

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель Федерального
государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН»
Член-корреспондент РАН
Аптечарев А.И.

« 01 » августа 2019 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация «Исследование баллистико-навигационных задач для обеспечения астероидно-кометной безопасности Земли» выполнена в отделе №5 «Механика космического полета и управление движением», сектор №1 «Математическое моделирование космических систем и процессов» Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН».

В период подготовки диссертации соискатель Гуо Пэн являлся аспирантом очной формы обучения Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН».

В 2015 г. окончил магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» по специальности «Динамика полета и управление движением летательных аппаратов».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2019 г. Федеральным государственным учреждением «Федеральный исследовательский центр

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор, Ивашкин Вячеслав Васильевич, Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН», отдел №5 «Механика космического полета и управление движением», сектор №1 «Математическое моделирование космических систем и процессов», главный научный сотрудник, по совместительству - профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа Гуо Пэна посвящена уменьшению астероидно-кометной опасности (АКО) с помощью разработки баллистико-навигационных алгоритмов выявления орбитальных характеристик опасных небесных тел (ОНТ) и анализа их вероятных столкновений с Землёй. Соискателем разработаны методика и алгоритмы для решения поставленных задач, разработаны программы для определения параметров движения опасного астероида по измерениям системы «Небосвод» и оценки точности навигации и для определения характеристик вероятной зоны падения опасного астероида на Землю, а также для анализа орбитального движения спутника астероида как трехосного эллипсоида, проведены расчеты с помощью разработанных программ, проанализированы полученные результаты.

Достоверность полученных в диссертации научных результатов обеспечивается адекватностью примененных и разработанных моделей и методик современным теориям и данным, проверкой и тестированием разными способами, апробацией теоретических результатов численными расчетами, а также сравнением полученных результатов с исследованиями других авторов.

Научная новизна работы представлена следующими положениями:

1. Разработаны методика и алгоритмы определения параметров орбитального движения астероида по оптическим измерениям космической

системы «Небосвод» и оценки точностей навигации с учетом ошибок модели движения астероида, ошибок модели измерительной системы, априорной информации о начальном состоянии и систематических ошибок измерений. Введен аналог коэффициента «отношение сигнал/шум» для оценки влияния интенсивности ошибок мешающих (возмущающих) параметров на точность навигации;

2. Получены оценки точности навигации при наблюдении астероида Апофис, астероида 2008 ТС3 и Челябинского метеорита с помощью моделирования измерений космической системы «Небосвод» при учете реальных ограничений по видимости, засветке Солнцем и звездной величине астероида. Показана возможность уточнения навигации за счет учета мешающих параметров;

3. Разработаны методика и алгоритмы определения характеристик падения астероида на Землю. Получены и исследованы геометрические, временные и энергетические характеристики вероятных столкновительных траекторий и вероятной области падения астероида Апофис на Землю в 2036 г.;

4. Разработана математическая модель орбитального движения КА вокруг астероида как однородного трехосного эллипсоида с учетом возмущений от притяжения небесных тел и давления солнечного света. Для вычисления потенциала и силы притяжения однородного трехосного эллипсоида получено аналитическое представление эллиптических интегралов в формуле Дирихле. Показана возможность создания стабильных орбит спутника астероида Апофис с движением спутника вокруг астероида в течение нескольких лет.

Практическая и теоретическая значимость работы. Решение задачи анализа навигационных характеристик космической системы «Небосвод» имеет не только практическую важность в связи с проектированием системы «Небосвод», но и теоретическое значение для совершенствования методов определения и прогнозирования орбиты ОНТ по оптическим космическим измерениям с учетом наличия ряда мешающих факторов. Методика определения характеристик падения астероида на Землю важна для анализа

структуры множества попадающих траекторий и выявления воздействий столкновения опасного астероида с Землей. Анализ орбитального движения спутника вокруг астероида Апофис как трехосного эллипсоида важен для совершенствования методов определения гравитационного потенциала и силы притяжения эллипсоида и для выявления стабильных пассивных движений спутника в окрестности Апофиса, что может позволить уточнить орбиту Апофиса. Разработанные методики и алгоритмы для решения вышеупомянутых задач, связанных с проблемой АКО, могут понадобиться в любой момент при тесном сближении с Землёй других ОНТ.

