Общероссийский математический портал

А. Ф. Заусаев, С. С. Денисов, Л. А. Соловьёв, Численное интегрирование уравнений движения астероида 2004 FU162 на интервале времени с 1800 по 2206 годы, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 2006, выпуск 43, 189–191

DOI: <https://doi.org/10.14498/vsgtu476>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.147.182.235

26 апреля 2023 г., 16:01:02

УДК 521.1, 521.4

А. Ф. Заусаев, С. С. Денисов, Л. А. Соловьёв

ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ АСТЕРОИДА 2004 FU162 НА ИНТЕРВАЛЕ ВРЕМЕНИ С 1800 ПО 2206 ГОДЫ

Проведено исследование эволюции орбит астероида 2004 FU162 на интервале времени с 1800 по 2206 гг. Выявлены тесные сближения с Землей на исследуемом интервале времени, а также влияние планетных возмущений на изменение элементов орбит астероида 2004 FU162

Исследование движения астероидов групп Аполлона, Амура, Атона важно для решения проблемы, связанной с астероидной опасностью. Эти астероиды могут тесно сближаться с внутренними планетами и в первую очередь с Землёй [1].

Астероид 2004 FU162 принадлежит к группе Атона, в которую входят те астероиды, большие полуоси орбит которых не превосходят большую полуось орбиты Земли, т.е. $a < 1$ а.е. (a — большая полуось орбиты Земли, 1 а.е. $\cong 149\,597\,870$ км). В настоящее время насчитывается свыше 300 астероидов, которые принадлежат к группе Атона. Наибольший интерес представляют астероиды, сближающиеся с Землёй на опасные расстояния. Исследование эволюции их орбит важно для прогнозирования сближений и возможных столкновений с большими планетами в будущем. Для решения этой задачи необходимо применять высокоточные численные методы решения уравнений движения с учетом главных действующих сил.

В качестве математической модели, описывающей движение астероида 2004 FU162, были использованы дифференциальные уравнения с учётом гравитационных и релятивистских эффектов [2, 3]. Учитывались возмущения от Солнца, 9 больших планет (Меркурий – Плутон), Луны и пояса астероидов, который моделировался 50 частицами, расположенными на орбите, принадлежащей поясу астероидов, и равномерно распределёнными по величине средней аномалии.

Система дифференциальных уравнений движения решалась методом Эверхарта 27-го порядка с переменным шагом интегрирования. О точности вычислений говорит тот факт, что координаты и скорости планет, вычисленные авторами, согласуются с DE405, одной из самых точных численных теорий движения больших планет, Луны и Солнца.

Результаты вычислений эволюции орбит астероида 2004 FU162 представлены на рис. 1–5 и в таблице. На рисунках показаны изменения элементов орбит на интервале времени с 1800 по 2206 гг. В таблице представлены сближения астероида с Землёй и Луной на этом же интервале. Угловые величины отнесены к эклиптике и равноденствию эпохи 2000 г.

Как видно из рисунков и таблицы, скачки в изменении элементов орбит у астероида 2004 FU162 происходят в моменты тесных сближений с Землёй и Луной. Наиболее существенные изменения произошли в 2004 году, когда он сблизился с Землёй на расстоянии 8,57 Е–05 а.е. или 12 815,81 км (для сравнения диаметр Земли 6 400 км). В результате этого сближения астероид перешёл из группы Аполлона в группу Атона, т.к. его большая полуось уменьшилась с 1,005 а.е. до 0,825 а.е. Другие элементы орбит также существенно изменились. Так эксцентриситет увеличился с 0,34 до 0,393, а долгота восходящего узла и наклонение — с 11,14 до 191,25 градусов и с 2,38 до 4,2 градусов соответственно. Аргумент перигелия, напротив, уменьшился с 289,2 до 140 градусов. В настоящее время астероид 2004 FU162 занимает первое место в рейтинге Гарвардского университета наиболее близко прошедших от Земли астероидов¹. Следует отметить, что результаты наблюдений, на которые ссылается данный рейтинг, полностью совпали с нашими вычислениями. Однако астероид является довольно небольшим, по наблюдениям его абсолютная звездная величина $H = 28,68$, что соответствует величине диаметра в 5–12 метров, поэтому он не представляет угрозы для жизни на Земле в случае столкновения с ней.

