

UBV-фотометрия затменно-двойной звезды
типа Вольфа-Райе V444 Лебеда

Х.Ф. Халиуллин

В фотометрической системе UBV в течение 41 наблюдательной ночи получено по 490 фотоэлектрических ($\sigma = 0^m.007 - 0^m.008$) измерений блеска V444 Cyg в каждом фильтре. Приведена таблица индивидуальных измерений.

Кривые блеска в разных лучах показывают следующие различия: 1. Вторичный минимум в фильтре V глубже на $0^m.015 - 0^m.020$ и несколько шире, чем в B и U. 2. Главный минимум уже в фильтре V, чем в фильтрах B и U, а в фильтре U глубже на $0^m.02$, чем в V и B. Эффекты близости компонент двойной одинаково проявляются в кривых блеска во всех фильтрах.

Показано, что причиной противоречивых выводов разных авторов относительно формы и ширины вторичного минимума является физическая переменность звезды. Флуктуации блеска в разных лучах хорошо коррелируют друг с другом. Амплитуды флуктуаций во всех UBV фильтрах примерно одинаковы (различия не более 10–15%).

Приводится аргумент в пользу возможности вековых изменений структуры оболочки WR-компоненты этой двойной звезды.

The UBV-Photometry of the Wolf-Rayet Eclipsing Binary V444 Cyg

By Kh. F. Khaliullin

During 41 nights 490 photoelectric measurements ($\sigma = 0^m.007 - 0^m.008$) of V444 Cyg in each filter of UBV system have been obtained. All the individual observations are given.

The light curves show the next features in different filters: 1. The secondary minimum is deeper in V (the difference is about $0^m.015 - 0^m.020$) and slightly broader than in B and U. 2. Primary minimum is deeper about $0^m.02$ in U than in B and V. 3. The reflecting effects are the same in all filters.

It is shown that the discrepancy in the form and width of the secondary minimum is due to the physical variability of the star. There is the correlation between the random variations of the brightness of V444 Cyg in different filters. The amplitudes of these variations are approximately equal in all UBV filters (the difference is not more than 10–15 per cent).

The possibility of the secular variations in the structure of the shell of the WR-component of this binary is suggested.

Двойная звезда типа Вольфа-Райе V444 Cyg (WN 5.5+O6) была открыта как спектрально-двойная Вилсоном (1939). Гапошкин (1941) обнаружил затменную переменность и построил фотографическую кривую блеска этой двойной системы.

Широкополосные фотозлектрические кривые блеска V444 Cyg получили Крон и Гордон (1943; 1950), Хилтнер (1949), Черепашук (1965; 1969) и Гусейнзаде (1965). Узкополосные наблюдения проведены Черепашуком (1969), Кухи (1968), Черепашуком и Халиуллиным (1972а).

До последнего времени анализ кривых блеска этой звезды с целью определения фотометрических элементов проводился на основе данных широкополосной фотометрии. Однако, из-за значительного вклада эмиссионных линий в интегральный поток излучения от звезд Вольфа-Райе (WR), интерпретация широкополосных наблюдений этих звезд встречается с известными затруднениями (Черепашук, Халиуллин, 1973). На принципиальную неприемлемость результатов широкополосной фотометрии для определения элементов затменных звезд WR впервые обратил внимание Черепашук (1967). Им предложен новый метод интерпретации кривых блеска затменных систем с протяженными атмосферами (Черепашук, 1971). Применение этого метода к узкополосным ($\Delta\lambda \sim 100 \text{ \AA}$) кривым блеска V444 Cyg в континууме позволило определить как геометрические параметры этой двойной звезды (Черепашук, 1972), так и структуру протяженной атмосферы WR-компоненты (Черепашук, Халиуллин, 1972б).

Тем не менее, для решения целого ряда задач, в частности, исследования изменений периода и анализа некоторых аспектов физической переменности V444 Cyg, вполне достаточны широкополосные наблюдения. Отметим, что исследование вопроса постоянства или изменяемости периодов тесных двойных систем представляет значительный интерес, поскольку возможные при эволюции таких систем процессы обмена масс и выброса вещества должны сопровождаться изменением периода обращения компонент, и поэтому наблюдаемое поведение периода может в некоторых случаях явиться критерием справедливости тех или иных теоретических выводов об эволюционном состоянии данной звезды. Уже хотя бы только поэтому представляется весьма желательным наряду с узкополосными продолжение более легкодоступных широкополос-

ных фотоэлектрических наблюдений тесной двойной V444 Cyg, начатых в 1940 г. Кроном и Гордон. Кроме того, сравнение узкополосных и широкополосных кривых блеска затменных систем WR может дать дополнительную информацию о физических условиях в оболочках звезд WR. Необходимость данной работы была продиктована также некоторыми противоречивыми результатами предшествующих исследований.

Наблюдения выполнены на 61-см рефлекторе "Цейсс" Крымской станции ГАИШ в июне–октябре 1970 г. Был использован электрофотометр Лютого (1967), работающий в режиме счета фотонов и с дистанционным переключением фильтров. В фотометре осуществлена цветовая система ubv , близкая к UVB Джонсона и Моргана. Коэффициенты трансформации следующие (Лютый, 1971):

$$\begin{aligned}\Delta V &= \Delta v - 0.048 \Delta (b-v) \\ \Delta (B-V) &= 0.991 \Delta (b-v) \\ \Delta (U-B) &= 0.997 \Delta (u-b)\end{aligned}\tag{1}$$

В качестве звезды сравнения служила HD 193514 ($7^{\text{m}}.5$ pg; Sp O8k), в качестве контрольной — HD 193595 ($9^{\text{m}}.0$ pg; Sp B). Метод наблюдений состоял в попеременных измерениях количества квантов от звезды сравнения s и исследуемой звезды v по схеме: фон $\rightarrow s_v s_b s_u \rightarrow v_v v_b v_u \rightarrow s_v s_b s_u \rightarrow$ и т.д. После серии из двух–четырёх измерений V444 Cyg проводилось измерение контрольной звезды во всех фильтрах по такой же схеме. Время накопления в каждом фильтре составляло 20 сек.

