

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной и инновационной деятельности Национального исследовательского Томского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор

Ворожцов Александр Борисович

« 27 » ноября 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Диссертация «Вероятностное моделирование динамики астероидов и метеороидов, движущихся в условиях наложения возмущений различных типов» выполнена в лаборатории компьютерного моделирования и машинного анализа астрономических данных.

В период подготовки диссертации соискатель Самбаров Георгий Евгеньевич работал в Обществе с ограниченной ответственностью «ЛСР. Управляющая компания», в группе «Интернет-технологии» дирекции по информационным технологиям, в должности бизнес-аналитика; по совместительству – в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», в лаборатории компьютерного моделирования и машинного анализа астрономических данных, в должности инженера, затем – младшего научного сотрудника; с 01 августа 2013 г. по 01 августа 2016 г. очно обучался в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»; для завершения работы над диссертацией на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук с 10 ноября 2020 г. прикреплен к федеральному государственному автономному образовательному учреждению высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

В 2013 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по направлению подготовки «Информационные системы».

Справка об обучении и о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2016 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Галушина Татьяна Юрьевна, основное место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», лаборатория компьютерного моделирования и машинного анализа астрономических данных, заведующий лабораторией.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертационная работа Г. Е. Самбарова является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи высокоточного численного моделирования с использованием параллельных вычислений задач вероятностной эволюции малых объектов Солнечной системы, движущихся в условиях наложения возмущений различных типов, имеющей значение для развития небесной механики.

Актуальность темы и направленность исследования

Актуальность темы диссертации определяется возросшим интересом к исследованию движения малых тел Солнечной системы, что нашло свое отражение в многочисленных публикациях на эту тему, что связано с рядом причин. Одной из них является осознание того, что астероиды и метеороиды играют немаловажную роль в эволюции Солнечной системы. Другой, не менее важной причиной, является значительный прогресс в развитии средств наблюдения и обработки измерительной информации, с помощью которых значительно увеличилось количество открываемых малых тел Солнечной системы в настоящее время. В связи с этим возникает потребность в развитии эффективных вероятностных и численных методов и средств их реализации, способствующих более точному исследованию движению объектов.

Диссертация выполнена в соответствии с тематикой научно-исследовательской работы лаборатории компьютерного моделирования и машинного анализа астрономических данных Национального исследовательского Томского государственного университета.

В диссертационную работу вошли результаты, полученные соискателем при выполнении научно-исследовательских работ по следующим проектам:

- проект № 11-02-00918-а «Создание и применение методов исследования околопланетной динамики малых космических объектов», выполненный при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (2011–2013 гг.), руководитель – Т. В. Бордовицына, в числе соисполнителей – Г. Е. Самбаров;
- проект № 12-02-00220 «Разработка и применение эффективных алгоритмов определения параметров движения небесных тел по наблюдениям», выполненный при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (2012–2014 гг.), руководитель – В. А. Шефер, в числе соисполнителей – Г. Е. Самбаров;
- проект № 16-32-00191 мол_а «Развитие и применение эффективных методов вероятностного моделирования движения астероидов и оценивания вероятности их столкновения с Землей», выполненный при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (2016–2017 гг.), руководитель – О. М. Сюсина, в числе соисполнителей – Г. Е. Самбаров;

– проект № 8.1.54.2015–16 «Исследование динамики малых космических объектов, представляющих опасность для Земли и деятельности Человека в космосе», выполненный в рамках программы государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров (проект 5-100) и при поддержке Программы «Научный фонд Томского государственного университета им. Д.И. Менделеева» (2015–2016 гг.), руководитель – Т. В. Бордовицына, в числе соисполнителей – Г. Е. Самбаров.

Утверждение темы диссертации, назначение научного руководителя

При поступлении в аспирантуру Томского государственного университета тема диссертации была утверждена решением ученого совета физического факультета от 30 сентября 2013 г., протокол № 430. Научным руководителем назначен доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник А. М. Черницов (приказ по Томскому государственному университету от 01 июля 2013 г. № 2187/с).

Аспирантура была окончена без представления диссертации.

Впоследствии соискатель продолжил свою научную деятельность в группе, работающей под руководством кандидата физико-математических наук Т. Ю. Галушкиной, принимал участие в научных проектах, осуществляемых отделом небесной механики и астрометрии Национального исследовательского Томского государственного университета.

