

УДК 523.64

**Орбита кометы Брукса 2 на интервале 1889—1933 гг.**

Ю. Д. Медведев

Объединены семь появлений кометы Брукса 2 на интервале 1889—1933 гг. со средней ошибкой одного нормального места  $\sigma=1.57''$ . Методика улучшения орбиты имеет две особенности: а) при вычислении коэффициентов условных уравнений возмущенная траектория заменяется последовательностью невозмущенных дуг, б) негравитационные эффекты представляются импульсными изменениями скорости кометы при ее прохождении через перигелий.

*THE ORBIT OF COMET P/BROOKS 2 IN 1889-1933, by Medvedev Yu. D.—Seven apparitions of P/Brooks 2, covering 1889-1933 are linked with the mean error of normal place  $\sigma=1.57''$ . Improvement of the orbit is done by the method which has two main features: a) when computing coefficients of the conditioned equations, the perturbed trajectory is presented as combination of the non-perturbed arcs; b) the non-gravitational effects are presented by small impulse variations of the perihelion velocity of the comet.*

Движение кометы Брукса 2 изучалось многими исследователями [1, 2, 4]. Тесное сближение кометы с Юпитером в 1922 г. до минимального расстояния 0.086 а. е., а также наличие в движении кометы больших негравитационных эффектов, затрудняли построение единой численной теории движения этой кометы, охватывающей появление кометы до и после сближения ее с Юпитером.

Основная цель данного исследования — объединение появлений кометы Брукса 2, включающее оборот, на котором произошло сближение кометы с Юпитером. Объединилось семь появлений кометы на интервале 1889—1933 гг. Система элементов, полученная А. Д. Дубяго [1], взята как исходная. Улучшение проводилось по 23 нормальным местам, составленным А. Д. Дубяго. Численное интегрирование уравнений движения кометы, преобразованных по Энке, выполнялось методом Эверхарта [3] II порядка с автоматическим выбором шага. При прохождении кометы вблизи Юпитера, учитывались возмущения, обусловленные большими планетами, галилеевыми спутниками и сжатием Юпитера.

Принята импульсная модель негравитационных сил, в соответствии с которой в момент прохождения кометы через перигелий вектор орбитальной скорости кометы меняется скачкообразно, в других точках орбиты негравитационных сил нет. Компоненты вектора импульсного изменения перигелийной скорости (в перигелийной орбитальной системе координат: по радиусу-вектору, нормали и трансверсали) определяются из наблюдений совместно с орбитальными параметрами.

Коэффициенты условных уравнений вычисляли в предположении, что возмущенная траектория заменена последовательностью невозмущенных дуг, аппроксимирующих траекторию с заданной точностью и удовлетворяющих условию оскуляции в начальные моменты каждой из дуг. На аппроксимируемых участках возмущенные изохронные производные заменяли на невозмущенные. Применение этой методики позволило заметно уменьшить затраты машинного времени при сохранении необходимой точности изохронных производных.

В качестве улучшаемых параметров, кроме импульсных изменений компонент перигелийной скорости, взяты координаты и компоненты скорости кометы в начальный момент в экваториальной системе координат. В каждом появлении определялся различный набор неизвестных, что явилось следствием крайне неравномерного распределения наблюдений на исследуемом интервале. Так, если в первом появлении — (1889 г.) комета наблюдалась на протяжении 556 дней, то в четвертом появлении (1910 г.) зафиксировано только одно наблюдение, а в следующем, пятом появлении (1918 г.)

комета совсем не наблюдалась. Ввиду сильной корреляции с компонентами начальной орбитальной скорости, компоненты импульсных изменений скорости в первом появлении не определялись, они считались равными соответствующим компонентам изменения перигелийной скорости второго появления. В третьем, четвертом и пятом появлениях находились только трансверсальные компоненты  $(\Delta r)_T$ , причем в четвертом и пятом появлениях они считались равными. В шестом появлении определялись все три компоненты изменения перигелийной скорости.

Начальные координаты (а. е.) и компоненты скорости (а. е./сут.) и их ошибки (экватор и равноденствие 1950.0; эпоха — 1889 г. октябрь 8.0)

$$\begin{aligned} x &= 1.943\,898\,791 \pm 6.015 \cdot 10^{-6}, & \dot{x} &= -0.000\,928\,613\,450 \pm 4.464 \cdot 10^{-8}, \\ y &= 0.155\,562\,121 \pm 4.148, & \dot{y} &= 0.012\,999\,694\,228 \pm 4.022, \\ z &= 0.010\,983\,239 \pm 2.774, & \dot{z} &= 0.007\,301\,470\,276 \pm 4.776. \end{aligned}$$

Компоненты импульсного изменения скорости кометы при прохождении через перигелий  $(\Delta r)_r$ ,  $(\Delta r)_T$ ,  $(\Delta r)_N$  и их ошибки (в единицах  $10^{-11}$  а. е./сут.)

Порядковый номер появления	Момент приложения импульса	$(\Delta r)_r$	$(\Delta r)_T$	$(\Delta r)_N$
1	1889 сент. 30.8377	112183	—9287	—22211
2	1896 нояб. 4.6457	112183 $\pm 5330$	—9287 $\pm 63$	—22211 $\pm 8543$
3	1900 дек. 6.7378	—	—7895 $\pm 101$	—
4	1911 янв. 8.6160	—	—6357 $\pm 133$	—
5	1918 февр. 12.2613	—	—6357	—
6	1925 нояб. 1.8276	81203 $\pm 24470$	—6028 $\pm 553$	—50164 $\pm 21010$
7	1932 окт. 9.5286	—	—	—

Всего, таким образом, определялось 14 неизвестных: 6 поправок начальных векторов положения и скорости и 8 компонент изменений перигелийной скорости (таблица).

Полученная система орбитальных параметров, а также изменений скорости в перигелии представляет нормальные места кометы Брукса 2 на интервале 1889—1933 гг. с ошибкой единицы веса  $\sigma = 1.57''$ , что можно рассматривать как вполне удовлетворительный результат для данной кометы.

В заключение можно сделать вывод, что импульсная модель негравитационных эффектов, использованная в данной работе, впервые позволила единой орбитой и с удовлетворительной точностью представить всю систему рассматриваемых нормальных мест кометы Брукса 2, являющейся объектом весьма трудным для исследования из-за двух практически полностью пропущенных появлений 1910 и 1918 гг. и тесного сближения с Юпитером в 1922 г.

Автор выражает благодарность Ю. В. Батракову за внимание к данной работе и полезные замечания.

1. Дубяго А. Д. Движение периодической кометы Брукса с 1883 по 1946 гг. // Учен. зап. Казанского ун-та.— 1950.— 110, книга 8.— С. 5—44.
2. Евдокимов И. Ю. Негравитационные эффекты в движении кометы Брукс 2 // Комет. циркуляр.— 1977.— № 206.— С. 3.
3. Everhart E. Implicit single sequence methods for integrating orbits // Celest. Mech.— 1974.— 10.— P. 35—55.
4. Marsden B. G. Catalogue of cometary orbits.— Cambridge: Smithsonian Astrophys. Observ., 1982.— 98 p.

Ин-т теорет. астрономии АН СССР,  
Ленинград

Поступила в редакцию 29.07.85