В течение 41 ночи было получено по 490 измерений блеска V444 Cyg в каждом из фильтров и по 125 измерений контрольной звезды. Среднеквадратическое отклонение σ индивидуальных измерений блеска контрольной звезды от среднего арифметического составляет $0^{\text{m}}.0069$, $0^{\text{m}}.0072$, $0^{\text{m}}.0080$ для фильтров v , b , u соответственно. Среднеквадратическая погрешность измерения показателей цвета $\Delta (b-v)$ и $\Delta (u-v)$ для контрольной звезды составляет $0^{\text{m}}.0092$ и $0^{\text{m}}.0094$ соответственно. Эти значения отражают, очевидно, и точность измерений исследуемой звезды, поскольку как звездные величины, так и показатели цвета V444 Cyg и контрольной звезды близки между собой. Среднее из 125 измерений отношение потока излучения от контрольной звезды к потоку от звезды сравнения составляет 0.302; 0.326 и 0.347 для v , b и u соответственно.

Индивидуальные измерения блеска V444 Cyg, исправленные за дифференциальную атмосферную экстинкцию и переведенные в систему UVB согласно соотношениям (1), представлены в таблице 1. В первом столбце даны гелиоцентрические юлианские дни $J.D._{\odot}$ наблюдений в фильтре В. Чтобы получить моменты наблюдений в фильтре V, необходимо из табличных значений $J.D._{\odot}$ отнять $0^{\text{d}}.00026 - 23^{\text{h}}$, а в фильтре u — прибавить такую же величину. Во втором, в третьем и четвертом

столбцах таблицы — отношения интенсивности излучения от V444 Суг (I_v) к интенсивности излучения от звезды сравнения (I_c) в фильтрах V, B и U соответственно.

На рис. 1 приведена кривая блеска V444 Суг в фильтре V, построенная согласно данным табл. 1. За единицу интенсивности принята средняя интенсивность в фазе $\sim \pi/2$, равная 0.621 в долях интенсивности излучения от звезды сравнения. Выше на этом же рисунке — зависимости показателей цвета $\Delta(B-V)$ и $\Delta(U-V)$ от фазы. Внизу для сравнения показаны отклонения измеренных значений блеска контрольной звезды от среднего значения в фильтре V. Каждая точка на рисунке включает 2–4 индивидуальных измерения одной ночи. Фазы наблюдений вычислены согласно элементам, улучшенным в настоящей работе:

$$\text{Min } I \text{ J.D.}_{\odot} = 2441164.337 + 4^d 212435 \cdot E \quad (2)$$

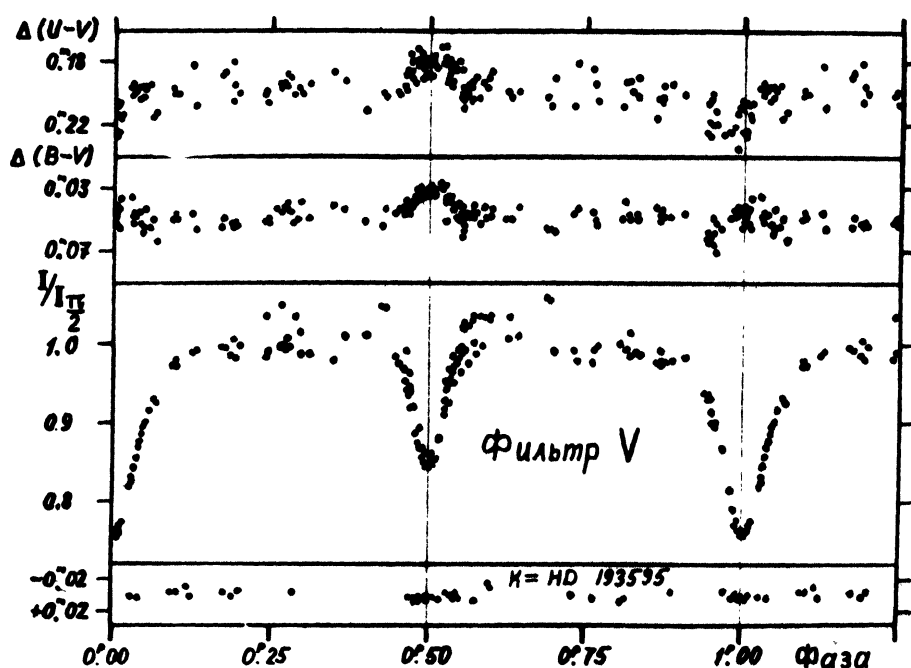


Рис. 1. Кривые блеска V444 Суг в фильтрах UVB. Внизу нанесены отклонения блеска контрольной звезды от среднего значения. Каждая точка на рисунке объединяет 2–4 измерения одной ночи.

начальная эпоха была определена из наших наблюдений методом хорд Погсона. Для вычисления периода полученная нами этим методом эпоха была сопоставлена с моментом главного минимума, данным в работе Крона и Гордон (1950).

На рис. 2 представлена та же кривая блеска V444 Суг в фильтре V в увеличенном масштабе вблизи вторичного минимума. Нанесены прямые и отраженные относительно $\theta = 180^\circ$ точки. Наблюдения одной ночи