В связи с этим при прикреплении Г. Е. Самбара для завершения работы над диссертацией к Национальному исследовательскому Томскому государственному университету научным руководителем была назначена кандидат физико-математических наук Т. Ю. Галушина (приказ № 9282/с от 17 ноября 2020 г.). Тема диссертации утверждена решением ученого совета физического факультета Томского государственного университета от 20 ноября 2020 г., протокол № 4503.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

Соискателем совместно с научным руководителем определены цель и задачи, разработана уточненная аналитическая часть методики исследования вековых резонансов, которая вошла в программные подмодули, разработанные соискателем, получены все результаты по выявлению апсидально-нодальных резонансов и исследованию их влияния на долговременную орбитальную эволюцию астероидов. Соискателем самостоятельно проведены все численные эксперименты, включенные в диссертацию.

В совместных работах с А. М. Черницовым, Т. Ю. Галушкиной, В. А. Тамаровым и О. М. Сюсиной, Т. Ю. Галушкиной и А. М. Черницову принадлежат постановка задач, выбор темы исследования и обсуждение полученных результатов. В. А. Тамаров принимал участие в тестировании численных расчетов на упрощенных моделях и подготовке публикаций. В соавторстве с О. М. Сюсиной и Т. Ю. Галушкиной были разработаны рабочие алгоритмы, и осуществлена их программная реализация.

Степень достоверности результатов проведенного исследования

Достоверность полученных результатов подтверждается совпадением данных моделирования с данными наблюдений АСЗ, представленными на сайте Центра Малых Планет MPC (Minor Planet Center) (<http://www.minorplanetcenter.net>). Используемое в процессе исследований программное обеспечение протестировано на объектах с заведомо известными особенностями и характером движения. Кроме того, достоверность полученных результатов подтверждается сравнением некоторых из них с результатами других авторов.

Новизна результатов проведенного исследования

В исследовании получены следующие новые научные результаты:

1. Исследовано влияние сложной структуры возмущений на вероятностное отображение доверительных областей, построенных с разным набором наблюдательного материала.

2. Выявлено хаотичное движение для астероидов 3200 Phaethon и (196256) 2003 EH1, причиной которого является наличие неустойчивых резонансов и большого числа сближений с планетами.

3. Изучена орбитальная эволюция метеороидных частиц потока Квадрантиды, выброшенных из астероида (196256) 2003 EH1, сближающихся с Юпитером и движущихся в окрестности резонансов низких порядков с ним. Получена оценка хаотичности орбит метеороидных частиц потока Квадрантиды с помощью параметра MEGNO.

Теоретическая и практическая значимость диссертации и использование полученных результатов

Исследование расширяет имеющиеся теоретические представления о численно-аналитической методике выявления влияния вековых резонансов на орбитальную эволюцию малых тел Солнечной системы.

Полученные в диссертации результаты показывают широкую применимость численно-аналитического моделирования в задачах исследования динамики малых объектов Солнечной системы, движущихся в условиях действия возмущений различных типов. Представленные в работе алгоритмы, а также построенное на их основе программное обеспечение могут быть использованы для исследования динамической эволюции малых тел Солнечной системы и выявления областей хаотичности движения околоземных объектов.

Применение разработанной методики позволяет проанализировать степень распространенности резонансов в метеороидном потоке Квадрантид и выявить те области пространства, где эти резонансы сохраняют устойчивые конфигурации и их влияние особенно существенно. Устойчивые выброшенные частицы могут быть захвачены в резонанс Лидова-Козаи, который защищает их от близких сближений с Юпитером. Отсутствие тесных сближений с Юпитером приводит к довольно гладкой траектории с почти постоянной большой полуосью.

Ценность научных работ соискателя, полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах

По материалам диссертации Г. Е. Самбаровым опубликовано 17 работ, в том числе 5 статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (из них 1 статья в зарубежном научном журнале, входящем в Scopus,

1 статья в российском научном журнале, переводная версия которого входит в Web of Science, 1 статья в российском научном журнале, переводная версия которого входит в Scopus), 1 статья в сборнике материалов конференции, представленных в издании, входящем в Web of Science, 4 статьи в прочем научном журнале, 7 публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций. Общий объем публикаций – 6,55 а.л., авторский вклад – 2,51 а.л. В опубликованных работах достаточно полно отражены материалы диссертации.

