

Изменения формы главных минимумов, наблюдаемые у звезд типа Алголя

С. Л. Петровский, М. Розычка

Исследовались возможные изменения формы главного минимума от периода к периоду для затменных переменных звезд. Для этого из ~200 затменных были выбраны 17 звезд. Исследовались лишь разделенные и полуразделенные системы. У нескольких систем изменения между индивидуальными минимумами имеют физическое значение: с большой вероятностью у R CMa и TX UMa; вероятно — у V346 Aql, BR Cyg и RZ Cas (рис. 1, 2, 8, 9). Точность фотоэлектрических наблюдений однако все еще является недостаточной для обеспечения правильной интерпретации эффектов.

В нескольких случаях (особенно, в некоторых минимумах RZ Cas и TV Cas) наблюдаемые отклонения объясняются ошибками наблюдений.

Variations of the Primary Minima Shape for Algol Type Stars by S. L. Piotrowski, M. Różycka

Of about 200 eclipsing binaries 17 were chosen for investigations of possible cycle-to-cycle variations of the primary minima shape. Only detached and semi-detached systems were considered. In some cases of 17 investigated, observed changes between individual minima seem to have a physical significance. These are the stars R CMa, TX UMa (Figs, 1, 2, 8 and 9) and, possibly, V346 Aql, BR Cyg and RZ Cas.

However, the accuracy of photoelectric measurements is still too low to permit meaningful interpretation of those changes.

In several cases (especially in the case of some minima of RZ Cas and TV Cas) the observed deviations of the individual light curves from the mean light curve with very high probability are due to chance, as a result of observational errors.

Введение

В статьях, касающихся затменных переменных звезд часто подчеркивались случаи изменений формы кривой блеска от периода к периоду (Фракасторо, 1972). Это явление, обычное для систем ти-

на "контакт", в системах разделенных или полуразделенных встречается довольно редко.

Целью настоящей работы было собрание по возможности обильного фотоэлектрического материала (учитывая лишь звезды типа Алголя, следовательно, разделенные и полуразделенные системы) и исследование упомянутых отклонений. Как пишет во вступлении к своему "Атласу кривых блеска" Фракасторо, "если пренебрегать этими отклонениями, мы никогда не поймем специфики двойной системы, а на практике — уничтожим информацию".

Интересно, что сравнительно мало опубликовано точных фотоэлектрических кривых блеска звезд типа Алголя. К тому же наблюдатели часто очень скудно пишут о том, каким образом проводились наблюдения и какова их точность. Авторам настоящей работы удалось собрать данные лишь для семнадцати звезд. Об аналогичных затруднениях вспоминает также Фракасторо в цитированной выше работе. Нормальные кривые, которые являются основой нашего знания о системе, получаются чаще всего из наблюдений, проводимых в течение многих ночей, но с небольшой средней частотой наблюдений. Случается, что на один период выпадает не больше, чем двадцать индивидуальных наблюдений. Естественно, такие наблюдения были для наших целей совсем бесполезны.

В период сбора материалов и их обработки оказалось, что данных хватит лишь для качественного описания явлений, но не для точного анализа. По-видимому, с таким анализом нужно еще подождать до того времени, когда развитие техники позволит увеличить точность измерений по крайней мере в несколько раз. Ибо значительная часть наблюдаемых эффектов находит наиболее вероятное объяснение в ошибках наблюдений. Типичные примеры таких эффектов указаны на рис. 4 и 6.

В исследованном материале установлено, однако, наличие эффектов, которые нельзя объяснить ошибками наблюдений. Впрочем, о них упоминают некоторые наблюдатели, на которых мы ссылаемся в таблице 1. Согласно с предлагаемыми ими гипотезами, изменение формы кривых блеска объясняется наличием "третьего тела" в системе (третья звезда, газовое облако, растянутая и неоднородная оболочка одного из компонентов системы). Однако ни один из авторов не считает свои гипотезы достаточно убедительными. В настоящее время нет никаких данных, позволяющих прийти к выводу о присутствии общего для всех разделенных и полуразделенных систем физического процесса, отвечающего за все наблюдаемые эффекты.