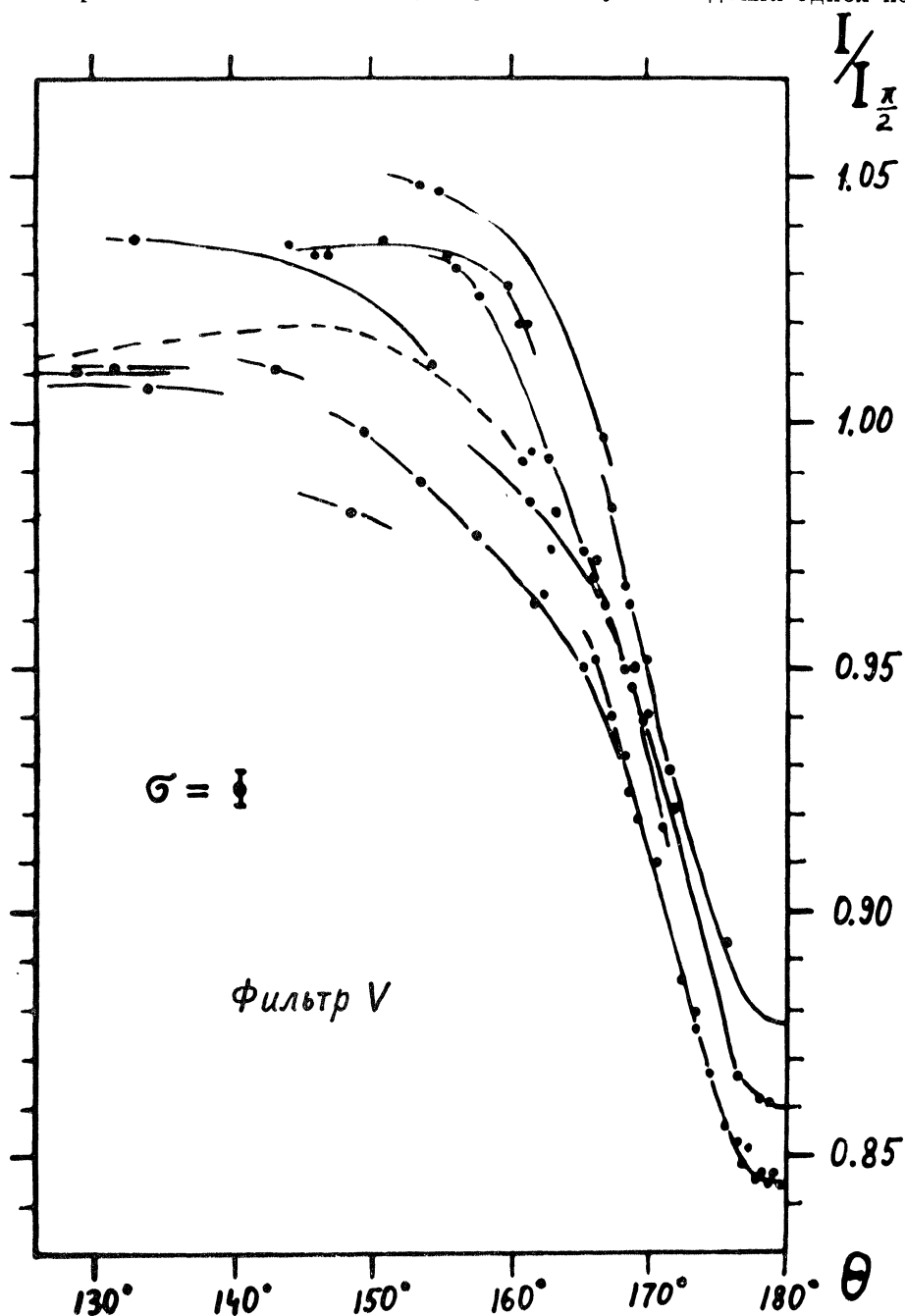


Рис. 2. Кривая блеска V444 Суг в фильтре V в окрестности вторичного минимума. Нанесены прямые и отраженные точки. Каждая точка — среднее из 2—4 измерений. Наблюдения одной ночи соединены линией.

соединены линиями. Из рисунка очевидна причина противоречивых выводов разных авторов относительно форм и ширины минимумов: кривые блеска, построенные в разные ночи, различаются не только в общем блеске звезды в данной фазе, но и в формах затмений. Это может быть вызвано, во-первых, перераспределением яркости по диску затмеваемой звезды от одной эпохи к другой и, во-вторых, случайными внутренними изменениями блеска звезды в течение нескольких часов наблюдений. Вторая причина кажется более вероятной, так как наблюдения в квадратурах показывают, что V444 Cyg действительно подвержена случайным изменениям блеска до $0^m.1$ с характерным временем порядка нескольких часов (Кухи, 1968; Черепашук, Халиуллин, 1973). В связи с этим заметим, что при построении средних кривых блеска V444 Cyg Крон и Гордон (1950) вводили поправки в фазы наблюдений некоторых ночей, считая, что различия индивидуальных кривых, построенных в разные эпохи, вызваны случайными отклонениями "центра тяжести" фотометрического диска WR-компоненты. Однако из рис. 2 мы видим, что обсуждаемые различия обусловлены скорее всего разными смещениями кривых по оси интенсивностей из-за физической переменности блеска звезды, но не смещениями по оси фаз. Поэтому как вывод о случайных отклонениях "центра тяжести" фотометрического диска WR, так и использованная Кроном и Гордоном процедура обработки наблюдений представляются необоснованными.

Вернемся к рис. 1. Видно, что несмотря на значительную физическую переменность блеска V444 Cyg (до $0^m.06$ для этих наблюдений) показатели цвета при флуктуациях блеска изменяются незначительно ($\sim 0^m.01$). Поэтому дифференциальные различия между кривыми блеска в разных лучах определяются с большей точностью, чем сама кривая в каком-либо фильтре. Это позволяет уверенно констатировать следующее: 1. Вторичный минимум в фильтре V глубже на $0^m.015-0^m.020$ и несколько шире (по половинной интенсивности), чем в B и U. 2. Главный минимум несколько уже в фильтре V, чем в фильтрах B и U (это различие образуется, в основном, за счет нисходящей ветви минимума). 3. Главный минимум в фильтре U глубже на $0^m.02$, чем в V и B. 4. Эффекты близости компонент двойной одинаково проявляются в кривых блеска во всех фильтрах.

Основной вывод из этих данных заключается в том, что дифференциальные различия между кривыми в разных широкополосных ($\Delta\lambda \sim 1000 \text{ \AA}$) фильтрах имеют, в общем, такой же ход с $\lambda_{эфф}$, что и при узкополосных наблюдениях (Черепашук, Халиуллин, 1973) этой звезды в континууме.

