

УДК 524.335.2

ПЗС-фотометрия звезд типа RV Tau (V), DF Cyg

В.И. Бурнашев¹, Б.А. Бурнашева¹, Е.О.Вааген.²

¹ Крымская Астрофизическая Обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

² Американская ассоциация наблюдений переменных звезд AAVSO, 25 Birth St., Cambridge MA 02137, USA.

Поступила в редакцию 27 марта 2005 г.

Аннотация. В течение наблюдательного сезона 2002 г. с помощью ПЗС-фотометра выполнены фотометрические наблюдения переменной звезды DF Cyg.

Из анализа наших наблюдений и литературных данных за 114 лет (с 1890 по 2004 гг.) получено среднее значение длительного цикла переменности $P = 776^{\text{d}}595$. Средний блеск звезды при этом изменяется от 10^{m} до 13^{m} .

Исследована кратковременная переменность блеска в пределах 1^{m} с периодом около 50 дней. В течение 1890–1927 гг. средняя длина основного периода кратковременной переменности составляла $P = 49^{\text{d}}70$ и увеличилась до среднего значения $P = 49^{\text{d}}84$ в период 1927–2000 гг. При этом наблюдаемая длительность отдельных периодов показывает значительный разброс, от $P = 40^{\text{d}}$ до $P = 60^{\text{d}}$.

CCD-PHOTOMETRY OF THE RV TAU STARS.V. DF CYGNI, by V.I. Burnashev, B.A. Burnasheva, E.O. Waagen.

The CCD-photometry of the RV Tau-type star DF Cyg was carried out in 2002.

On the base those data and the published ones the mean length of the long-type cycle $P = 778^{\text{d}}595$ was determined in 1890–2004 with the mean magnitude near 3^{m} (from 10^{m} to 13^{m}).

The common RV-Tau type mean cycle was varied from $P = 49^{\text{d}}70$ (1890–1927) to $P = 49^{\text{d}}84$ (1927–2000). The length those may be varied from $P = 40^{\text{d}}$ to $P = 60^{\text{d}}$.

Ключевые слова: CCD-photometry, RV Tau-type stars, DF Cygni

Переменные типа RV Tau представляют собой класс маломассивных (с массами порядка одной солнечной) пульсирующих F–K – сверхгигантов ($M_v = -3^{\text{m}} \div -5^{\text{m}}$), находящихся на кратковременной эволюционной стадии перехода от красного гиганта к протопланетарной туманности, что и объясняет немногочисленность звезд этого типа переменности. Шкловский (1957) первым указал на звезды этого типа, как прародителей планетарных туманностей.

Переменность DF Cyg была открыта Маргарет Харвуд в 1926 году по пластинкам 7.5–дюймового рефрактора обсерватории Марии Митчел (Харвуд, 1927).

Звезда является типичным представителем фотометрического типа переменности звезды RVb по классификации ОКПЗ, т.е. DF Cyg характеризуется кривой блеска, напоминающей кривые затменных типа β Lyr, с периодом изменения около 50 дней в пределах одной звездной величины, при этом общий блеск звезды циклически изменяется в довольно широких пределах, от 10^{m} до 13^{m} со средним периодом около 780 дней.

По спектральному типу переменности, введенному Престоном и др.(1963), звезда входит в группу *A*, т.е. группу звезд спектральных классов *G* или *K*, в спектрах которых вблизи главного минимума появляются полосы окиси титана, характерные для звезд класса *M*.

Звезда имеет низкое содержание металлов, $[Fe/H] = -0.28$ (Вальгрэн и др., 1992). Так как она находится сравнительно высоко над галактической плоскостью ($b = 8.6^\circ$), то, соответственно, испытывает вполне умеренное межзвездное поглощение ($E_{B-V} = 0^m42$)(Вальгрэн и др., 1992).

1 Наблюдения и редукиии

Краткая сводка фотометрических исследований этой переменной приведена в таблице 1, где указаны период наблюдений в соответствующей фотометрической системе, число измерений и литературный источник.

