

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Мельникова Александра Викторовича на диссертацию Баляева Ивана Алексеевича на тему «Прогнозирование сближений и соударений астероидов с Землей и другими планетами», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Астероиды представляют собой самый многочисленный класс малых тел Солнечной системы. В настоящее время количество обнаруженных астероидов уже превышает миллион. В ходе своей долговременной орбитальной эволюции астероиды могут сталкиваться с Землей и другими планетами. Столкновение астероида с Землей способно привести к катастрофическим событиям и даже полному уничтожению жизни на нашей планете. В рассматриваемой диссертации развиваются эффективные методы для выявления потенциально опасных астероидов и оценки вероятности астероидно-кометной опасности. Поэтому тема диссертационного исследования является актуальной и важной как с теоретической, так и с практической точек зрения. Далее отмечу ряд основных результатов, полученных в диссертации, и укажу на выявленные в ней недостатки.

Диссертация начинается с Введения, которое является весьма кратким и содержит критический минимум полезной информации. В тексте следовало дать ссылки на конкретные источники приведенных фактов, а не ограничиваться вводной фразой на стр. 4, что Введение составлено «... по материалам книги «Астероидно-кометная опасность. Вчера, сегодня, завтра» [2].» Также более серьезно следовало подойти к выбору фактов об истории изучения рассматриваемых в диссертации задач и стилю подачи материала (см. соответствующее замечание далее). Во Введении упоминается (см. стр. 11) программный комплекс v19, разработанный для исследования динамики астероидов, сближающихся с планетами. Глава 1 содержит результаты численных экспериментов, проведенных автором диссертации при помощи модифицированной (см. стр. 23) версии v19. В Главе 2 представлен новый метод исследования динамики астероидов, выносимый на защиту, и проведено его сопоставление с комплексом v19. В то же время в тексте диссертации нет явных ссылок на публикации, где дано описание комплекса v19, не указаны разработчики комплекса. Отсутствие подробной информации о комплексе v19 в диссертации представляется мне ее существенным недостатком.

В Главе 1 для астероидов (99942) Апофис, (443104) 2013 ХК22 и 2008 ЕХ5 (последний неожиданно для читателя появляется на стр. 29 в Табл. 1.2) изучено влияние выбора начальных значений параметров задачи на положения и размеры областей в пространстве значений координат и скоростей астероидов, ведущих к их дальнейшему столкновению с Землей. Исследование выполнено при помощи модифицированной версии комплекса v19. На основе результатов численных экспериментов сделан основной вывод данной главы (см. стр. 30): «Программный комплекс v19 нуждается в совершенствовании или замене, поскольку ощущается недостаток производительности и стабильности работы для решения более масштабных задач». Данный вывод видимо частично основан на том, что (стр. 27): «При достижении околонулевого минимального расстояния, менее 0,01 радиуса Земли, была замечена нестабильная работа программного комплекса v19. Время работы увеличивалось на порядки при том, что в результате программа могла вовсе не

определить параметры сближения». Логично объяснить нестабильность работы комплекса v19 в близкой окрестности планеты отсутствием регуляризации уравнений движения, заложенных в него. Отмечу, что в предложенном далее в диссертации новом алгоритме интегрирования регуляризация также не производится. Полученные в Главе 1 результаты на защиту не выносятся.

В Главе 2 дано описание нового программного комплекса R^0 , разработанного автором диссертации для исследования орбитальной динамики астероидов, сближающихся с планетами. В основе программы R^0 лежит оригинальная модификация метода интегрирования Эверхарта. Посредством оптимизации алгоритма интегрирования в программе R^0 была существенно увеличена скорость интегрирования по сравнению с комплексом v19, при этом точность интегрирования в целом сохранилась. Часть программного кода R^0 приведена в Приложении 2. Диссертант отмечает (стр. 75), что: «Код программы R^0 приведён исключительно для ознакомления. Не пытайтесь его запустить.» Тогда непонятен смысл включения в текст диссертации кода, который не могут использовать в своей практике другие исследователи. Отмечу, что в диссертации отсутствуют ссылки на хранилища, откуда код R^0 можно получить полностью. Представленный в Главе 2 алгоритм выносится на защиту как один из четырех пунктов.

