

МОДЕЛИ КОМЕТ С НЕАФЕЛИЙНЫМ КАСАНИЕМ ОРБИТЫ ЮПИТЕРА. АПСИДАЛЬНЫЕ ТОЧКИ РАСПОЛОЖЕНЫ НА ОРБИТЕ ЮПИТЕРА

Н.Ю. Емельяненко

В работе исследуется кинематика касательного сближения малого тела с Юпитером. В рамках парной задачи двух тел (Солнце-Юпитер, Солнце-комета) предлагаются две модели комет, у которых афелий или перигелий расположены на орбите Юпитера, но точки низкоскоростного касания их орбит с орбитой планеты не совпадают с апсидальными точками. Рассматривается возможность и определяются условия низкоскоростного сближения этих комет с Юпитером. Анализируются особенности сближений модельных комет.

Введение

Работа продолжает исследование кинематики низкоскоростных сближений. Основные сведения об этих сближениях, введенных определениях и области ω (орбит комет с особенностями в сближениях с Юпитером) можно найти в работах [1–3].

Основные задачи исследования

В работе изучаются модельные кометы, орбиты которых расположены на ломаной линии A_3AP_3 области ω [3].

1. Рассматривается эволюция орбит при продвижении вдоль линии A_3AP_3 (изменение элементов, характеризующих размеры и форму орбиты).

2. Оценивается возможность и определяются условия синхронного движения Юпитера и кометы по афелийной (перигелийной) части орбиты.

3. Выделяются и описываются возможные особенности сближения с Юпитером модельных комет.

Пусть a, b, e, q, Q – большая и малая полуоси, эксцентриситет, перигелийное и афелийное расстояния, M – точка низкоскоростного касания, E, v – эксцентрическая и истинная аномалии кометы, r – ее радиус-вектор, r_j^* – расстояние кометы от орбиты Юпитера по радиусу-вектору, r_j – йовицентрическое расстояние, α – угол между направлением на комету и Юпитер в произвольный момент времени. Соответствующие элементы орбиты Юпитера будем обозначать теми же буквами со штрихами.

В предлагаемых кинематических моделях низкоскоростных сближений предполагается, что при прохождении афелия (перигелия) комета и Юпитер находятся на одном радиусе-векторе.

Введем на эллиптической орбите кометы опорные точки Q, q, b, I, F и нанесем их на рисунки орбит рассматриваемых моделей (рис. 1, 2). Точки b, I, F – парные. Линия b_1b_2 – малая ось; $I_1I_2(F_1F_2)$ – хорда, проходящая через мнимый (действительный) фокус эллиптической орбиты кометы симметрично линии апсид. На рисунках индексы опущены.

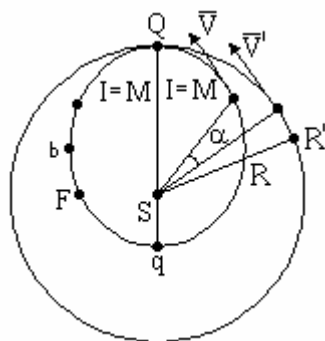


Рис. 1. Комета A_3 и опорные точки на ней (левая часть). Комета проходит особые точки R и M

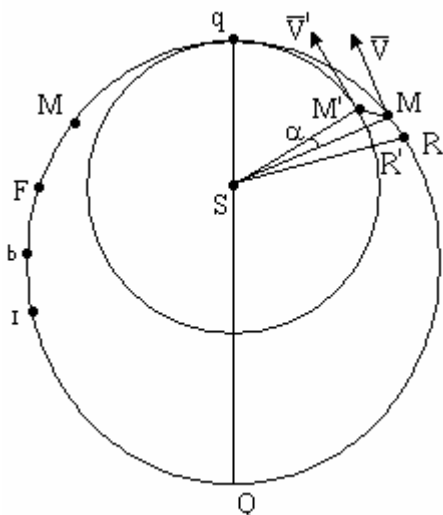


Рис. 2. Комета P_3 и опорные точки на ней (левая часть). Комета проходит особые точки R и M