С целью сравнения с результатами узкополосных наблюдений нами проведен анализ зависимости амплитуды флуктуаций блеска

V444 Cyg от $\lambda_{эфф}$ использованных широкополосных фильтров. В работе (Черепащук, Халиуллин, 1973) нами было отмечено, что амплитуда флуктуаций блеска этой звезды в континууме, по-видимому, несколько растёт с длиной волны (30% от $\lambda 4244 \text{ \AA}$ до $\lambda 7512 \text{ \AA}$), и флуктуации в разных участках спектра хорошо коррелируют между собой. В то же время, Гусейнзаде (1965) из данных UBV фотометрии V444 Cyg приходит к заключению, что флуктуации блеска в фильтрах U, B и V не коррелируют между собой, и амплитуда флуктуаций в желтых лучах (фильтр V) меньше, чем в синих (B), откуда делается далеко идущий вывод, что "изменения интенсивности линий происходят независимо от изменений в непрерывном спектре". Однако Гусейнзаде не приводит оценку точности своих наблюдений, и эти выводы, следовательно, ничем не гарантированы. Из-за плохого выбора звезды сравнения (A0), сильно отличающейся по цвету от V444 Cyg, и, возможно, других причин, точность наблюдений этого автора (по нашей оценке) не выше $0.^m025$ для индивидуальных измерений блеска, и $\sim 0.^m035$ для показателей цвета, что совершенно недостаточно для подобных выводов. Кроме того, в этой же работе делается ложное заключение, что "блеск системы (V444 Cyg) ослабел в 1964 г. на $0.^m4$ и на $0.^m3$ по сравнению с 1941–42 и 1947 гг.". (не учтен тот факт, что наблюдения Крона и Гордон выполнены с использованием ослабителя излучения при измерениях блеска звезды сравнения).

На рис. 3 приведена зависимость между флуктуациями блеска V444 Cyg в различных фильтрах согласно нашим наблюдениям. Для построения этой зависимости были выбраны наблюдения в квадратурах, выполненные в ночи с наилучшими атмосферными условиями. Каждая точка объединяет 2–4 индивидуальных измерения одной ночи. Амплитуда флуктуаций (в Δm) определялась во всех фильтрах как отклонение измеренных значений блеска от одной и той же сглаженной средней кривой в $\lambda_{эфф} \approx 4500 \text{ \AA}$. Это обусловлено тем, что поведение кривых блеска в квадратурах, как следует из нашего рис. 1, не зависит от используемого фильтра.

Из рис. 3 можно сделать вывод, что флуктуации блеска в разных фильтрах хорошо коррелируют друг с другом: отклонения точек от проведенных на рисунке прямых лежат в пределах ошибок наблюдений. При этом наклоны прямых ($\approx 45^\circ$) указывают, что амплитуда флуктуаций примерно одинакова во всех фильтрах (имеется небольшое указание, что в фильтре V амплитуда на $\sim 5\%$ и $\sim 10\%$ больше, чем соответственно в B и U, однако этот эффект лежит на пределе ошибок). Таким образом, результаты нашего анализа флуктуации качественно, а в пределах точности наблюдений и количественно, не отличаются от данных узкополосной фотометрии.

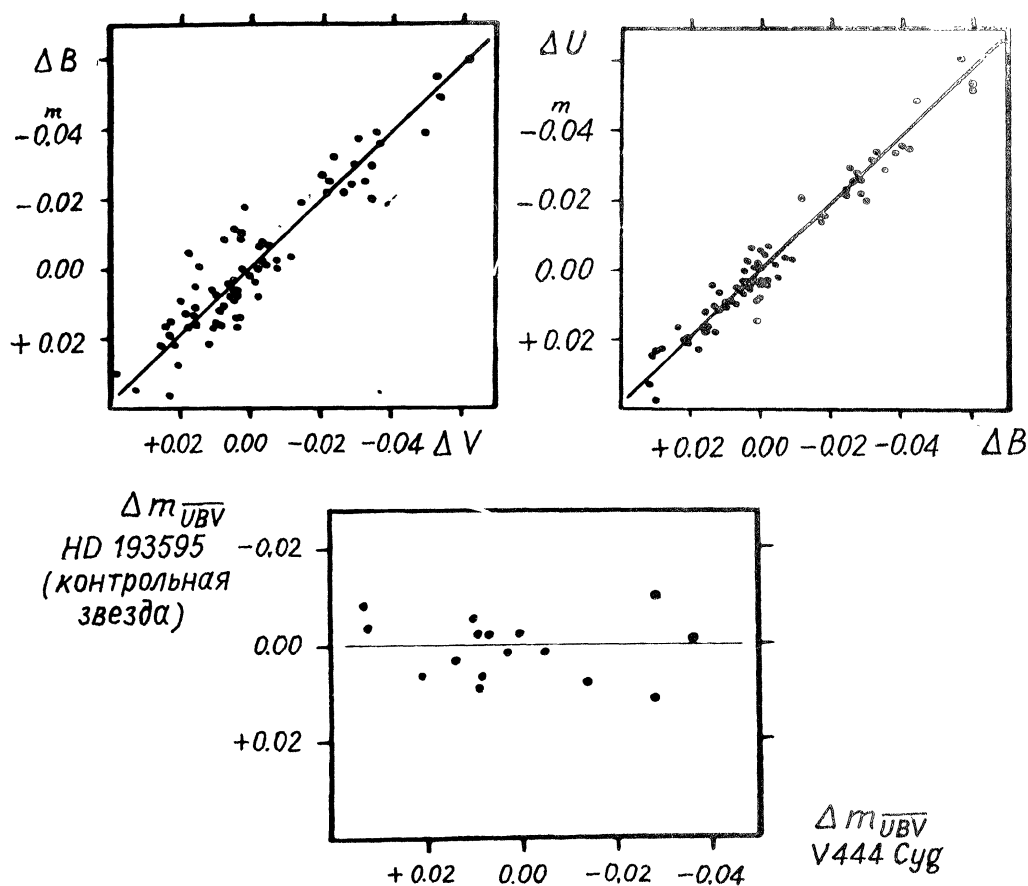


Рис. 3. Зависимости между флуктуациями блеска V444 Cyg в различных фильтрах, а также между флуктуациями блеска V444 Cyg и контрольной звезды.