На рисунке 1 показана карта окрестностей этой переменной звезды. Карта представляет собой участок небесной сферы размером $1^\circ \times 1^\circ$, скопированный из атласа Ференберга (1970). Переменная обозначена значком “*v*”, звезда сравнения отмечена на рисунке как “*c*”, использовались многими исследователями (Престон и др., 1963; Доусон, 1979).

Более подробно окрестности переменной (*v*) и звезды сравнения (*c*) показаны на рисунке 1б, который представляет собой рабочий кадр, снятый в одну из наблюдательных ночей в 2002 году, когда был выполнен ряд наблюдений в системе, близкой к *BVR_cI_c* Крона-Казинса. Эти наблюдения проведены летом 2002 года с ПЗС-фотометром, построенном на основе матрицы фирмы APOGEE, и установленном в прямом фокусе 70-см телескопа АЗТ-8. Фотометрическая система этого фотометра реализована с помощью комбинации светофильтров, выпускавшихся российской промышленностью. Кадры примерно ориентированы по небесным координатам. Размер каждого кадра соответствует площадке $15' \times 15'$ на небесной сфере.

Таблица 1.

| JD 2400000+ | Фотометрическая система | Количество наблюдений | Автор |
|-----------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|
| 11610.662 – 28521.488 | <i>m_{pg}</i> | 852 | Харвуд,1937 |
| 28772.2 – 34284.40 | <i>m_{pg}</i> | 203 | Цесевич, 1953 |
| 27927.43 – 30314.35 | <i>m_{vis}</i> | 262 | Бейер, 1948 |
| 25155.32 – 34280 | <i>m_{vis}</i> | 265 | Цесевич, 1953 |
| 40160.6 – 53151.422 | <i>m_{vis}</i> | 3402 | AAVSO, Вааген, 2004 |
| 37488.91 – 37621.21 | UBV | 15 | Престон и др.,1963 |
| 42389 – 42730 | UBV | 4 | Доусон,1979 |
| 45984.703 – 46242.862 | BV | 2 | Вальгрэн и др.,1992 |
| 52418.47 – 52483.34 | BVRI | 12 | Бурнашев ,2002 |

Учет различных инструментальных эффектов и редукиии наблюдений к стандартной системе выполнена при помощи пакета стандартных программ IRAF/DAOPHOT (Стетсон, 1987). Определение коэффициентов перехода к стандартной системе и другие редукиии аналогичны описанным нами ранее (Бурнашев и др., 2002).

Для целей фотометрической привязки проведены наблюдения стандартных звезд из списка Ландольта (1992) в экваториальных площадках SA197 и SA110.

Окончательный результат – значения звездных величин и показателей цвета переменной звезды, определенные по всей совокупности наблюдений, – приведен в таблице 2, где в первой колонке указана дата, во второй – дата юлианского периода, в третьей и последующих, – значения *V*, *B – V*, *V – R*, *V – I*, полученные как средние из 2 – 4 независимых оценок в течение данной ночи вместе с

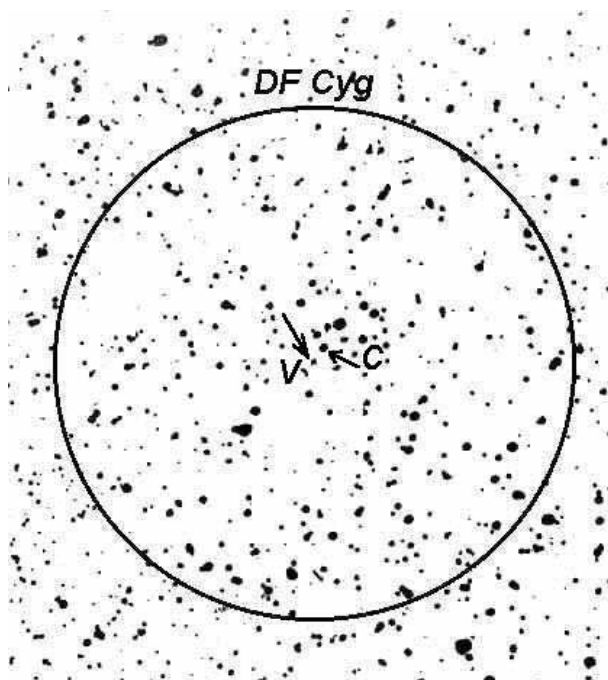


Рис. 1. (а). Карта окрестности переменной *DF Cyg*. Диаметр окружности соответствует 1° . Звезда сравнения обозначена как *C*.

