А.В. МАКАРЕВИЧ
УО МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КОМПОНЕНТ ТРОЙНОЙ ЗВЕЗДНОЙ СИСТЕМЫ HD 188753

Известно, что эксперименты, связанные с изучением свойств некоторых процессов, в частности, космического масштаба, могут быть как осуществимы с трудом, так и неосуществимы в принципе. Поэтому проведение компьютерного моделирования в подобных случаях как нельзя лучше дает возможность выявить основные факторы, определяющие характеристики изучаемых физических тел, позволяет исследовать отклик всей системы на изменение ее параметров (см., например, [1–3]).

Ранее в работе [4] был представлен подход к выводу систем дифференциальных уравнений для математического описания относительного движения трех и более гравитационно связанных космических объектов. В частности, для теоретического анализа относительного движения компонент тройной звезды была получена следующая система уравнений

$$\begin{cases} \dfrac{d^2x_1}{dt^2} = \dfrac{GM_2(x_2-x_1)}{[(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2]^{3/2}} + \dfrac{GM_3(x_3-x_1)}{[(x_3-x_1)^2+(y_3-y_1)^2]^{3/2}}, \\ \dfrac{d^2y_1}{dt^2} = \dfrac{GM_2(y_2-y_1)}{[(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2]^{3/2}} + \dfrac{GM_3(y_3-y_1)}{[(x_3-x_1)^2+(y_3-y_1)^2]^{3/2}}, \\ \dfrac{d^2x_2}{dt^2} = -\dfrac{GM_1(x_2-x_1)}{[(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2]^{3/2}} + \dfrac{GM_3(x_3-x_2)}{[(x_3-x_2)^2+(y_3-y_2)^2]^{3/2}}, \\ \dfrac{d^2y_2}{dt^2} = -\dfrac{GM_1(y_2-y_1)}{[(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2]^{3/2}} + \dfrac{GM_3(y_3-y_2)}{[(x_3-x_2)^2+(y_3-y_2)^2]^{3/2}}, \\ \dfrac{d^2x_3}{dt^2} = -\dfrac{GM_1(x_3-x_1)}{[(x_3-x_1)^2+(y_3-y_1)^2]^{3/2}} - \dfrac{GM_2(x_3-x_2)}{[(x_3-x_2)^2+(y_3-y_2)^2]^{3/2}}, \\ \dfrac{d^2y_3}{dt^2} = -\dfrac{GM_1(y_3-y_1)}{[(x_3-x_1)^2+(y_3-y_1)^2]^{3/2}} - \dfrac{GM_2(y_3-y_2)}{[(x_3-x_2)^2+(y_3-y_2)^2]^{3/2}}. \end{cases} \tag{1}$$

Здесь G – гравитационная постоянная, M_i – масса каждой из компонент, где $i = \overline{1,3}$.

Начальные условия имеют вид

$$\upsilon_{1x}(0) = \upsilon_{01}\cos\alpha_1,\ \upsilon_{1y}(0) = \upsilon_{01}\sin\alpha_1,$$
$$\upsilon_{2x}(0) = \upsilon_{02}\cos\alpha_2,\ \upsilon_{2y}(0) = \upsilon_{02}\sin\alpha_2,$$
$$\upsilon_{3x}(0) = \upsilon_{03}\cos\alpha_3,\ \upsilon_{3y}(0) = \upsilon_{03}\sin\alpha_3,$$
$$x_1(0) = x_{01},\ y_1(0) = y_{01},$$
$$x_2(0) = x_{02},\ y_2(0) = y_{02},$$
$$x_3(0) = x_{03},\ y_3(0) = y_{03},$$

где x_{0i}, y_{0i} и υ_{0i} – соответственно начальные значения координат и модулей скоростей рассматриваемых тел;

α_i – углы, задающие направления векторов начальных скоростей компонент.