Ценность научных работ соискателя. Полученные в докторской работе научные результаты могут использоваться в теоретических и практических исследованиях и проектировании космической системы для обнаружения опасных небесных тел и обеспечения астероидно-кометной безопасности Земли.

Диссертация «Исследование баллистико-навигационных задач для обеспечения астероидно-кометной безопасности Земли» Гуо Пэна является оригинальной, завершенной, научно-квалификационной работой, и соответствует всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени. Материалы диссертации полностью представлены в 23 научных работах, все - по теме диссертации, в том числе в 8 работах в изданиях, включенных в перечень рекомендованных ВАК РФ.

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях из Перечня ВАК:

1. Гуо П., Ивашкин В.В. Оценка точности определения параметров орбиты опасного астероида по оптическим измерениям комплекса "Небосвод" // Изв. вузов. Физика. 2016. Т. 59. № 10/2. С. 51–56.

2. Стихно К.А., Гуо П., Ивашкин В.В. Анализ структуры вероятной зоны падения астероида Апофис на Землю в 2036 г. // Изв. вузов. Физика. 2016. Т. 59. № 10/2. С. 57–62.
3. Ивашкин В.В., Стихно К.А., Гуо П. О структуре множества вероятных траекторий соударения астероида Апофис с Землёй в 2036 г. // ДАН. 2017. Том 475. № 4. С. 389–394.
4. Гуо П., Ивашкин В.В., Стихно К.А. Анализ структуры множества вероятных траекторий соударения астероида Апофис с Землёй в 2036 г. // Экологический вестник научных центров ЧЭС. 2017. № 4. Вып. 2. С. 50–55.
5. Peng Guo, V.V. Ivashkin, C.A. Stikhno and P.M. Shkapov. Determination and investigation of asteroid Apophis trajectories set potentially colliding with the Earth in 2036 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 468, 012023. DOI: 10.1088/1757-899X/468/1/012023.
6. Гуо П., Ивашкин В.В. Методы вычисления потенциала однородного трехосного эллипсоида и их применение к анализу динамики спутника астероида // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2018. № 94. 32 с.
7. Гуо П., Ивашкин В.В. Оценка точности определения параметров движения нелинейной динамической системы по результатам измерений при наличии мешающих параметров // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2018. № 213. 36 с.
8. Гуо П., Ивашкин В.В. Анализ точностей определения орбит опасных астероидов моделированием оптических измерений космической системы «Небосвод» // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2019. № 60. 32 с.

Другие основные публикации:

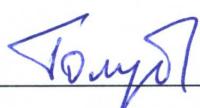
9. Ивашкин В.В., Гуо П. Анализ точностей определения параметров орбитального движения опасного астероида по измерениям комплекса «Небосвод» // Труды международной конференции «Околоземная астрономия-2015 г.», п. Терскол. М.: Янус-К. 2015. С. 181–187.
10. Гуо П., Ивашкин В.В. Оценка точности определения столкновительной с

Землём орбиты опасного астероида Апофис по оптическим измерениям комплекса «Небосвод» // Некоторые аспекты современных проблем механики и информатики: сб. науч. ст. М.: ИКИ РАН. 2018. С. 212–226.

Диссертация «Исследование баллистико-навигационных задач для обеспечения астероидно-кометной безопасности Земли» Гуо Пэна соответствует специальности 01.02.01 – Теоретическая механика и рекомендуется к защите по этой специальности 01.02.01 на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН».

Результаты, приведенные в диссертации, получены лично автором. Научному руководителю принадлежат постановки задач и общее руководство работой.

Заключение принято на заседании семинара отдела 5 Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Руководитель семинара: д.ф.-м.н., проф. Ю.Ф. Голубев. Присутствовало на заседании 22 чел. Результаты голосования: «за» – 22 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 50 от «13» июня 2019 г.



17.07.2019

Голубев Юрий Филиппович, д.ф.-м.н.,
профессор, отдел №5 «Механика
космического полета и управление
движением», заведующий отделом