



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУК
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

05 ИЮЛ 2017

№ 11204 / 2164-58

на № _____ от _____

Ученому секретарю
диссертационного совета Д 212.125.12
на базе Московского авиационного
института (национального
исследовательского университета)
к.т.н. А.В. Старкову

125933, г. Москва, Волоколамское шоссе,
д.4, А-80, ГСП-3

Уважаемый Александр Владимирович!

Направляем Вам отзыв ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) на диссертационную работу Бодровой Юлии Сергеевны «Методика оценки эффективности космической системы обнаружения малых опасных небесных тел», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Приложение:

1. Отзыв ведущей организации в 2-х экз., на 6 листах каждый.

Директор ИКИ РАН,
академик

Л.М. Зеленый

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 10 08 2017

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИКИ РАН

Л.М. Зеленый

июня 2017 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Бодровой Юлии Сергеевны

«Методика оценки эффективности космической системы

обнаружения малых опасных небесных тел»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических

наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)»

Проблема астероидно-кометной опасности занимает особое место среди возможных космических угроз. Столкновения малых небесных тел с Землёй и другими планетами являются достаточно регулярным явлением. Земля постоянно подвергается атаке различных космических объектов, некоторые из них имеют размеры песчинки, другие могут достигать нескольких десятков метров в диаметре. Последствия от столкновения с небесным телом в зависимости от его размеров могут быть как незначительными, так и катастрофическими. Одним из наиболее обсуждаемых в последние годы событий такого плана является падение метеорита размером не более 20 метров в районе Челябинска в 2013 году, вызвавшее локальные разрушения, в результате которых пострадало несколько десятков человек. Столкновение Земли с более крупным телом размерами порядка 50-100 метров уже может привести к катастрофическим разрушениям на площади в тысячи квадратных километров, возникновению волн цунами. С увеличением размеров астероида растут и масштабы последствий возможного столкновения. Хотя подобные события происходят намного реже, опасность падения на Землю крупного космического объекта всё же существует. Подтверждением этому служат как кратеры на поверхности Земли, свидетельствующие о столкновениях с крупными небесными телами в далеком прошлом, так и многочисленные кратеры на поверхностях других тел Солнечной системы. Таким образом, **актуальность** решения задачи обнаружения малых небесных тел, движущихся по столкновительным с Землёй траекториям, представляется очевидной.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
10 08 2017

За последние десятилетия был достигнут существенный прогресс в области обнаружения ранее неизвестных малых небесных тел Солнечной системы. Поиску и открытию новых астероидов и комет посвящено создание крупных наземных обсерваторий в рамках таких проектов как NEAT, LINEAR, LONEOS, Spacewatch, Catalina Sky Survey (CSS), Pan-STARRS и др. Однако доступная для наблюдений с помощью телескопов наземного базирования область небесной сферы существенно ограничена засветкой от Солнца. Преодоление этого ограничения возможно лишь с привлечением космических средств наблюдения. Создание специализированной космической системы (КС) обнаружения малых опасных небесных тел (ОНТ) требует проведения проектно-поисковых исследований, включающих решение задачи оценки целевой эффективности функционирования возможных вариантов её построения. Диссертационная работа Бодровой Ю.С. посвящена разработке методики, позволяющей проводить сравнительный анализ целевой эффективности различных вариантов построения такой системы. Методика основана на проведении моделирования функционирования космической системы при решении задачи обнаружения опасных для Земли космических объектов, включая множество астероидов, недоступных для наблюдения с Земли вследствие ограничения по допустимому углу солнечной элонгации.

В диссертационной работе поставлены и решены следующие научные задачи:

- определена требуемая область рационального применения космических средств наблюдения малых ОНТ, включающая множество орбит астероидов, недоступных для наблюдения с помощью наземных телескопов видимого диапазона;
- выбраны показатели и предложен критерий целевой эффективности функционирования КС обнаружения малых ОНТ;
- разработана методика оценки показателей целевой эффективности КС обнаружения малых ОНТ, включающая алгоритмы моделирования процесса захвата астероида полями зрения космических телескопов;
- в рамках апробации предложенной методики:
 - определены области рационального применения различных вариантов баллистического построения КС «Барьер» на широком множестве возможных столкновительных траекторий малых ОНТ;
 - обоснован выбор рациональных вариантов построения КС «Барьер» применительно к обнаружению угрожающих Земле астероидов.

Рассматриваемая диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения и списка литературы. Общий объём диссертации составляет 149 страниц, работа содержит 40 иллюстраций, 25 таблиц, 47 наименований литературных источников.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, определена её научная новизна и практическая значимость, обоснована достоверность полученных результатов, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены основные характеристики и параметры орбит известных астероидов Солнечной системы. Приведен обзор существующих и проектируемых наземных и космических средств наблюдения малых небесных тел. Описаны принципы построения и основные характеристики КС «Барьер», принятой в рассматриваемой работе в качестве прототипа для апробации предлагаемой методики оценки целевой эффективности. Поставлена задача оценки эффективности КС обнаружения малых ОНТ. Проведен анализ существующих исследований по рассматриваемой тематике.