Далее нам хотелось бы остановиться на методе построения средних кривых блеска. В случае, подобном V444 Cyg, когда, кроме случайных ошибок измерений с дисперсией σ_1^2 , наблюдаемые величины блеска отягощены флуктуациями блеска звезды от ночи к ночи, принципиально важным является вопрос о способе усреднения наблюдений. Если постулировать, что эти флуктуации подчиняются нормальному закону распределения случайных величин с дисперсией σ_2^2 , то среднему арифметическому за ночь значению блеска звезды в данной фазе следует, очевидно, приписать вес:

$$P_n \propto \frac{n}{\sigma_1^2 + n\sigma_2^2}, \quad (3)$$

где n — число равновесных измерений в данную ночь, вошедших в нормальную точку средней кривой. Это выражение для веса непосредственно следует из формулы дисперсии суммы двух независимых случайных величин: $\sigma_n^2 = \sigma_2^2 + \sigma_1^2/n$, с учетом, что $P_n \propto \sigma_n^{-2}$. В таком

случае, если в нормальную точку кривой блеска входят наблюдения нескольких ночей, наиболее вероятное значение блеска звезды в данном интервале фаз и, соответственно, средняя фаза для этих наблюдений будут определяться средними весовыми (веса по формуле (3)) из средних арифметических за отдельные ночи. Ошибки средних весовых определяются при этом из соответствующих формул теории ошибок. Такой метод усреднения мы будем называть в дальнейшем "усреднением по группам", в отличие от обычно применяемого метода усреднения по индивидуальным точкам. Поскольку величина σ_2 может определяться не только действительными изменениями блеска, но также разнообразными систематическими (для данной группы или ночи) ошибками, обыч-

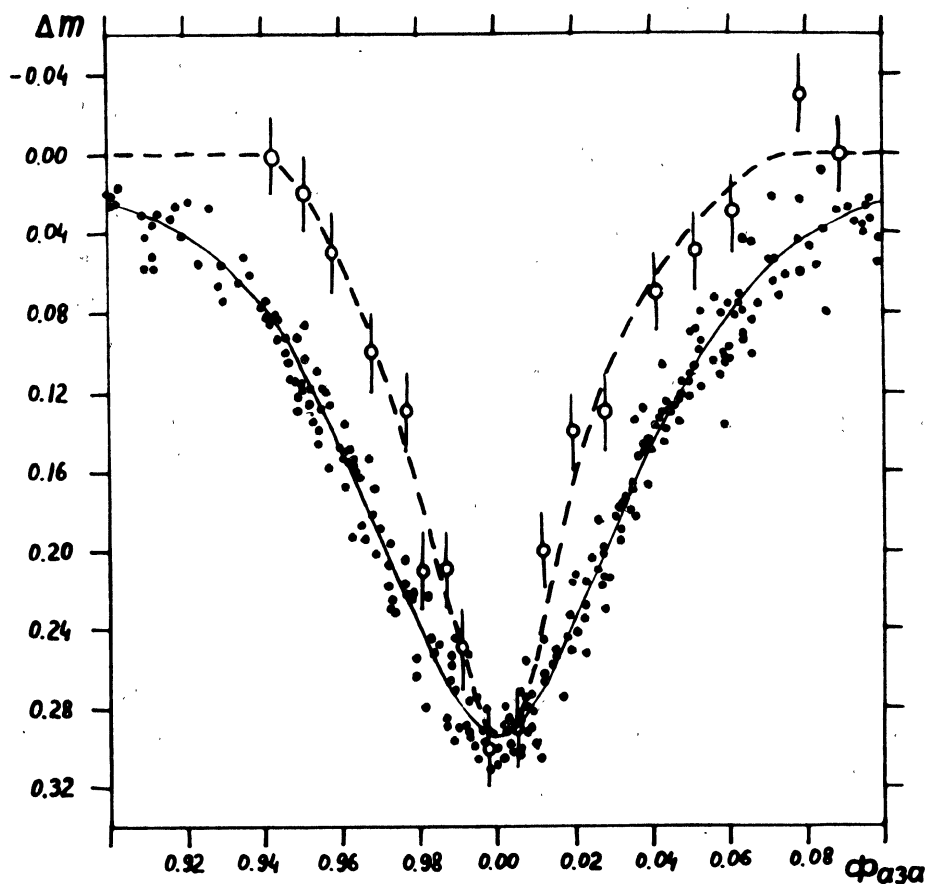


Рис. 4. Главный минимум V444 Cyg. Точки — фотоэлектрические наблюдения в $\lambda \sim 4500 \text{ \AA}$ разных авторов, кружки — фотографическая кривая блеска, построенная Гапошкиным.

но всегда сопутствующими наблюдениям, именно метод "усреднения по группам", является, по-видимому, единственно приемлемым при обработке наблюдательных и экспериментальных данных, которые, даже будучи внутренне равноточными, получены с перерывом во времени (другие условия) или на разных инструментах.

Результаты анализа всех фотометрических работ по V444 Суг и, в частности, сводные кривые блеска, построенные методом усреднения по группам, будут даны в следующей статье (в Бюллетене "Переменные звезды"). Исследование периода этой звезды проведено нами в работе Халиуллина (1973).

В заключение приводим рис. 4, который иллюстрирует возможные вековые изменения кривой блеска V444 Суг. На этом рисунке нанесены фотографическая кривая блеска, построенная Гапошкиным (1941) (средняя эпоха ~ 1920 г.), и фотоэлектрические наблюдения: $\lambda_{эфф} \sim 4500 \text{ \AA}$ разных авторов, включая и наши. Все наблюдения пронормализованы к $\Delta m = 0.00$ в фазе $\sim \pi/2$. Средняя эпоха фотоэлектрических наблюдений ~ 1960 г.; каждая точка включает 2–6 измерений одной ночи. Как видим, ширина по половинной интенсивности $Min I$ фотографической кривой почти в два (1.7) раза меньше, чем ширина, получаемая из современных фотоэлектрических наблюдений, в то время как глубины минимумов в обоих случаях практически совпадают. По-видимому, это связано с изменениями в структуре оболочки WR-компоненты этой двойной, хотя за последние 30 лет с начала фотоэлектрических наблюдений кривые блеска V444 Суг не показывают таких изменений.

Автор благодарен В.М. Лютому и всем сотрудникам Крымской станции ГАИШ за помощь в наблюдениях.

