

Об одной систематической ошибке фотоэлектрических наблюдений переменных звезд

Ф.И.Лукацкая

При фотоэлектрических наблюдениях затменных переменных звезд с полными затмениями, когда в минимуме цвет переменной систематически и значительно изменяется с фазой, пренебрежение членом $\gamma(CI_{ov} - CI_{os})F(z_v)$ может привести к систематическому искажению глубин минимумов и наклонов их ветвей. При решении таких кривых обычными методами, например по способу Рэссэла, могут получаться искаженные значения K и других элементов. В случаях, когда фотоэлектрические наблюдения ведутся с двумя светофильтрами, внеатмосферная разница показателей цвета переменной и звезды сравнения может быть получена из разности внеатмосферных показателей цвета, полученной с $a = a_0$ по приведенной формуле. Пренебрежение членом $\gamma \Delta CI_0(z_v)$ в ряде случаев может привести к ложным заключениям об ассиметрии минимума, об изменчивости формы кривой блеска и о несовпадении результатов различных исследователей.

On One Systematic Error in Photoelectric Observations of Variable Stars

F.I. Lukatskaya

In photoelectric observations of eclipsing variables with a total eclipse, when at minimum the colour of the variable varies systematically and considerably with phase, the neglect of the term $\gamma(CI_{ov} - CI_{os})F(z_v)$ can lead to a systematic distortion of the depths of minima and the incline of their branches. If such curves are solved by the usual methods, as for example Russell's method, the values of K and other elements may be distorted. In those cases, when the photoelectric observations are made with two light filters, the non-atmospheric difference between the colour indices of the variable and comparison star can be found from the difference between non-atmospheric colour indices determined with $a = a_0$ by the given formula. The neglect of the term $\gamma \Delta CI_0 F(z_v)$ can in some cases lead to incorrect conclusions on the asymmetry of the minimum, the variations of the form of the light curve and the diversity of results obtained by various investigators.

Спределение блеска переменной звезды фотоэлектрическим способом состоит в отыскании разности между внеатмосферными величинами исследуемой звезды и звезды сравнения по формуле:

$$m_{0v} - m_{0a} = m_v(z_v, t) - m_a(z_a, t) - a_a [F(z_v) - F(z_a)] - \gamma(CI_{0v} - CI_{0a}) F(z_v) \quad (I)$$

Тут m_{0v} , $m_v(z_v, t)$, CI_{0v} и z_v — внеатмосферная величина, видимая величина, внеатмосферный показатель цвета и зенитное расстояние переменной. Те же обозначения с индексом "а" относятся к звезде сравнения. Как обычно, $CI_0 = m_{0c} - m_{0ж}$ (с — синие, ж — желтые). Обозначим через a_c и $a_{ж}$ коэффициенты ослабления блеска в синих и желтых лучах и через a_{CI} коэффициент ослабления в формуле $CI_0 = CI(z) - a_{CI} F(z)$. Пусть

$$\gamma_c = \frac{da_c}{dCI_0}, \quad \gamma_{ж} = \frac{da_{ж}}{dCI_0} \quad \text{и} \quad \gamma_{CI} = \frac{da_{CI}}{dCI_0}$$

Обычно звезда сравнения выбирается почти того же цвета, что и исследуемая звезда и последним членом приведенной выше формулы (I) пренебрегают. Однако, В.Б.Никонов неоднократно указывал на необходимость учета члена $\gamma(CI_{0v} - CI_{0a}) F(z_v)$ при фотоэлектрических определениях блеска переменных, когда в процессе наблюдений существенно изменяется воздушная масса или цвета переменной и звезды сравнения различаются [1]. Особенно важно учитывать член $\gamma(CI_{0v} - CI_{0a}) F(z_v)$ при наблюдениях затменных переменных с полными затмениями в главных минимумах, когда цвет переменной систематически и существенно изменяется с фазой. В этом случае ошибка, возникающая от пренебрежения указанным членом часто приводит к искажению глубин минимумов и крутизны восходящих и нисходящих ветвей. В результате решения такие кривые блеска могут приводить к элементам значительно отличающимся от реальных. Рассмотрим гипотетическую затменную систему, у которой показатели цвета в максимуме и минимуме различаются на $1^m.0$, амплитуда неискаженной кривой блеска $1^m.5$, продолжительность полной фазы (d) в 5 раз меньше продолжительности затмения (D) (величина d/D мало влияет на окончательный результат и принимается такой лишь для возможности численно оценить его). Пусть наблюдения минимума ведутся на $z_v = 50^\circ$ и $CI_{0a} = CI_{0v}$ в максимуме блеска. Из формулы $m_0 = m - aF(z)$, связывающей внеатмосферные и видимые величины и написанной для блеска в синих и желтых лучах, легко получим, что $\gamma_{CI} = \gamma_c - \gamma_{ж}$. Причем, согласно В.Б.Никонову и другим [2,3], $\gamma_{CI} = 0.07$ и $\gamma_{ж} = 0.00$. Тогда $\gamma_c = 0.07$. В этом случае член $\gamma_c \Delta CI_0 F(z_v) = 0^m.11$, в то время как ошибка из-за учета прозрачности со средним значением коэффициента ослабления при разности зенитных расстояний переменной и звезды сравнения даже в 5° будет равна только $0^m.03$. При этом подсчете изменения a брались из статьи Н.Л.Магалашвили [4]. Следовательно для нашей гипотетической системы пренебрежение членом $\gamma_c \Delta CI_0 F(z_v)$ приводит к тому, что на наблюдаемой кривой блеска в синих лучах глубина минимума будет на $0^m.11$ меньше действительной и соответственно меньше реальных будут наклоны восходящей и нисходящей ветвей минимума. Если решение вести по способу Рессела, то последнее скажется на значениях Q_2 , Q_3 , $\Psi(k, \alpha^\circ)$ и величине k . Для неискаженной кривой по средней части ветвей минимума рассматриваемой системы на основании таблиц Цесевича [5] $k = 0.31$, а для искаженной $k = 0.41$.