1. Отбор наблюдательного материала и метод исследования отклонений.

Настоящая обработка касается систем типа Алголя (обозначение "ЕА" в Общем каталоге переменных звезд). Группа индивидуальных

наблюдений данной системы считалась подходящей для исследований, если все наблюдения проводились в течение одной ночи. Группы, которые заключали менее чем 20–25 наблюдений, не принимались во внимание.

Существует очень мало систем с периодом короче одной ночи. Изменения блеска проходят у них так быстро, что все тонкие эффекты наблюдаются с большой трудностью. Из-за этого ясно, что идею исследования целых периодов путем сравнения индивидуальных кривых со средними кривыми надо было отбросить и удовлетвориться исследованием отрезков периода. Стремясь к однородности исследований, решено было выбрать конкретный отрезок цикла, общий для всех исследуемых систем. Рассчитывая на то, что наблюдателям предпочтительными могут показаться главные минимумы, именно их решено было исследовать.

Во время поисков опубликованных наблюдений, была использована прежде всего библиография, помещенная в упомянутом вступлении к Атласу кривых блеска (Фракасторо, 1972). Автор этой работы стремился однако к несколько иной цели и при комплектовании данных использовал другие критерии. Поэтому совсем независимо были просмотрены доступные наблюдения для почти двухсот систем типа Алголя. Предварительная селекция свела эту пробу к примерно двадцати системам. Семь из них подходили для наших исследований; оказалось, что у Фракасторо есть полная библиография для них. Поэтому было решено, что у Фракасторо охват материала достаточно полный. В итоге было избрано семнадцать систем. Среди них четыре являлись полуразделенными, шесть классифицировано неоднозначно, все остальные системы — разделенные.

Средняя форма главного минимума любой системы была аппроксимирована методом наименьших квадратов ортогональными полиномами по всем индивидуальным наблюдениям, или по нормальным точкам, если только они были даны автором наблюдений. В частности, если в таблице 1 в столбце "число исследованных минимумов" стоит число 1, это означает, что средняя кривая несомненно проводилась через нормальные точки, опубликованные независимо от индивидуальных наблюдений данного минимума.

Программа позволяла следить за процессом аппроксимации. Степени аппроксимирующих полиномов колебались от 9-й до 20-й при количестве точек, по крайней мере, в два раза большем. Получаемые кривые были симметричными для большинства звезд (таблица 1). Несомненная асимметрия проявилась только в случаях, описанных уже авторами наблюдений (например, в случае V346 Aq1).

Для любого наблюдения данного минимума программа давала значения

$$\Delta m / \phi = m_{H/\phi} - m_{C/\phi} \quad (1)$$

где $\Delta m/\phi$ обозначает отклонение блеска, измеренного в данном минимуме в фазе ϕ от среднего блеска в той же фазе. Слово "минимум" используется для обозначения не только экстремума блеска, но также для целого отрезка кривой блеска, соответствующего затмению.

После этого программа печатала диаграммы отклонений Δm в шкале звездных величин и в шкале интенсивности, в функции фазы. Ввиду большого разброса индивидуальных наблюдений никакие статистические тесты не были проведены. Учтена была лишь возможность лучшей подгонки средней кривой к наблюдениям данного минимума путем перемещения ее по фазе на $\Delta\phi$. $\Delta\phi$ вычислялось из условия, чтобы выражение

$$\sum_{\phi} (m_{H/\phi} - m_{S/\phi - \Delta\phi})^2 \quad (2)$$

было минимальным ($\sum$ обозначает сумму по данной группе наблюдений). Получаемые значения $\Delta\phi$ были очень малы, порядка 0,0005. Перемещение средней кривой вдоль оси фаз на столь небольшой отрезок не вызывало существенных изменений в картине отклонений.

Результаты.

Все приведенные в этой главе графики представляют в функции фазы отклонения блеска, измеренного в индивидуальном минимуме, от среднего блеска системы. Нулевая точка на оси времени (или фазы) отвечает моменту минимума блеска системы.