Таблица 1

J.D. _☉ 2441...	V	B	U	J.D. 2441...	V	B	U
1	2	3	4	1	2	3	4
118.4145	0.594	0.568	0.499	164.2926	0.476	0.452	0.394
.4201	.592	.564	.501	.2961	.474	.456	.389
.4263	.589	.561	.499	.2995	.475	.455	.395
132.3666	.604	.571	.499	.3030	.470	.455	.391
.3708	.615	.578	.517	.3072	.472	.454	.390
163.3155	.606	.581	.507	.3106	.471	.447	.388
.3204	.603	.587	.511	.3134	.471	.453	.388
.3245	.608	.571	.514	.3176	.470	.451	.388
.3308	.606	.576	.512	.3211	.472	.447	.391
.5343	.616	.595	.511	.3252	.470	.445	.390
.5384	.616	.601	.517	.3287	.471	.444	.391
.5447	.618	.585	.522	.3370	.470	.446	.391
164.2808	.478	.454	.392	.3405	.472	.447	.387
.2849	.480	.458	.396				
.2884	.477	.456	.395				

1	2	3	4	1	2	3	4
164.3468	0.468	0.448	0.392	166.3037	0.579	0.552	0.486
.3495	.469	.448	.389	.3093	.573	.550	.487
.3523	.470	.451	.392	.3148	.569	.545	.485
.3551	.474	.452	.390	.3454	.552	.534	.472
.3579	.471	.450	.389	.3502	.549	.529	.469
.3627	.475	.447	.391	.3544	.548	.527	.466
.3655	.472	.449	.394	.3579	.547	.531	.462
.3683	.476	.448	.392	.3613	.545	.529	.460
.3711	.478	.445	.391	.3655	.539	.524	.459
.3738	.481	.460	.393	.3690	.541	.524	.460
.3766	.479	.458	.400	.3724	.540	.523	.456
.4391	.506	.491	.424	.3759	.537	.521	.452
.4433	.511	.488	.426	.3794	.534	.511	.455
.4468	.511	.493	.426	.3836	.532	.518	.452
.4509	.517	.493	.429	.3919	.529	.510	.448
.4537	.517	.493	.429	.3954	.529	.505	.445
.4593	.518	.493	.433	.4002	.526	.507	.445
.4648	.524	.501	.436	.4044	.525	.513	.448
.4690	.525	.502	.441	.4086	.524	.510	.446
.4724	.526	.500	.440	.4120	.526	.511	.446
.4780	.530	.506	.442	.4155	.524	.505	.444
.4822	.531	.506	.445	.4190	.524	.511	.444
.4877	.535	.515	.446	.4231	.524	.510	.442
.4912	.538	.519	.443	.4273	.524	.507	.443
.4954	.537	.510	.447	.4315	.525	.503	.441
.4988	.541	.517	.451	.4356	.522	.508	.440
.5037	.541	.514	.456	.4391	.526	.508	.441
.5072	.547	.512	.457	.4440	.528	.508	.441
.5113	.548	.525	.454	.4481	.527	.513	.445
.5148	.550	.517	.458	.4530	.524	.501	.442
.5190	.551	.522	.461	.4558	.526	.512	.448
.5231	.546	.516	.458	.4613	.521	.505	.444
.5266	.557	.519	.457	.4641	.529	.512	.446
.5315	.554	.528	.464	.4676	.527	.510	.446
.5384	.557	.533	.465	.4704	.528	.509	.447
.5419	.558	.537	.466	.4731	.532	.518	.448
.5461	.559	.540	.468	.4780	.529	.510	.450
.5502	.557	.528	.463	.4808	.531	.514	.445
165.2863	.008	.582	.515	.5120	.541	.528	.459
166.2731	.593	.566	.497	.5141	.550	.534	.472
.2766	.591	.563	.491	.5162	.546	.534	.468
.2815	.590	.564	.494	.5391	.556	.546	.466
.2856	.586	.565	.496	.5426	.561	.549	.474
.2898	.584	.559	.491	.5468	.564	.554	.480
.2940	.583	.558	.491	.5523	.568	.550	.497
.3002	.581	.556	.490				

1	2	3	4	1	2	3	4
166.5558	0.575	0.548	0.492	197.2176	0.622	0.595	0.521
167.2759	.615	.576	.521	.2218	.624	.590	.513
.2787	.618	.592	.516	.2259	.619	.591	.511
.2856	.815	.578	.515	.2322	.619	.589	.511
.5509	.616	.591	.516	.4391	.598	.586	.498
.5537	.617	.579	.517	.4405	.612	.580	.503
169.2662	.620	.586	.519	.4440	.611	.580	.495
.2697	.611	.570	.516	.4724	.634	.596	.519
.2731	.627	.603	.527	.4752	.608	.578	.510
.2780	.621	.590	.520	.4794	.606	.584	.505
.2808	.618	.595	.532	.4815	.610	.586	.506
.2843	.616	.583	.511	.4843	.605	.579	.504
.3787	.620	.586	.514	.4877	.607	.577	.503
.3836	.620	.590	.519	.4912	.606	.579	.499
172.2690	.612	.581	.511	.4947	.607	.578	.510
.2724	.607	.578	.508	.4974	.608	.581	.505
.2745	.607	.581	.510	198.4412	.604	.576	.499
.2780	.606	.579	.507	.4447	.604	.576	.506
176.2495	.612	.586	.506	.4481	.605	.576	.504
.2537	.614	.584	.507	200.2391	.566	.546	.482
.2572	.612	.585	.513	.2433	.569	.545	.482
177.2474	.572	.533	.468	.2468	.571	.550	.485
.2509	.569	.532	.472	.2523	.581	.553	.485
.2544	.579	.545	.480	.2572	.583	.557	.490
.2579	.579	.548	.476	.2607	.588	.556	.492
.3627	.605	.575	.503	.2641	.590	.563	.494
.3669	.603	.574	.506	.2669	.591	.572	.502
.3704	.604	.575	.504	.2707	.590	.568	.493
.3787	.607	.580	.507	.2731	.588	.567	.499
.3822	.608	.583	.504	.2766	.590	.576	.505
.3853	.608	.580	.506	.2815	.592	.567	.497
.4898	.616	.585	.513	.2849	.596	.578	.506
.4933	.613	.586	.517	.2877	.597	.570	.492
.4988	.611	.584	.514	.2919	.601	.578	.502
.5023	.612	.587	.529	.2961	.601	.572	.506
.5141	.622	.591	.508	.3009	.606	.583	.514
.5176	.616	.585	.515	.3079	.605	.580	.513
.5211	.611	.573	.506	.3134	.605	.573	.509
181.4440	.576	.551	.473	.3329	.604	.578	.509
.4478	.580	.550	.477	.3356	.611	.579	.506
196.2211	.620	.596	.529	.3391	.614	.585	.512
.2252	.622	.596	.519	.3419	.616	.586	.511
.2287	.621	.596	.519	.3454	.614	.582	.514
.2336	.624	.609	.519	.3481	.619	.589	.510
.4745	.648	.618	.539				
.4773	.641	.608	.531				