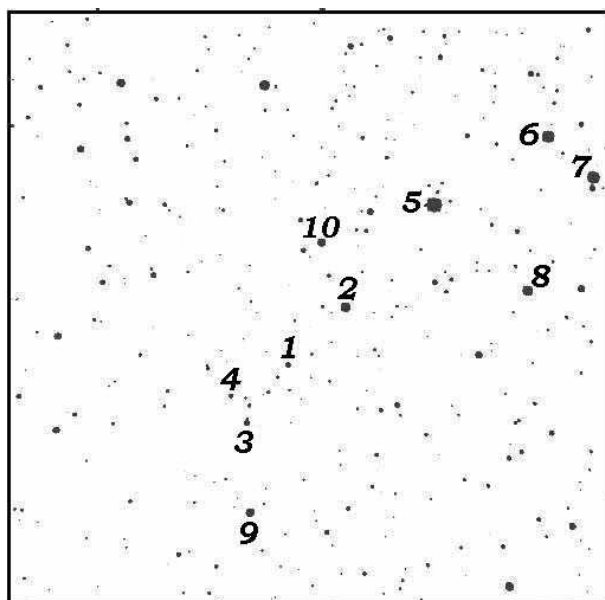


Рис. 1. (б). Более подробная карта окрестности переменной *DF Cyg*. Размер квадрата соответствует $15' \times 15'$.