Таблица 1

Замеченные эффекты				
Звезда	Число минимумов	Средняя кривая	Обнаружено; замечания	Ссылка
V346 Aql	3	несимметр.	В двух минимумах довольно вероятные волнообразные изменения отклонений. Период этих изменений — 0 ^d .04 (0.2 времени продолжительности минимума). Затруднения в подгонке средней кривой.	6.
RX Ari	4	симметр.	Никаких эффектов не обнаружено. Очень точные наблюдения: ошибка одного наблюдения 0 ^m .008.	4
WW Aur	5	симметр.	Сомнительные волнообразные изменения отклонений с фазой в двух минимумах, с периодом 0 ^d .06 (0.4 времени продолжительности минимума). Сравнительно большие ошибки наблюдений связаны с неблагоприятными атмосферными условиями. Затруднения с новой техникой наблюдений. Наблюдения немногочисленны.	11

Таблица 1
(продолжение)

Звезда	Число минимумов	Средняя кривая	Обнаружено; замечания	Ссылка
WY Cnc	4	несимметр.	Никаких эффектов не обнаружено. Неожиданно большая максимальная ошибка ($0.^m1$) при средней ошибке наблюдений $0.^m015$.	2
R CMa	5	симметр.	Статистически несомненные колебания ширины минимумов. В одном из минимумов внезапное поярчание (рис. 1, 2)	12, 13
RZ Cas	9	симметр.	Поярчания и характерные разрывы (рис. 3, 4). Несомненно изменение глубины в одном из минимумов.	11
TV Cas	4	симметр.	Разрывы кривой блеска как у RZ Cas (рис. 6). Статистический вес наблюдаемого в одном из минимумов потемнения уменьшен из-за отсутствия наблюдений в первой половине минимума. (рис. 7).	11
EK Cep	1	симметр.	Никаких эффектов не обнаружено.	8
CW Cep	2	симметр.	Никаких эффектов не обнаружено.	1
RS Cha	4	симметр.	В двух минимумах изменения глубины немного больше ошибок наблюдений.	3
BR Cyg	2	симметр.	Форма одного из минимумов отличается от средней (углубление и одновременное расширение). Статистический эффект сомнителен ввиду больших ошибок наблюдений.	17
V463 Cyg	4	симметр.	Реальность отклонений сомнительна (отклонения лишь незначительно превышают ошибки наблюдений). Точность наблюдений небольшая.	10
V477 Cyg	4	симметр.	Никаких эффектов не обнаружено.	16
HS Her	2	симметр.	Никаких эффектов не обнаружено. Наблюдалась лишь центры минимумов.	18
UV Leo	3	симметр.	Никаких эффектов не обнаружено. Наблюдения точные, как у RX Ari.	5
TX UMa	2	симметр.	Очень вероятны колебания ширины и глубины минимумов (рис. 8, 9).	14
W UMi	1	симметр.	Никаких эффектов не обнаружено.	7

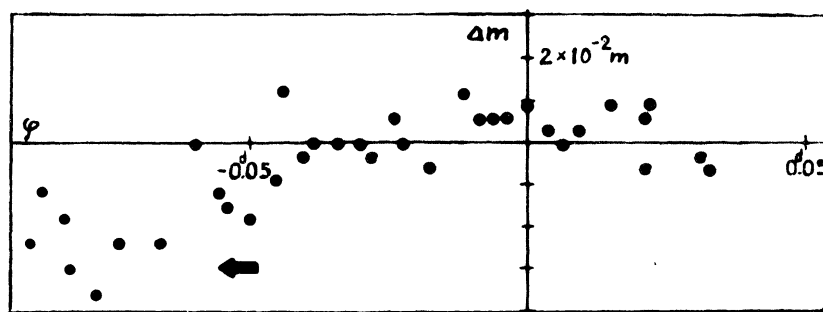


Рис. 1. R CMa, J.D. 2436945. Наблюдения Кнipe, 1963. Преимущество отрицательных значений Δm в месте, обозначенном стрелкой, показывает, что данный минимум шире среднего.

