решения задач с заданной в техническом задании степенью точности определения и прогнозировании параметров движения КА и реализации их в комплексах программ для бортовой вычислительной машины, представляет **актуальную тему**, тесно связанную с приоритетными направлениями Федеральной космической программы России на предстоящую перспективу. Предлагаемые в работе подходы и методы решения рассматриваемых задач имеют большое **теоретическое значение** - созданный автором инструмент баллистического проектирования позволяет теоретически рассчитывать и анализировать множество траекторий перелётов в Солнечной системе, а также выявлять новые направления научных исследований в этой области - и ярко выраженное **практическое значение** - разработанные методы, алгоритмы и программы используются в составе бортовой автономной навигационной системы шести космических аппаратов на орбитах с большим эксцентриситетом; использовались в навигационном обеспечении полёта ряда космических аппаратов научного назначения; выполнено исследование навигационных алгоритмов в перспективных проектах исследования Луны и разработаны комплексы программ управления движением космического аппарата, включая посадку на поверхность.

Как следует из автореферата, **научной новизной** обладают следующие задачи, полученные автором:

- численный метод определения орбиты на борту космического аппарата, выходящего за пределы навигационного поля спутниковых навигационных систем, внедрённый в комплекс программ для отечественного бортового компьютера;
- архитектура автономной навигационной системы, обеспечивающая выполнение функций баллистического центра и работающая в режиме реального времени на борту космического аппарата;
- критерий идентификации и отбраковки аномальных измерений траектории движения космического аппарата

Из автореферата также следует, что **основными научными результатами** работы являются:

1. Комплекс программ для отечественного бортового компьютера, базирующийся на разработанном автором численном методе определения орбиты на борту космического аппарата, выходящего за пределы навигационного поля спутниковых навигационных систем, что соответствует п. 1 специальности.
2. Архитектура автономной навигационной системы, обеспечивающая выполнение функций баллистического центра и работающая в режиме реального времени на борту космического аппарата, что соответствует п. 2 специальности.
3. Рекуррентный метод фильтрации измерений при обеспечении слежения за сигналами навигационных систем для сокращения используемой памяти бортового компьютера, что соответствует п. 2 специальности.

4. Быстродействующий метод вычисления на борту космического аппарата гравитационных возмущений от Луны и Солнца, что соответствует п. 2 специальности.

5. Критерий идентификации и отбраковки аномальных измерений траектории движения космического аппарата, что соответствует п. 8 специальности.

6. Численные методы и алгоритмы определения параметров движения космического аппарата, позволяющие решать задачи высокоточного определения орбиты низкоорбитальных космических аппаратов с использованием измерений одного наземного измерительного пункта и бортовой телеметрической информации, что соответствует п. 1 специальности.

Достоверность результатов, полученных в диссертационной работе подтверждается работой навигационной системы на шести космических аппаратах, функционирующих на орбитах с большим эксцентриситетом. Правильность и безотказность разработанных комплексов программ подтверждена лётными испытаниями космических аппаратов научного назначения «МКА-ФКИ (ПН1) «Зонд-ПП», «МКА-ФКИ (ПН2) «Рэлек», «Спектр-РГ», запусками разгонного блока «Фрегат» с космодрома во Французской Гвиане. Методы математического моделирования с проведением вычислительных экспериментов, разработанные бортовые и наземные комплексы программ обеспечили впервые за последние пятьдесят лет перелёт и выход на орбиту искусственного спутника Луны космическим аппаратом «Луна-25».

Автореферат, в целом, даёт полное представление о проведённых исследованиях, методах исследования и полученных результатах.

По материалам автореферата диссертационной работы имеются следующие вопросы и замечания:

1) Вопрос. Почему используется шкала московского времени в тексте последнего абзаца на стр. 17, действительно ли бортовой компьютер работает в московском времени и если да, то в каком именно, декретном, астрономическом или каком-то другом?

Цитата: «АНС ежесекундно выдаёт в центральный бортовой компьютер кинематические векторы положения и скорости КА, импульс сигнала точного времени и его цифровое значение по шкале московского времени».

2) На стр. 24, на рис 4 представлены графики ошибок положения в м и скорости в мм/с на интервале двух суток (4 витков) в орбитальной СК при определении орбиты ВЭО в АНС. Вопросы. Будет ли повторяться характер поведения кривых на 5-м витке? Проводились ли исследования по определению точности положения и скорости КА на ВЭО с драконическим периодом более 12 часов?

Несмотря на вышеизложенные замечания, насколько можно судить по автореферату, представленная диссертация выполнена на высоком научном уровне, содержит новые результаты, имеющие теоретическое и практическое значение, соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от

24.09.2013 г. № 842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации №41 от 01.10.2018г. и № 426 от 20 марта 2021г.)» ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-математических наук.

Автор диссертации Тучин Д.А. заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Первый заместитель генерального директора –
начальник Центра управления полётами АО «ЦНИИмаш»,
доктор технических наук
Матюшин Максим Михайлович

Почтовый адрес организации: ул. Пионерская д.4
г. Королев, Московская обл. телефон (495) 513-30-37,
e-mail: mscm@mcc.rsa.ru.



Дата 04.07.26

подпись

Я, Матюшин Максим Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Тучина Дениса Андреевича в их дальнейшую обработку.

Личную подпись Матюшина М.М. заверяю.

И.о. главного учёного секретаря АО «ЦНИИмаш»,
доктор технических наук, профессор
Клюшников Валерий Юрьевич

Дата 04.07.2026

подпись