Несомненно, наибольший интерес представляет применение уравнений (1) для моделирования движения компонент тройной звездной системы с известными в астрономии массами. В качестве такой системы была рассмотрена HD 188753 – тройная звезда в созвездии Лебедя, располагающаяся на расстоянии примерно 151 световой год от Солнца. Главной ее звездой является желтый карлик HD 188753 A (M_1), на расстоянии от которого примерно 12 *а.е.* вращаются друг вокруг друга оранжевый карлик HD 188753 B (M_2) и красный карлик HD 188753 C (M_3).

Начальные A_0, B_0 и C_0, а также конечные A_n, B_n и C_n положения перечисленных компонент вместе с их смоделированными траекториями движения представлены на рисунке 1

При этом на фрагменте 1, *а* изображены траектории движения рассматриваемых объектов относительно Солнца, а на фрагменте 1, *б* – компонент HD 188753 B и HD 188753 C относительно компоненты HD 188753 A.

В численном эксперименте предполагалось, что движение пары HD 188753 B и HD 188753 C на рисунке 1, *б* начиналось в афелии и происходило против часовой стрелки. Период ее обращения вокруг компоненты HD 188753 A при моделировании составил 25.7 *лет* $\approx 8.1 \cdot 10^8$ *с*, что соответствует справочным астрономическим данным.

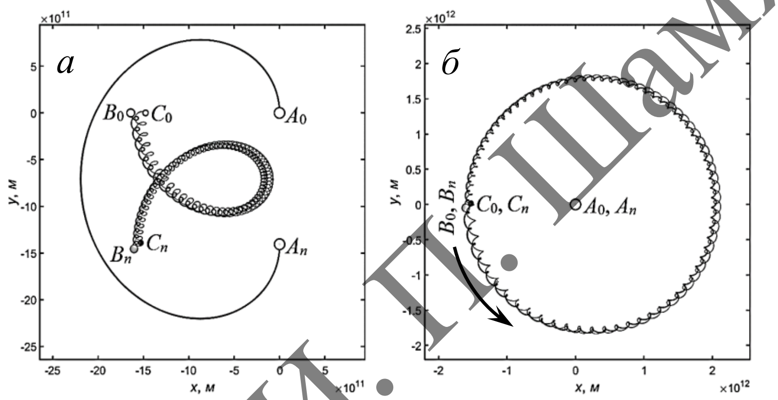

Рисунок 1 – Моделирование движения компонент тройной звездной системы HD 188753:
***а* – относительно Солнечной системы, *б* – относительно компоненты HD 188753 A**

Таким образом, использование полученных в [4] уравнений (1) позволило численно описать движение известной в астрономии тройной звездной системы HD 188753. Это дает возможность говорить о применимости представленного в [4] подхода к получению подобных уравнений и о потенциальной возможности его использования для математического моделирования взаимодействия и большего количества гравитационно связанных объектов (задача *n* тел) с дальнейшим анализом их движения. Однако при этом необходимо принимать во внимание и возможную возникающую погрешность самих численных методов решения систем дифференциальных уравнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бордовский, Г.А. Физические основы математического моделирования : учеб. пособие для вузов / Г.А. Бордовский, А.С. Кондратьев, А.Д.Р. Чоудери. – М. : Изд. центр «Академия», 2005. – 320 с.

2. Поршнев, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете Matlab / С.В. Поршнев. – СПб. : Изд-во «Лань», 2011. – 736 с.

3. Майер, Р.В. Компьютерное моделирование : учеб.-метод. пособие для студентов педагогических вузов / Р.В. Майер. – Глазов : Глазовск. гос. пед. ин-т, 2015. – 619 с.

4. Макаревич, А.В. Вывод уравнений для описания относительного движения гравитационно связанных космических объектов / А.В. Макаревич // Инновационные технологии обучения физико-математическим и профессионально-техническим дисциплинам : материалы XIV междунар. науч.-практ. интернет-конф., Мозырь, 29 марта 2022 г. / УО МГПУ им. И.П. Шамякина ; редкол.: И.Н. Ковальчук (отв. ред.) [и др.]. – Мозырь, 2022. – С. 261–264.