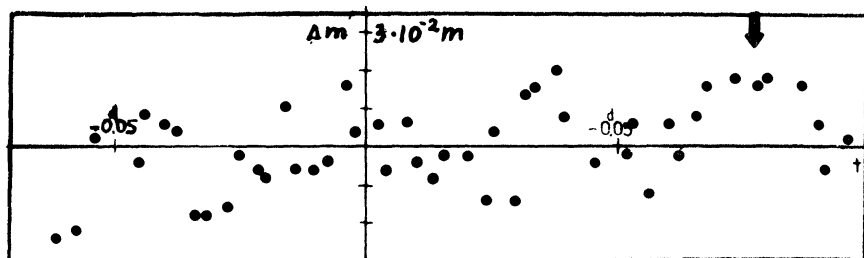


Рис. 2. R CMa, J.D. 2437035. Наблюдения Кнipe, 1963. Стрелка показывает место внезапного поярчания в одном из минимумов.

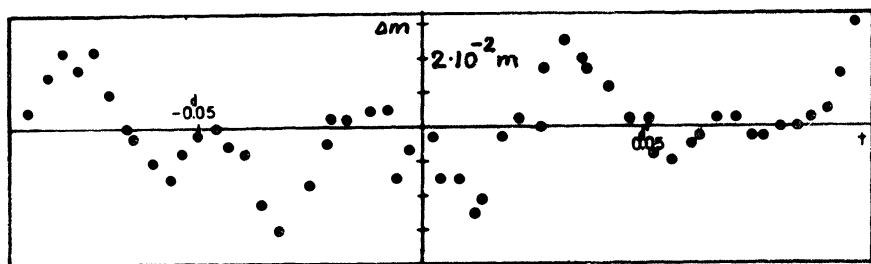


Рис. 3. RZ Cas, J.D. 2432452. Наблюдения Huffer, Корал, 1951. Наиболее четкие из наблюдаемых эффектов, отмеченных в табл. 1.

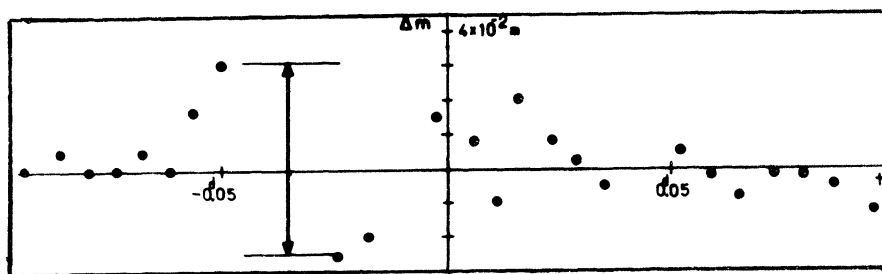


Рис. 4. RZ Cas, J.D. 2430322. Наблюдения: Huffer, Корал, 1951. Разрыв кривой блеска является вероятнее всего следствием ошибок наблюдений или редукиции.

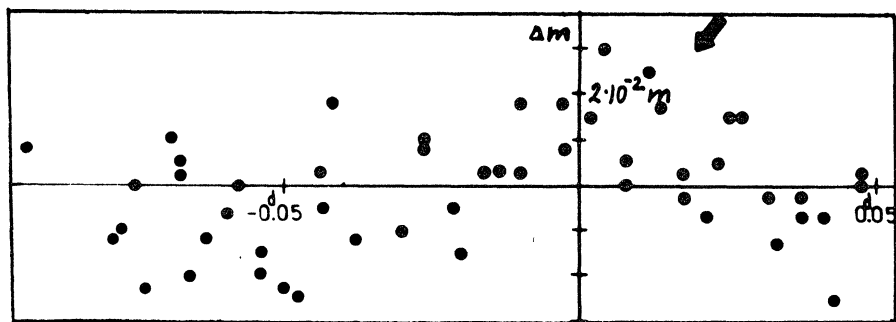


Рис. 5. RZ Cas, J.D. 2433157. Наблюдения Huffer, Корп, 1951. Преимущество положительных отклонений Δm в месте, обозначенном стрелкой, показывает, что глубина данного минимума меньше средней.