1	2	3	4	1	2	3	4
200.3516	0.614	0.583	0.518	206.2259	0.576	0.541	0.468
.3558	.616	.589	.520	.2294	.577	.544	.472
.3586	.620	.588	.522	.2745	.559	.533	.457
.3613	.619	.585	.522	.2773	.557	.528	.458
.3648	.614	.576	.509	.3093	.542	.517	.443
.3926	.627	.597	.522	.3127	.542	.510	.436
.3954	.631	.604	.530	.3169	.537	.506	.440
.3988	.642	.613	.532	.3197	.535	.508	.438
.4023	.634	.606	.527	.3565	.513	.491	.423
.4051	.651	.619	.542	.3620	.510	.484	.413
.4155	.631	.605	.523	.3676	.508	.478	.408
.4190	.649	.615	.547	.3724	.500	.480	.412
203.3988	.624	.602	.527	.3759	.498	.477	.407
.4009	.629	.603	.521	.3870	.492	.472	.399
.4058	.626	.600	.523	.3912	.493	.478	.403
.4093	.625	.605	.536	.3954	.490	.470	.407
204.2099	.597	.571	.499	.3988	.488	.462	.398
.2141	.599	.572	.507	.4106	.483	.462	.395
.2190	.598	.568	.505	.4155	.484	.465	.388
.2218	.598	.571	.502	.4190	.479	.461	.388
.2301	.587	.560	.500	.4231	.480	.459	.391
.2343	.582	.564	.490	.4384	.476	.456	.387
.2968	.556	.536	.465	.4419	.474	.455	.388
.2988	.554	.535	.463	.4468	.474	.454	.387
.3023	.555	.535	.464	.4502	.474	.453	.386
.4461	.572	.554	.486	.4634	.472	.451	.382
.4495	.573	.561	.489	.4704	.474	.453	.386
.4530	.579	.561	.487	.4731	.473	.454	.390
.4565	.583	.564	.489	.4759	.475	.456	.385
.4641	.586	.569	.488	.4794	.477	.455	.387
.4683	.587	.563	.492	.4870	.476	.455	.392
.4724	.596	.576	.500	.4912	.479	.460	.395
.4766	.593	.574	.502	.4954	.474	.457	.392
.4829	.598	.576	.510	.5016	.481	.459	.394
.4863	.596	.578	.508	.5086	.479	.464	.395
.4905	.607	.584	.505	.5134	.478	.460	.400
.4954	.612	.594	.509	.5183	.486	.468	.400
.4988	.610	.588	.509	207.2593	.624	.596	.517
.5016	.608	.585	.511	.2620	.623	.589	.517
.5037	.611	.590	.516	.4724	.611	.582	.508
205.3148	.618	.594	.512	.4752	.609	.580	.509
.3169	.612	.585	.509	.4836	.618	.585	.509
.3204	.619	.588	.511	.4863	.614	.584	.508
.3245	.616	.585	.507	.4891	.613	.585	.511
206.2169	.582	.554	.478	210.2579	.605	.580	.500
.2204	.581	.543	.470	.2627	.617	.588	.516
.2231	.580	.551	.472				

1	2	3	4	1	2	3	4
210.2655	0.611	0.584	0.506	217.4088	0.642	0.614	0.536
.2690	.611	.583	.510	.4115	.647	.622	.550
.4336	.583	.554	.484	.4143	.639	.612	.550
.4370	.577	.548	.487	218.3865	.606	.576	.510
.4398	.584	.546	.473	.3893	.609	.580	.510
.4426	.582	.544	.472	.3921	.624	.593	.525
.4461	.579	.548	.483	.3956	.610	.583	.515
.4495	.575	.541	.469	220.2108	.618	.589	.515
.4523	.568	.538	.486	.2143	.620	.593	.516
.4551	.572	.530	.469	.2171	.616	.590	.517
.4586	.565	.530	.462	.2226	.617	.591	.516
.4613	.565	.536	.471	.2268	.615	.591	.515
.4641	.566	.533	.466	.2303	.622	.597	.521
.4676	.543	.528	.458	.2338	.622	.598	.520
.4711	.554	.523	.460	.2380	.616	.589	.515
.4745	.560	.527	.453	.2407	.625	.598	.516
.4773	.561	.531	.460	.2435	.609	.585	.516
.4801	.560	.524	.463	.2685	.619	.590	.515
.4836	.557	.518	.459	.2706	.619	.595	.524
212.2023	.627	.605	.523	.3407	.614	.590	.509
.2079	.628	.596	.531	.3435	.612	.591	.514
.2099	.630	.603	.527	.3476	.614	.590	.508
213.3759	.624	.601	.523	.3928	.611	.584	.511
.3787	.630	.603	.520	.3956	.616	.586	.518
.3822	.630	.603	.524	224.4032	.649	.619	.550
.3849	.625	.598	.518	.4067	.651	.623	.544
217.2065	.633	.605	.523	.4088	.653	.626	.548
.2122	.630	.588	.520	.4115	.655	.632	.540
.2150	.636	.608	.531	225.1902	.612	.582	.507
.2185	.632	.598	.528	.1964	.610	.586	.512
.2213	.639	.602	.525	.2076	.603	.589	.506
.2240	.642	.611	.534	.2110	.608	.576	.499
.2275	.634	.602	.532	.2152	.605	.574	.505
.2706	.642	.610	.525	.2437	.603	.578	.503
.2733	.643	.614	.539	.2478	.600	.570	.503
.2768	.643	.617	.537	.2506	.602	.576	.502
.2810	.638	.612	.529	.2756	.588	.566	.496
.3296	.641	.614	.538	.2791	.590	.561	.490
.3324	.647	.608	.531	.2826	.586	.559	.495
.3733	.642	.613	.527	.3120	.578	.556	.486
.3761	.643	.610	.540	.3138	.570	.555	.481
.3796	.641	.610	.542	.3173	.570	.553	.476
.3844	.641	.614	.539	.3201	.569	.544	.473
.3872	.643	.613	.541	.3666	.535	.524	.455
.3900	.642	.609	.538	.3701	.540	.518	.459
.4060	.644	.618	.533				