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Самбаров Г. Е.** Оценивание влияния ошибок модели движения астероидов, сближающихся с землей, на точность построения доверительных областей / Г. Е. Самбаров, О. М. Сюсина // Вестник СибГАУ. – 2014. – № 4 (56). – С. 111–118. – 0,27 / 0,13 а.л.

2. **Самбаров Г. Е.** Анализ вероятностной орбитальной эволюции астероидов 2011 CQ1 и 2011 MD / Г. Е. Самбаров, О. М. Сюсина // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2018. – Т. 61, № 2 (722). – С. 149–153. – 0,25 / 0,12 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Sambarov G. E. Analysis of Probabilistic Orbital Evolution of the Asteroids 2011 CQ1 and 2011 MD / G. E. Sambarov, O. M. Syusina // Russian Physics Journal. – 2018. – Vol. 61 (2). – P. 373–378. – DOI: 10.1007/s11182-018-1409-3.

3. Галушкина Т. Ю. Исследование динамики астероида 3200 Phaethon под влиянием наложения различных резонансов / Т. Ю. Галушкина, **Г. Е. Самбаров** // Астрономический вестник. – 2019. – Т. 53, № 3. – С. 231–239. – 0,83 / 0,2 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Scopus:

Galushina T. Yu. Dynamics of Asteroid 3200 Phaethon Under Overlap of Different Resonances / T. Yu. Galushina, **G. E. Sambarov** // Solar System Research. – 2019. – Vol. 53(3). – P. 215–223.

4. Galushina T. Yu. The dynamical evolution and the force model for asteroid (196256) 2003 EH1 / T. Yu. Galushina, **G. E. Sambarov** // Planetary and Space Science. – 2017. – Vol. 142. – P. 38–47. – DOI: 10.1016/j.pss.2017.04.019. – 1 / 0,5 а.л. (*Web of Science*).

5. **Sambarov G. E.** Analysis of the dynamical evolution of the Quadrantid meteoroid stream [Electronic resource] / G. E. Sambarov, T. Yu. Galushina, O. M. Syusina // Planetary and Space Science. – 2020. – Vol. 185. – Article number 104885. – 8 p. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032063319303496> (access date: 06.10.2020). – DOI: 10.1016/j.pss.2020.104885. – 1,27 / 0,45 а.л. (*Scopus*).

Статья в сборнике материалов конференции, представленных в издании, входящем в Web of Science:

6. Syusina O. M. Evaluation of influence of different perturbing accelerations on accuracy of probabilistic model of asteroid 2011 md motion / O. M. Syusina, **G. E. Sambarov** // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – Vol. 919 : 6th International Conference Current Issues of Continuum Mechanics and Celestial Mechanics,

CICMCM-2016. Tomsk, Russia, November 16–18, 2017. – 2017. – Article number 012025. – 5 p. – DOI : 10.1088/1742-6596/919/1/012025. – 0,3 / 0,15 а.л.

Публикации в прочих научных изданиях:

7. Сюсина О. М. Исследование влияния ошибок модели движения астероидов на точность построения начальной доверительной области / О. М. Сюсина, Г. Е. Самбаров, А. М. Черницов, В. А. Тамаров // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2012. – Т. 55, № 10/2. – С. 50–59. – 0,5 / 0,12 а.л.

8. **Самбаров Г. Е.** Влияние систематических ошибок на точность построения областей возможных движений малых тел Солнечной системы / Г. Е. Самбаров, О. М. Сюсина // Труды / Томский государственный университет. Серия физико-математическая. – Томск, 2012. – Т. 282 : Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики : материалы II Всероссийской молодежной научной конференции, посвященной 50-летию физико-технического факультета Томского государственного университета. – 2012. – С. 283–286. – 0,22 / 0,1 а.л.

9. Сюсина О. М. Способ оценки влияния модели сил на систематическую ошибку определения областей возможных движений астероидов / О. М. Сюсина, А. М. Черницов, В. А. Тамаров, Г. Е. Самбаров // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 6/3. – С. 235–237. – 0,18 / 0,05 а.л.

10. **Самбаров Г. Е.** Оценивание влияния сжатия Земли и Солнца на точность вероятностной модели движения астероидов, наблюдавшихся в одной оппозиции / Г. Е. Самбаров, А. М. Черницов, В. А. Тамаров // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57, № 10/2. – С. 33–42. – 0,64 / 0,25 а.л.