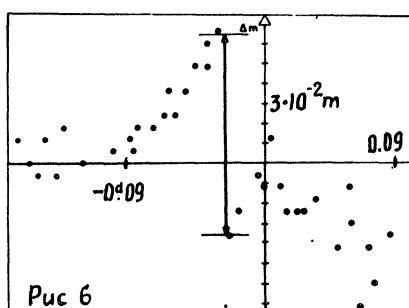


Рис 6

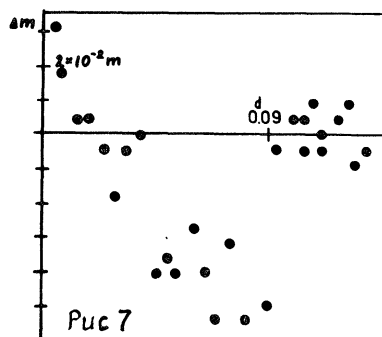


Рис 7

Рис. 6. TV Cas, J.D. 2433184. Наблюдения Huffer, Корп, 1951. Наиболее четкий из наблюдаемых эффектов, отмеченных в табл. 1, — разрыв кривой блеска. Причиной возникновения разрыва являются вероятнее всего ошибки наблюдений и редукации.

Рис. 7. TV Cas, J.D. 2433264. Наблюдения Huffer, Корп, 1951. Нет наблюдений первой половины минимума. Отмеченное на рисунке ослабление блеска теряет в этих обстоятельствах свой статистический вес.

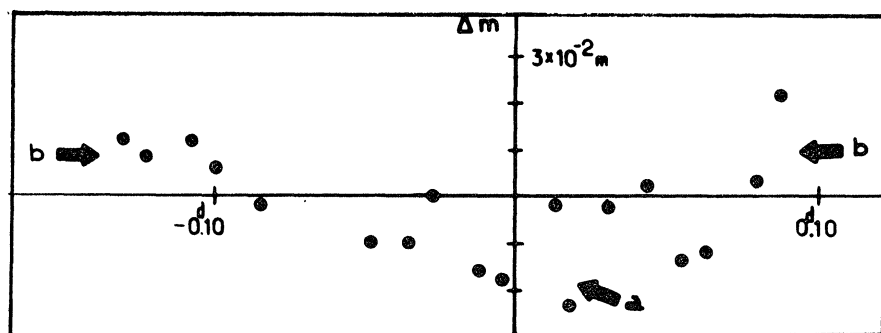


Рис. 8. TX UMa, J.D. 2435541. Наблюдения Koch, 1961. Стрелка "а": преимущество отрицательных отклонений Δm показывает, что данный минимум глубже среднего. Стрелки "б": преимущество положительных отклонений Δm на крыльях показывает, что данный минимум шире среднего.

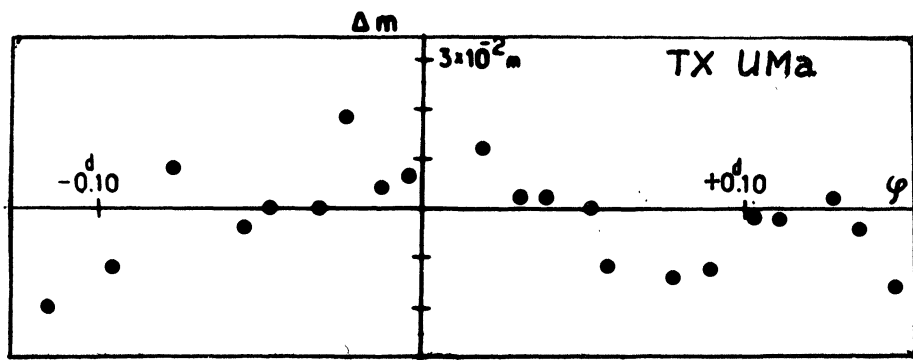


Рис.9. TX UMa, J.D. 2435584. Наблюдения Косх, 1961. Эффекты похожие на показанные на рис.8, но данный минимум менее глубокий и более узкий, чем средний.

