

УДК 37.016:52

**А. И. СЕРЫЙ, З. Н. СЕРАЯ**

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**ОБ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «УРАВНЕНИЕ ВРЕМЕНИ»  
В ВУЗОВСКОМ КУРСЕ АСТРОНОМИИ**

В курсе астрономии, изучаемом будущими школьными учителями астрономии, присутствует, в частности, тема «Уравнение времени». Соответствующая величина обозначается через  $\eta$ ; она вычисляется, строго говоря, только численными методами и в один и тот же день года меняется из года в год (вследствие отличия тропического и аномалистического года от календарного). Несмотря на это, для выполнения приближенных расчетов на основе довольно простых формул можно принять, что уравнение времени представимо в виде суммы двух синусоид [1, с. 17]:

$$\eta = \eta_1 + \eta_2, \quad (1)$$

$$\eta_k = A_k \sin(2\pi k(t - t_{0k})/T_k), \quad k = 1, 2, \quad (2)$$

где  $T_k$  – продолжительность года (в сутках)  $T_1 = 365,25964$  сут (аномалистический год),  $T_2 = 365,24219$  сут (тропический год),  $t$  – время (номер суток года, начиная с 1 января);  $t_{01}$  соответствует приблизительно 3 января, поэтому может принимать значения около 3. Что касается значения  $t_{02}$ , то оно не может соответствовать 21 марта, так как между 21 марта и 23 сентября проходит 186 суток (больше половины года) из-за непостоянства орбитальной скорости Земли. Вследствие этого вторая синусоида должна проходить через ноль чуть позже 21 марта и чуть раньше 23 сентября, поэтому значение  $t_{02}$  должно быть больше 80.

При этом значения коэффициентов  $A_k$  (в минутах) несколько различаются в разных источниках:  $A_1 = 7,53$ ,  $A_2 = -9,87$  [2];  $A_1 = 7,659$ ,  $A_2 = -9,863$  [3]; в обоих источниках присутствуют также дополнительные поправки, которые здесь рассматриваться не будут. Кроме того, даты обращения уравнения времени в ноль указаны одни и те же в [2; 3] (15 апреля, 13 июня, 1 сентября и 25 декабря), а в [4, с. 35] утверждается, что это происходит 15 апреля, 14 июня, 1 сентября и 24 декабря. Даты экстремальных значений указаны на одни сутки позже в [2] по сравнению с [3], где приводятся следующие значения: 11 февраля, 14 мая, 26 июля, 3 ноября. В [4, с. 35] для главных экстремумов приводятся даты 11 февраля и 2 ноября.

Достоинство рассмотренного подхода – простой учет двух главных факторов, влияющих на  $\eta$ . Недостаток – расхождение между реально

наблюдаемыми и вычисляемыми по (1) и (2) днями, в которые величина  $\eta$  должна быть экстремальной или равняться нулю. Расхождение получается при использовании коэффициентов как из [2], так и из [3] и может находиться в пределах от 0 до 3 суток.

В силу того что коэффициенты  $A_k$  в [2] и [3] приводятся с учетом поправок к двум синусоидам, следует предположить, что в используемой нами упрощенной модели их значения должны быть несколько иными. Если их, как и  $t_{0k}$ , считать неизвестными величинами, то всего получается 4 неизвестных. Общее число уравнений, однако, равно 12 вследствие 4 дат прохождения через ноль, 4 дат прохождения через экстремальные значения (по 2 максимума и минимума) и 4 условий локального экстремума (для доказательства того, что предыдущие 4 условия соответствуют не просто конкретно заданным значениям, а именно экстремальным).

Очевидно, что найти 4 параметра, удовлетворяющие 12 нелинейным условиям, невозможно, поэтому предполагается, что нужно отдельно решать по 4 уравнения, после чего усреднять результаты. Более подходящими для решения такой задачи можно считать системы компьютерной алгебры, поскольку, например, «Поиск решения» в MS Excel дает результаты, которые можно считать не более чем удовлетворительными (с точки зрения остаточной погрешности). При этом упомянутые выше расхождения расчетных значений с данными наблюдений сохраняются в прежнем диапазоне (различие состоит лишь в том, что, когда для одних дат согласие между расчетами и наблюдениями улучшается, для других дат оно ухудшается). Дальнейшие уточнения параметров могут быть связаны: а) с усреднением по 4-летнему юлианскому циклу или по 400-летнему григорианскому; б) с учетом медленных изменений продолжительности тропического и аномалистического года. Впрочем, приоритетным уточнением должен быть отказ от простой модели двух синусоид.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клищенко, А. П. *Астрономия : учеб. пособие* / А. П. Клищенко, В. И. Шупляк. – М. : Новое знание, 2004. – 224 с.: ил.
2. Уравнение времени [Электронный ресурс] // Википедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Уравнение\\_времени](https://ru.wikipedia.org/wiki/Уравнение_времени). – Дата доступа: 20.07.2022.
3. Equation of time [Electronic resource] // Wikipedia. – Mode of access: [https://en.wikipedia.org/wiki/Equation\\_of\\_time](https://en.wikipedia.org/wiki/Equation_of_time). – Date of access: 20.07.2022.
4. Кононович, Э. В. *Общий курс астрономии : учеб. пособие* / Э. В. Кононович, В. И. Мороз ; под ред. В. В. Иванова. – Изд. 2-е, испр. – М. : Эдиториал УРСС, 2004. – 544 с.