11. Сюсина О. М. Новые данные о потенциально опасных астероидах, наблюдавшихся в одной оппозиции / О. М. Сюсина, Г. Е. Самбаров // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2015. – Т. 58, № 10/2. – С. 40–46. – 0,45 / 0,15 а.л.

12. **Самбаров Г. Е.** Оценивание возмущающих ускорений в вероятностных моделях движения потенциально опасных астероидов / Г. Е. Самбаров, О. М. Сюсина // Физика Космоса : труды 44-й Международной студенческой научной конференции, посвященной 50-летию Коуровской обсерватории. Екатеринбург, 02–06 февраля 2015 г. – Екатеринбург, 2015. – С. 194. – 0,04 / 0,02 а.л.

13. Баранников Е. А. Оценивание способов построения весовых матриц в задаче вероятностного исследования движения астероидов / Е. А. Баранников, Г. Е. Самбаров, О. М. Сюсина, В. А. Тамаров, А. М. Черницов // Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики (ФППСМ-2016) : сборник трудов IX Всероссийской научной конференции, посвященной 55-летию полета Ю. А. Гагарина. Томск, 21–25 сентября 2016 года. – Томск, 2016. – С. 334–336. – 0,24 / 0,06 а.л.

14. Сюсина О. М. Оценивание влияния различных возмущающих ускорений на точность вероятностной модели движения астероида 2011 MD / О. М. Сюсина, Г. Е. Самбаров // Труды / Томский государственный университет. Серия физико-математическая. – Томск, 2017. – Т. 300 : Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики : материалы VI Международной молодежной научной конференции. – С. 131–134. – 0,2 / 0,1 а.л.

15. **Самбаров Г. Е.** Оценка влияния возмущения от несферичности геопотенциала на движение высокоорбитальных космических объектов / Г. Е. Самбаров // Гагаринские чтения – 2017 : сборник тезисов докладов XLIII Международной молодежной научной конференции. Москва, 05–19 апреля 2017 г. – Москва, 2017. – С. 876–877. – 0,06 а.л.

16. **Самбаров Г. Е.** Исследование влияния слабых возмущений на точность вероятностной модели движения астероидов, сближающихся с Землей / Г. Е. Самбаров, О. М. Сюсина // Физика Космоса : труды 46-й Международной студенческой научной конференции. Екатеринбург, 30 января – 03 февраля 2017 г. – Екатеринбург, 2017. – С. 219. – 0,04 / 0,02 а.л.

17. **Самбаров Г. Е.** Исследование и выявление особенностей движения малых тел Солнечной системы, попавших в околоземное пространство / Г. Е. Самбаров, О. М. Сюсина // Физика космоса : труды 47-й Международной студенческой научной конференции. Екатеринбург, 29 января – 02 февраля 2018 г. – Екатеринбург, 2018. – С. 226–227. – 0,06 / 0,03 а.л.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности

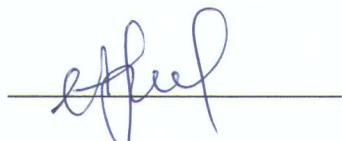
Содержание диссертации отвечает формуле научной специальности 01.03.01 – Астрометрия и небесная механика (физико-математические науки) в части исследования динамической эволюции систем небесных тел на различных масштабах времени, обеспечения прогнозирования их движения и соответствует областям исследования «Разработка качественных, аналитических и численных методов решения дифференциальных уравнений, описывающих движения и вращения тел под действием всемирного тяготения и других сил как в ньютоновом, так и в релятивистском приближении. Построение теорий движения небесных тел с использованием этих методов» (п. 3 паспорта специальности), «Исследование динамической эволюции систем небесных тел на различных масштабах времени» (п. 4 паспорта специальности).

Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 01 октября 2018 г.). Текст диссертации представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу, не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования.

Диссертация «Вероятностное моделирование динамики астероидов и метеороидов, движущихся в условиях наложения возмущений различных типов» Самбара Георгия Евгеньевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.01 – Астрометрия и небесная механика.

Заключение принято на заседании научно-технического совета Научно-исследовательского института прикладной математики и механики с участием лаборатории компьютерного моделирования и машинного анализа астрономических данных федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Присутствовало на заседании 12 человек. Результаты голосования: «за» – 12 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 414 от 25 ноября 2020 г.



Авдюшев Виктор Анатольевич,
доктор физико-математических наук,
лаборатория компьютерного моделирования
и машинного анализа астрономических данных,
ведущий научный сотрудник