Заслуживает внимания изменение положения точки M : на орбите кометы A_3 : $45^\circ \leq v_M < 60^\circ$, на орбите кометы P_3 : $60^\circ \leq v_M < 70^\circ$. С уменьшением эксцентриситета кометной орбиты точки M_1 и M_2 практически сливаются с тригональными центрами либрации L_4 и L_5 в планетоидной задаче трех тел. Если для комет A_3 и P_3 находящихся на слабоэллиптической орбите ($e < 0,15$), реализуется ситуация, показанная на рис. 5 (лагранжевый случай задачи трех тел), то Солнце, Юпитер и комета будут описывать в своем относительном движении Кеплеровы орбиты, образуя все время равносторонний треугольник. Но комета будет находиться за пределами области сближения (хорда $QM (qM) \gg 2 a.e.$ [5]), поэтому данный случай в этой работе нами не рассматривается. Но сам факт, что в точках L_4 и L_5 модуль йовицентрической скорости комет A_3 и P_3 (с малыми эксцентриситетами) практически равен нулю, очень интересен. Учитывая отмеченное ранее небольшое изменение положения точки R ($v_R \approx 71^\circ$) у комет A_3 и P_3 , и возможность длительных ВСЗ для низкоэксцентрисических орбит, заметим, что именно эти модели – наиболее вероятный поставщики комет – кандидатов в группу Троянцев.

Заключение

Итак, сближения комет A_3 , P_3 и Юпитера, удовлетворяющие начальным условиям, рассмотренным выше, – это низкоскоростные касательные сближения. Особенности сближений:

1. Это длительные сближения. Для кометы A_3 оно охватывает весь период ее обращения вокруг Солнца ($\dot{a} \leq 0,9$); распространяется на дугу $\cup F_1 Q F_2$ ($e \leq 0,37$). Для остальных объектов с линии $\dot{A}A_3$ комета не покидает области сближения ($r_j \leq 2 a.e.$ [5]) на полупериоде, включающем афелий. Для кометы P_3 оно охватывает весь период ее обращения вокруг Солнца ($\dot{a} \leq 0,7$); распространяется на дугу $\cup I_1 q I_2$ ($e \leq 0,20$), на дугу $\cup b_1 q b_2$ ($e \leq 0,24$). Для остальных объектов с линии $\dot{A}P_3$ комета не покидает области сближения на дуге $\cup F_1 q F_2$.

2. Функция йовицентрического расстояния комет A_3 и P_3 имеет единственный минимум ρ , точка минимума C на орбитах комет совпадает с апсидальной точкой: $\dot{N} \equiv Q(q)$.

3. На орбитах комет A_3 и P_3 имеются две точки низкоскоростного касания орбит: $\lim_{\dot{a} \rightarrow 0} v_M = 60^\circ$. Для слабоэллиптических орбит ($e < 0,15$) точки M_1 и M_2 приближаются к тригональным центрам либрации L_4 и L_5 в планетоидной задаче трех тел.

4. На орбитах комет A_3 и P_3 помимо апсидальной точки, имеются еще две точки R_1 и R_2 , при прохождении которых комета и Юпитер оказываются на одном радиусе-векторе. Положения этих точек практически не изменяются для всех объектов с линией $A_3 A P_3$: $v_R \approx 71^\circ$.

5. У комет A_3 и P_3 точки M_1 , M_2 – центры низкоскоростных касательных участков, на которых вероятен временный спутниковый захват в смысле Эверхарта. При $e < 0,33$ ВСЗ может сопровождать апсидальный минимум.

Работа поддержана грантом РФФИ № 04-02-96042.

Литература

1. Emel'yanenko N. Yu. Kinematics of the comets low-velocity encounters with Jupiter// Proceeding of the International conference SAMMAS. – 2000. – P. 35–40.
2. Емельяненко Н.Ю. Короткопериодические кометы с высоким значением постоянной Тиссерана. 3. Кинематика низкоскоростных сближений// Астрон. вест. – 2003. – Т. 37. – № 1. – С. 66–73.
3. Емельяненко Н.Ю. Моделирование орбит комет// Вестник ЮУрГУ. Серия «Математика, физика, химия». – 2003. – Вып. 4. – № 8(24). – С. 99–106.
4. Емельяненко Н.Ю. Короткопериодические кометы с высоким значением постоянной Тиссерана. I. Орбитальная Эволюция// Астрон. вест. – 1997. – Т. 31. – № 3. – С. 257–267.
5. Емельяненко Н.Ю. Динамика орбит комет при тесном сближении с Юпитером. Анализ длительности сближений// Астрон. вест. – 2003. – Т. 37. – № 2. – С. 153–160.

Поступила в редакцию 11 июля 2005 г.