

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Девяткина Александра Вячеславовича о диссертации **Баляева Ивана Алексеевича на тему «Прогнозирование сближений и соударений астероидов с Землёй и другими планетами»**, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «1.3.1. Физика космоса, астрономия».

Диссертация (на русском языке) И.А.Баляева состоит из Введения, 3 Глав, Заключение, Списка литературы и двух Приложений, текст на 90 стр. Также представлен соответствующий текст диссертации на английском языке.

Работа И.А.Баляева посвящена астероидно-кометной опасности для Земли, Луны и других планет Солнечной системы и имеет значение для фундаментальной науки и народно-хозяйственных задач. Автором был разработан алгоритм и программа, которые позволяют рассчитывать движение миллионов виртуальных объектов одновременно, что позволяет методом Монте-Карло оценить вероятности соударения с планетами большого количества астероидов на настольных ПК за приемлемое время. Также полезны и поучительны фрагменты, посвященные оптимизации вычислений при использовании интегратора для прогноза движения малых тел Солнечной системы.

Используя созданную программу, были получены новые результаты. В частности, для некоторых не опасных астероидов обнаружены возможные соударения с Землёй, в том числе для астероида 2015 СТ13. Этот астероид появился в списках опасных астероидов NASA только после публикаций автора.

С помощью программы v19 также было проведено исследование движения астероида Апофиз и некоторых астероидов.

Полученные И.А.Баляевым в диссертационной работе результаты расширяют представления об астероидной опасности. Новым и важным является результат выявления угрозы от не АСЗ.

Степень достоверности полученных И.А.Баляевым результатов обусловлена самоконтролем и сравнение R^0 с v19, а также сравнением с результатами других исследователей.

Для реализации поставленных задач автор использовал современные математические методы.

Основные результаты работы опубликованы и доведены до научной общественности на международных и всероссийских конференциях.

Результаты исследования опубликованы в 15 статьях, индексируемых РИНЦ, 6 из которых индексируемы в международных базах данных.

Замечания

1.«Сравнение с NASA играет ключевую роль в оценке применимости новой программы к реальным астероидам». Не только NASA занимается проблемой астероидно-кометной опасности.

2. Программа R^0 – это упрощенная модель по сравнению с v19 программа для модельных расчетов (стр. 43). В ней, как и в v19 не учитываются негравитационные явления (световое давление, эффект Ярковского), тесные сближения между астероидами. В астрометрических наблюдениях много профессионального и любительского «мусора» и посему элементы орбит астероидов имеют недостаточную точность. Все это может существенно повлиять на точность прогноза сближений и столкновений. Также хотел бы отметить, что изменения орбит астероидов существенны не на расстояниях 0.05 а.е., а более тесных сближениях, начиная с 0.0025 а.е.

3. Замечание о том, что астероиды, имеющие орбиту с перигелийным расстоянием $q > 1.3$ а.е., также имеют ненулевую вероятность тесных сближений с Землёй, интересно и

требует проверки. Формальная величина MOID, приписываемая астероиду, не гарантирует ни обязательного столкновения, ни гарантированной безопасности для планеты от него. Даже на 100-200 летнем интервале есть вероятность тесных сближений астероидов с Юпитером и Марсом, да и между собой, что могло бы существенно повлиять на орбиту малого тела. Однако, поиск таких событий выходит за рамки настоящей работы.

4. Стр.7. Было бы полезным упомянуть, что в течение 2008 – 2023 гг. зафиксировано, помимо Челябинского события, ещё как минимум 7 столкновений мелких астероидов с Землёй.

5. Стр. 8. «Для открытия важным является широкое поле зрения, в то время как точность измерений может быть посредственной. Для уточнения, наоборот, более важна точность измерения положения. Хотя, в принципе, снижение погрешности может быть достигнуто и количеством наблюдений». Количество наблюдений может понизить случайные ошибки, но не систематические. В MPC наблюдается большая «замусоренность» астрометрических наблюдений астероидов любителями астрономии (себя они часто называют астрономами-любителями). И вообще, телескопы этих лиц, да и телескопы профессиональных астрономов не откалиброваны, что приводит к систематическим ошибкам в положениях астероидов.

6. Стр. 10. Об эксперименте со спутником астероида Дидим Диморфосом лучше бы написать в прошедшем времени, т.к. он состоялся 27 сентября 2022 года.

7. Стр.10. Нет ссылки на статью Елькина и Соколова, стоит вопросительный знак.

8. Стр18. «Результаты представлены на конференциях». Не указаны даты и места их проведения.

9. Стр20. «10. Sokolov L.L., Balyaev I.A., Kuteeva G.A., Petrov N.A., Eskin B.B. APPROACHES AND COLLISIONS OF ASTEROIDS WITH THE MOON AND PLANETS В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Сер. «International Scientific Conference on Mechanics «The Ninth Polyahov's Reading», ISCM 2021» 2021. С. 012047». Ошибка в стр.

10. Стр. 45. «Критерий размера обусловлен двумя соображениями: во-первых, астероиды менее 30 метров не представляют большой опасности; во-вторых, при малом размере становится более значительным влияние негравитационных сил, которые в модели движения не учитываются». Астероиды более 20 метров могут представлять опасность.

11. Стр.75. «Код программы R⁰ приведён исключительно для ознакомления. Не пытайтесь его запустить. Для работы программы помимо прочего требуется файл эфемерид в специальном сжатом формате. Программа разработана в форме монолитной функции и не предусматривает произвольных изменений. Тем не менее, оставлена возможность для модификации программы». Если этой программой нельзя воспользоваться, то зачем на 19 страницах приводить её текст (основной текст диссертации на 60 стр.)?

Данные замечания не влияют на общую положительную оценку выполненной работы.

Диссертация **Баляева Ивана Алексеевича на тему «Прогнозирование сближений и соударений астероидов с Землёй и другими планетами»** соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете». Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Соискатель **Баляев Иван Алексеевич** несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «1.3.1. Физика космоса, астрономия».

Член диссертационного совета
доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник,
и.о. зав. Лабораторией наблюдательной астрометрии
Главной (Пулковской) астрономической
обсерватории РАН, +7(812)3637245, e-mail:a9kin@mail.ru

Девяткин Александр Вячеславович

09 октября 2023 г.

Подпись А.В. Девяткина удостоверяю.
Ученый секретарь ГАО РАН,
кандидат физ.-мат. наук
09.10.2023



О.Ю. Барсунова