Таблица 2

Характеристики исследуемых двойных систем

Система	Классификация	Спектры	Компон.	Замечания
V346 Aql	Полуразд.	A0	G	Третье тело в системе. Вторичный компонент заполняет поверхность Роша.
RX Ari	Разд.	F5 – F8	K5	Почти одинаковые компоненты.
WW Aur	Разд.			
WY Cnc	Разд.			
R CMa	Полуразд.	F1 V		
RZ Cas	Полуразд?			Уже наблюдались изменения формы кривой блеска и кривой радиальных скоростей. После главного минимума особенности кривой, характерные лишь для R CMa. Период меняется.
TV Cas	Полуразд?			
EK Cep	Разд.			
CW Cep	Разд.			
RS Cha	Разд?			
BR Cyg	Полуразд?	B9	A6	
V477 Cyg	Разд.			Затмение полное в лучах В, в V – частное. Третье тело в системе.
V463 Cyg		A0	F1	
HS Her	Разд.			Период меняется. Третье тело в системе. Форма минимумов не является типичной: узкий центр и широкие крылья. Особенности формы вторичного минимума. Третье тело в системе.

Таблица 2
(продолжение)

Система	Классификация	Спектры	Компон.	Замечания.
UV Leo	Разд.			Почти одинаковые компоненты.
TX UMa	Полуразд.	B8	G0	Компонент G0 заполняет поверхность Роша. Часть главного минимума — это покрытие компонента B8 атмосферой G0.
W UMi	Полуразд.	A3	K0	K0 заполняет поверхность Роша. Система, вероятно, после обмена массы.

Заключение.

В минимумах блеска переменных звезд типа Алголя были найдены отклонения блеска, которые нельзя объяснить ошибками наблюдений. Они обнаружены несомненно лишь у полуразделенных систем (R CMa, TX UMa, вероятно V346 Aq1, BR Cyg и RZ Cas). Процессы, которые в таких системах проходят, столь сложны, что любая попытка объяснить отклонения путем изменения параметров системы, кажется чрезмерным упрощением проблемы. Ввиду ничтожности отклонений и искажения их ошибками наблюдений предложение какой-то модели в настоящее время невозможно. Надо для этого значительно увеличить точность наблюдений.

В нескольких случаях (прежде всего, в некоторых минимумах RZ Cas и TV Cas) наблюдались изменения блеска, возникшие вероятнее всего в результате ошибок наблюдений или редукции. Простейшим объяснением возникновения тех разрывов на кривой блеска, которые видны на рис. 4 и 6, являются слишком редкие наблюдения звезды сравнения при неустойчивой фотометрической системе.

Авторы пользуются возможностью выразить благодарность доктору С. Рущинскому за консультации и за обсуждение результатов работы.

Литература:

1. Abram A. and Cester B., 1960, Publ Trieste №300.
2. Chambliss C.R., 1965, AJ 70, 741.
3. Chambliss C.R., 1967, AJ 72, 518.
4. McCluskey G.E., 1966a, AJ 71, 527.
5. McCluskey G.E., 1966b, AJ 71, 536.
6. Cristaldi S., Walter K., 1963, AN 287, 207.
7. Devinney E.J., Hall D.S., David H.W., 1970, PASP 82, 10.
8. Ebbinghausen E., 1966, AJ 71, 642.
9. Fracastoro M., 1972, An Atlas of Light Curves of Eclipsing Binaries.
10. Hall D.S., Hubbard G.S., 1971, PASP 83, 459.
11. Huffer C.M., Kopal Z., 1951, ApJ 114, 297.

12. Knipe G.F., 1963, Rep. Johannesburg Circ. 7, 122.
13. Koch R.H., 1960, AJ 65, 326.
14. Koch R.H., 1961, AJ 66, 230.
15. Кукаркин Б.В. и др., 1969, ОКПЗ.
16. Rodono M., 1967, Catania Publ № 98.
17. Wehinger P.A., 1968, AJ 73, 159.
18. Vetesnik M., 1968, ВАС 19, 123.

Институт Астрономии Польской Академии Наук,
Варшавский Университет

*Поступила в редакцию
в августе 1973 г.*