В будущем наиболее тесное сближение произойдёт 1 апреля 2007 года. В это время астероид окажется от Земли на геоцентрическом расстоянии менее 150 000 км. Расстояние астерои-

¹ Closest Approaches to the Earth by Minor Planets. <http://www.cfa.harvard.edu/iau/lists/Closest.html>

да от Луны составит около 200000 км. Таким образом, астероид 2004 FU162 1 апреля 2007 г. пройдёт между Луной и Землёй. Следует отметить, что подобные сближения относятся к довольно редким явлениям в окрестности Земли. Сближение же 31 марта 2004 г. и вовсе относится к разряду уникальных событий.

Р и с. 1. Изменение большой полуоси

Р и с. 2. Изменение эксцентриситета

Р и с. 3. Изменение аргумента перигелия

Р и с. 4. Изменение долготы восходящего узла

Р и с. 5. Изменение наклона

**Сближение астероида 2004 FU162 с Землей и Луной
на интервале времени с 1800 по 2206 гг.**

Сближение	Тело	Юлианская дата	Год	Месяц	Число
0,00605271	Земля	2404517,5	1871	3	30
0,00312667	Луна	2404882,5	1872	3	30
0,00197502	Земля	2404882,9	1872	3	30
0,00008567	Земля	2453096,1	2004	3	31
0,00110120	Луна	2454191,6	2007	4	1
0,00099048	Земля	2454191,8	2007	4	1
0,00230759	Луна	2473184,5	2059	3	31
0,00215456	Земля	2473184,9	2059	4	1
0,00786433	Земля	2482680,7	2085	3	31
0,00448200	Луна	2482681,7	2085	4	1

В результате сближения 2007 г. большая полуось орбиты астероида увеличится с 0,825 до 0,845 а.е., эксцентриситет уменьшится с 0,392 до 0,381, аргумент перигелия уменьшится с 140 до 136,5 градусов, долгота восходящего узла практически не изменится, а наклонение увеличится с 4,19 до 4,35 градусов. В дальнейшем большая полуось будет изменяться в пределах от 0,844 до 0,847 а.е., эксцентриситет — от 0,379 до 0,382, аргумент перигелия будет возрастать с 136,5 до 139,75 градусов, в то время как долгота восходящего узла будет убывать с 191,18 до 187,43 градусов, а наклонение будет изменяться в пределах от 4,335 до 4,355 градусов.

Элементы орбиты астероида 2004 FU162 в настоящее время являются менее точными по сравнению с элементами орбит именованных астероидов, поэтому задача о проведении дополнительных наблюдений и уточнению его координат является особо актуальной. Возможно, что уточнённые эфемеридные данные могут отразиться на результатах прогноза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алтынбаев Ф. Х. Математическое моделирование движения малых тел Солнечной системы на основе метода тейлоровых разложений: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. — Ульяновск, 2005. — 16 с.
2. Заусаев А. Ф., Заусаев А. А., Ольхин А. Г. Оценка точности метода Эверхарта при решении уравнений движения больших планет на интервале времени 10000 лет // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер.: «Физ.-мат. науки», 2004. — № 30. — С. 108–113.
3. Newhall X. X., Standish E. M., Williams Jr. and J. G. DE 120: a numerically integrated ephemeris of the Moon and planets spanning forty-four centuries // Astron. Astrophys., 1983. — No. 125. — P.150–167.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию (проект РНП.2.1.1.1689).

Поступила 13.09.2006 г.