1	2	3	4	1	2	3	4
225.3735	0.539	0.518	0.448	238.3166	0.608	0.576	0.505
.3791	.530	.515	.455	.3194	.609	.582	.513
.3853	.530	.512	.445	.3576	.612	.586	.516
.3888	.540	.519	.450	.3610	.612	.585	.513
.3937	.540	.521	.456	.3645	.615	.588	.517
.4263	.531	.515	.452	.4055	.618	.597	.514
.4298	.535	.516	.454	.4089	.618	.596	.517
226.4020	.604	.584	.514	.4117	.621	.588	.519
.4055	.609	.583	.514	.4145	.621	.593	.520
.4096	.610	.578	.515	239.1742	.619	.587	.509
229.1860	.633	.596	.519	.1777	.617	.583	.512
.1888	.622	.598	.518	.1805	.620	.592	.517
.1923	.637	.602	.520	.3874	.629	.600	.526
.1951	.620	.592	.515	.3909	.630	.599	.521
234.3742	.624	.598	.520	.3937	.632	.601	.522
.3770	.626	.594	.515	.3964	.628	.601	.530
.3791	.622	.603	.525	240.1659	.470	.452	.382
.3826	.628	.585	.518	.1694	.473	.448	.381
235.1728	.612	.586	.510	.1728	.472	.447	.383
.1756	.613	.582	.515	.1763	.472	.448	.386
.1791	.612	.583	.514	.1791	.473	.454	.391
.3860	.606	.576	.500	.2784	.512	.487	.427
.3881	.603	.578	.501	.2819	.513	.486	.430
.3909	.606	.580	.505	.2846	.515	.489	.432
.3937	.603	.574	.501	.3902	.569	.535	.473
237.1735	.636	.602	.524	.3930	.564	.538	.478
.1770	.633	.605	.529	.3964	.570	.536	.474
.1805	.628	.597	.528	.3992	.568	.544	.475
.1839	.629	.595	.527	241.1668	.645	.612	.531
.4048	.608	.584	.505	.1703	.638	.607	.536
.4076	.611	.587	.513	.3591	.643	.608	.531
.4103	.607	.578	.519	.3619	.643	.615	.540
.4138	.608	.588	.515	245.1612	.611	.581	.517
238.1784	.570	.554	.480	.1647	.611	.581	.518
.1819	.572	.550	.482	.1709	.610	.580	.506
.1853	.574	.558	.486	.1744	.607	.578	.511
.1888	.582	.555	.486	.1772	.609	.577	.511
.2201	.586	.567	.497	246.1584	.655	.624	.544
.2228	.590	.565	.495	.1619	.653	.618	.546
.2263	.593	.567	.501	.1654	.650	.613	.543
.2541	.600	.577	.510	.1689	.647	.614	.534
.2576	.598	.574	.505	.1779	.648	.624	.537
.2659	.599	.573	.496	.1807	.652	.622	.543
.2687	.598	.574	.496	.3154	.622	.601	.524
.3103	.608	.580	.510				
.3131	.602	.579	.506				

1	2	3	4	1	2	3	4
246.3182	0.620	0.599	0.522	247.2703	0.652	0.622	0.542
.3209	.616	.587	.517	.2758	.661	.627	.545
247.2605	.655	.624	.546	.2848	.658	.625	.550
.2633	.663	.618	.545	.2876	.656	.620	.539
.2668	.660	.624	.549	.2904	.651	.616	.540

В первом столбце — гелиоцентрические юлианские дни наблюдений. Во втором, в третьем и четвертом столбцах — поток излучения от V444 Cyg (в долях потока от HD 193514) в фильтрах V, B и U соответственно.

Литература:

- Вилсон, 1939 — Wilson O.C., PASP 51, 55.
Гапошкин, 1941 — Gaponshkin S., ApJ 93, 202.
Гусейнзаде А.А., 1965, ПЗ 15, 555.
Крон, Гордон, 1943 — Kron G., Gordon K., ApJ 97, 311.
Крон, Гордон, 1950 — Kron G., Gordon K., ApJ 111, 454.
Кухи, 1968 — Kuhl L.V., ApJ 152, 89.
Лютый В.М., 1967, АЦ № 446.
Лютый В.М., 1971, Сообщения ГАИШ, № 172, 30.
Халиуллин Х.Ф., 1973, АЖ (в печати).
Хилтнер, 1949 — Hiltner W.A., ApJ 110, 95.
Черепашук А.М., Халиуллин Х.Ф., 1972а, ПЗ 18, 321.
Черепашук А.М., Халиуллин Х.Ф., 1972б, АЦ № 739.
Черепашук А.М., Халиуллин Х.Ф., 1973, АЖ 50, 516.
Черепашук А.М., 1965, ПЗ 15, 549.
Черепашук А.М., 1967, Кандидатская диссертация, ГАИШ.
Черепашук А.М., 1969, Сообщения ГАИШ № 161.
Черепашук А.М., 1971, в монографии "Затменные переменные звезды", "Наука", М., Стр. 261; ПЗ (в печати).
Черепашук А.М., 1972, АЦ № 739.

Гос. астрономический ин-т
им. П.К.Штернберга

Поступила в редакцию
в мае 1973 г.