Естественно, что и остальные элементы в этом случае будут существенно отличаться от реальных. Поэтому необходимо, там, где это возможно, учитывать различие цвета переменной и звезды сравнения.

В случаях, когда наблюдения ведутся в двух лучах, в распоряжении исследователя имеется $\Delta CI'_0 = \Delta m'_{oc} - \Delta m'_{ож}^*$. Найдем выражение $\Delta CI_0 = \Delta m_{oc} - \Delta m_{ож}$ через $\Delta CI'_0$. Запишем: $\Delta CI_0 = \Delta CI'_0 + \delta \Delta CI_0$. (II). Ошибка $\delta \Delta CI_0$ вызвана искажением кривых блеска переменной, так как коэффициенты ослабления определялись по наблюдениям звезды сравнения. Поэтому $\delta \Delta CI_0 = \delta m_{oc} - \delta m_{ож} = (\gamma_c - \gamma_{ж}) \Delta CI_0 F(z_v)$ (III). Подставим в правом члене формулы (II) вместо $\delta \Delta CI_0$ его выражение из формулы (III). Затем в полученном выражении вместо ΔCI_0 в последнем правом члене подставим его выражение по формуле (II) и опять вместо $\delta \Delta CI_0$ подставим его значение по формуле (III) и т.д. Тогда получим, что

$$\Delta CI_0 = \Delta CI'_0 [1 + (\gamma_c - \gamma_{ж}) F(z_v) + (\gamma_c + \gamma_{ж})^2 F^2(z_v) + \dots + (\gamma_c - \gamma_{ж})^n F^n(z_v) + \dots]$$

Практически вполне достаточно ограничиться членами до второй степени. Тогда

$$\Delta CI_0 = \Delta CI'_0 \frac{1 - (\gamma_c - \gamma_{ж})^3 F^3(z_v)}{1 - (\gamma_c - \gamma_{ж}) F(z_v)} = \Delta CI'_0 \cdot K \quad (IV)$$

В рассмотренном выше случае коэффициент $K = 1.12$. С наблюдаемым значением $\Delta CI'_0 = 0^m.89$ он приводит к $\Delta CI_0 = 0.999$ вместо предположенного $\Delta CI_0 = 1^m.00$. Зная γ_c , $\gamma_{ж}$ и $\Delta CI'_0$, можно по формуле (IV) найти коэффициент, на который следует помножить наблюдаемую $\Delta CI'_0$, чтобы перейти к ΔCI_0 , а затем к m_{oc} и $m_{ож}$. Так как поправка за разность цвета переменной и звезды сравнения пропорциональна не только ΔCI_0 , но и $F(z_v)$, то очевидно, что пренебрежение ею, может привести к ложной асимметрии кривой блеска, к ложному заключению об изменчивости формы кривой блеска в периоды быстрого изменения цвета, а также к расхождениям между результатами исследования переменной несколькими исследователями.

Литература

1. В.Б.Никонов и Е.К.Никонова, Изв. КрАО т.IX, 1952.
2. В.Б.Никонов и др., Изв. КрАО т.XVII, 1957.
3. Т.С.Белякина и П.Ф.Чугайнов, Изв. КрАО т. XXII, 1960.
4. Н.Л.Магалашвили, Бюл. Абаст. АО №15, 1953.
5. М.С.Зверев и др., "Переменные звезды", т.III, Гостехиздат, 1947.

ГАО АН УССР,
январь 1961 г.

* Штрих обозначает, что величина получена без учета различия цветов переменной и звезды сравнения с $\alpha = \alpha_0$.