Третья (последняя) глава диссертации содержит краткое описание результатов, на основе которых сформированы оставшиеся три пункта, вынесенные на защиту. Данное обстоятельство указывает на неудачную структуру диссертации. В первой четверти Главы 3 посредством использования программы R^0 и метода Монте-Карло для выборки известных астероидов получены оценки вероятности их столкновения с планетами и Луной в ближайшие 100 лет. Путем сравнения с результатами, представленными на сайте NASA JPL, автор диссертации показывает возможность использования разработанной им программы R^0 для оценки рисков астероидной опасности. На один из главных недостатков программы R^0 – простоту используемой модели (учет лишь основных возмущающих факторов), было указано в диссертации. Отмечу, что, например, учет действия эффекта Ярковского даже на коротких временных интервалах может существенно влиять на оценку вероятности столкновения астероида с планетой. Очевидно, что к полученным в диссертации результатам, как отмечает сам автор (см. стр. 48), надо «относиться с большой осторожностью». Хотя, по утверждению автора диссертации (см. стр. 46 и 48), имеется «общее сходство» результатов диссертации с результатами NASA JPL. Во второй четверти Главы 3 посредством использования программы R^0 для множества из десятков миллионов модельных астероидов определены области в пространстве элементов орбит (q, e, i), где могут существовать потенциально опасные с точки зрения столкновения с Землей объекты. Вторая половина Главы 3 посвящена численным экспериментам, проведенным при помощи программы R^0 для выборки реально существующих астероидов (отобрано более 100 тыс объектов), для них найдены возможные тесные сближения с планетами и Луной и получены оценки вероятностей столкновений с указанными телами.

Необходимо отметить, что основные результаты представлены в диссертации неупорядоченно, их довольно трудно анализировать. Многие важные детали численных экспериментов, проведенных в Главе 3, опущены. Согласие в последовательности изложения материала диссертационного исследования и порядке выносимых на защиту результатов

отсутствует (четвертое положение изложено в тексте ранее третьего). Местами автор отходит от научной строгости изложения материала, позволяя себе высказывания вида: «Был даже случай, когда ...» (стр. 4), «Тема астероидной опасности хотя и не была обделена вниманием в СПбГУ, но всё же исследования проводились скорее от случая к случаю» (стр. 10), «Хотя программный комплекс v19 позволил получить немало интересных результатов, нет предела совершенству» (стр. 31). Перечисленные в данном абзаце замечания следует отнести к существенным недостаткам диссертации.

По работе имеется ряд других замечаний. Присутствуют различные опечатки, например, на стр. 5: «XXVIII век и ранее», стр.10: «работу Елькина и Соколова [?]» и пр. На стр. 10 упомянут эксперимент DART, проведенный в 2022 г. Результаты указанного эксперимента уже представлены в множестве работ, следовало отразить это в тексте диссертации. Вряд ли стоит согласиться с мнением автора диссертации, высказанным им на стр. 16, что метод метод Монте-Карло является простым. Названия Главы 3 «Эксперименты Монте-Карло» и ее первого параграфа – «200 астероидов» являются неудачными.

Как отмечено мной ранее, тема диссертационной работы несомненно является актуальной. Полученные в работе результаты являются новыми, проверка их достоверности проводилась в диссертационном исследовании путем сопоставления с результатами других исследователей. Отмеченные выше недостатки не уменьшают ценности научных результатов, полученных в диссертационной работе, и будут полезны автору в его дальнейшей научной работе.

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», соискатель Баляев Иван Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета,
ведущий научный сотрудник
Лаборатории динамики Галактики ГАО РАН
(196140, Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, 65/1),
доктор физ.-мат. наук
(e-mail: melnikov@gaoran.ru)

А.В.Мельников

04 октября 2023 г.

Подпись в.н.с. ГАО РАН А.В.Мельникова заверяю

Ученый секретарь ГАО РАН,
кандидат физ.-мат. наук

04 октября 2023 г.



О.Ю.Барсунова