Во второй главе приведено описание предлагаемой методики оценки показателей целевой эффективности КС обнаружения малых ОНТ и составляющих её основу алгоритмов. Определена требуемая область рационального применения космических средств наблюдения ОНТ, включающая множество орбит астероидов, недоступных для наблюдения с помощью наземных телескопов вследствие ограничения по допустимому углу солнечной элонгации. Выбраны показатели целевой эффективности функционирования КС и предложен критерий, на основе которого проводится сравнительный анализ различных вариантов построения КС. Описаны алгоритмы, положенные в основу разработанной динамической имитационной модели процесса захвата астероидов полями зрения космических телескопов (КТ), включая алгоритм определения времени нахождения точечного изображения ОНТ в пикселе ПЗС-матрицы с оценкой реализуемой проницающей способности, необходимой для вычисления минимального размера обнаруживаемого ОНТ.

В третьей главе проведена оценка целевой эффективности КС «Барьер» обнаружения малых ОНТ, включающей два КТ на орбите обращения Земли вокруг Солнца. Проведен анализ результатов моделирования функционирования КС на предмет влияния параметров баллистического построения и аппаратуры наблюдения КТ на показатели целевой эффективности КС. Определены области рационального применения для

нескольких вариантов построения КС на широком множестве столкновительных с Землёй орбит ОНТ. Даны рекомендации по выбору рациональных вариантов построения системы применительно к обнаружению опасных для Земли небесных тел за заданное время предупреждения.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Текст диссертации написан на высоком научном уровне, материал изложен логично и последовательно, должным образом оформлен и проиллюстрирован.

Автореферат диссертации достаточно полно и правильно отражает структуру, основное содержание и результаты выполненной автором диссертационной работы.

Научная новизна полученных автором диссертационной работы результатов заключается в следующем:

- определена требуемая область рационального применения космических средств обнаружения и наблюдения ОНТ, включающая орбиты астероидов, недоступных для наблюдения с помощью наземных телескопов;
- разработана методика оценки показателей целевой эффективности КС обнаружения малых ОНТ, позволяющая проводить сравнительный анализ целевой эффективности различных вариантов её построения на широком множестве орбит угрожающих Земле астероидов;
- разработано программно-алгоритмическое обеспечение имитационного моделирования, с помощью которого определены области рационального применения различных вариантов построения КС типа «Барьер» на широком множестве возможных столкновительных траекторий малых ОНТ;
- обоснован выбор рациональных вариантов баллистического построения КС типа «Барьер» применительно к обнаружению угрожающих Земле астероидов, в том числе движущихся по траекториям, принадлежащим множеству орбит, недоступных для наблюдения с Земли.

Практическая значимость полученных автором результатов заключается в том, что они могут быть использованы при проведении проектно-поисковых исследований в процессе разработки специализированной КС обнаружения малых ОНТ.

Достоверность полученных результатов подтверждается следующими факторами:

- соответствием получаемых при моделировании результатов ожидаемым при изменении исходных данных;

- полученными физически обоснованными закономерностями;
- использованием современных методов моделирования и обработки данных;
- совпадением отдельных полученных в работе результатов моделирования с данными других авторов.

Апробация работы обеспечена представлением и обсуждением ее результатов на отечественных и международных научно – технических конференциях.

Полученные в диссертационной работе Бодровой Ю.С. результаты **внедрены** в НИР ФГУП ЦНИИмаш и **могут быть рекомендованы** для практического использования в научных организациях ракетно-космической отрасли при разработке космических систем мониторинга космического пространства.

К диссертационной работе Ю.С. Бодровой могут быть высказаны следующие **замечания**:

1. В работе не рассмотрены вопросы определения параметров орбиты обнаруженного опасного небесного тела. Упоминается о возможности проведения синхронно-базисных наблюдений измерений положений обнаруженного опасного небесного тела двумя космическими телескопами, однако моделирование функционирования космической системы в указанном режиме не проводится.
2. При оценке эффективности различных вариантов баллистического построения специализированной космической системы обнаружения малых опасных небесных тел не оцениваются затраты на выведение КА на рабочие орбиты.
3. На наш взгляд целесообразно было бы провести моделирование функционирования рассматриваемой космической системы и показать её возможности при решении задачи обнаружения астероидов, движущихся не только по заданным типовым эллиптическим орбитам, но и по известным орбитам реально существующих астероидов. Это позволило бы оценить применимость данной космической системы для решения не только задач оперативного обнаружения опасных небесных тел, но и задач каталогизации.

Однако указанные замечания не снижают общего высокого научного уровня и значимости рассматриваемой диссертационной работы, и могут быть рассмотрены в качестве рекомендаций для проведения дальнейших исследований.

Таким образом, по данной работе может быть сделано следующее **заключение:**

Диссертационная работа Бодровой Юлии Сергеевны «Методика оценки эффективности космической системы обнаружения малых опасных небесных тел» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научной задачи, имеющей важное научное и практическое значение. Данная работа соответствует паспорту специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов, содержанию и оформлению рассматриваемая диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Бодрова Юлия Сергеевна заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании отдела 58 ИКИ РАН в форме научного семинара по механике, управлению и информатике (протокол №3 от 15 июня 2017 года).

Ведущий научный сотрудник,

д.ф.-м.н.

Ковалева Агнесса Соломоновна

Ведущий математик,

к.ф.-м.н.

Федяев Константин Сергеевич