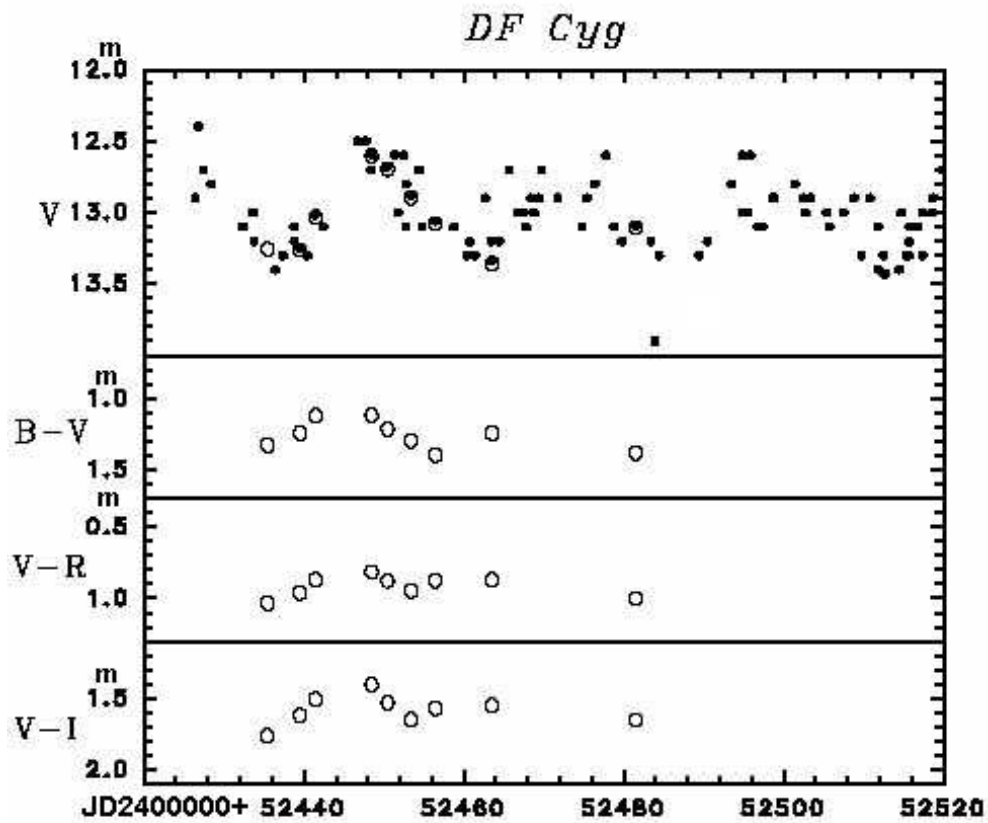


Рис. 2. Фотометрические измерения *DF Cyg* в 2002 году. Точки- данные AAVSO, кружки- наблюдения, выполненные в Крыму.

их среднеквадратичными ошибками. Отметим, что все показатели цвета редуцированы в вистему Джонсона-Моргана с помощью соотношений, выведенных Бесселем (1979).

Кривая блеска для *DF Cyg*, построенная по наблюдениям 2002 г., приведена на рис. 2. Средняя ошибка каждого наблюдения сравнима с размером значка. На рис.2 кружками отмечены наших оценки блеска, точками - визуальные оценки по данным AAVSO. К сожалению, наши наблюдения не полностью перекрывают 50-дневный период, тем не менее видно, что поведение переменной типично для звезд этого типа, при этом наши наблюдения соответствуют литературным данным и дополняют их в смысле изменений показателей цвета звезды в период минимального блеска длительного 780-дневного цикла.

В таблице 3 приводятся результаты фотометрических измерений для звезд сравнения в поле переменной *DF Cyg*, согласно их обозначениям на рисунке 1а.

Как отмечалось выше, основной сложностью в исследовании переменных типа *RV Tau* является колебания их периода и нестабильность кривых блеска и лучевых скоростей: практически каждый пульсационный период индивидуален.

Таблица 2.

| DF Cyg | JD | V | B-V | V-R | V-I | n |
|------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---|
| Data | 2452000+ | | | | | |
| 09/06/2002 | 435 ^d 40 | 13 ^m 242 | 1 ^m 315 | 1 ^m 020 | 1 ^m 746 | 3 |
| 13/06/ | 439 ^d 47 | 13 ^m 250 | 1 ^m 230 | 0 ^m 945 | 1 ^m 605 | 3 |
| 15/06/ | 441 ^d 39 | 13 ^m 020 | 1 ^m 108 | 0 ^m 854 | 1 ^m 489 | 3 |
| 22/06/ | 448 ^d 39 | 12 ^m 590 | 1 ^m 106 | 0 ^m 801 | 1 ^m 390 | 3 |
| 24/06/ | 450 ^d 39 | 12 ^m 682 | 1 ^m 200 | 0 ^m 862 | 1 ^m 516 | 3 |
| 27/06/ | 453 ^d 35 | 12 ^m 881 | 1 ^m 280 | 0 ^m 934 | 1 ^m 634 | 3 |
| 30/06/ | 456 ^d 40 | 13 ^m 063 | 1 ^m 383 | 0 ^m 859 | 1 ^m 554 | 3 |
| 07/07/ | 463 ^d 44 | 13 ^m 343 | 1 ^m 229 | 0 ^m 855 | 1 ^m 535 | 3 |
| 25/07/ | 481 ^d 42 | 13 ^m 093 | 1 ^m 368 | 0 ^m 987 | 1 ^m 635 | 3 |

Таблица 3.

| Зв.сравн. | V | n | B-V | n | V-R | n | V-I | n |
|-----------|---|----|--|----|--|----|--|----|
| 2 | 10 ^m 214 ±0 ^m 002 | 24 | 0 ^m 565 ±0 ^m 005 | 24 | 0 ^m 174 ±0 ^m 017 | 24 | 0 ^m 647 ±0 ^m 015 | 24 |
| 3 | 12.748 0.007 | 24 | 1.253 0.007 | 24 | 0.939 0.007 | 21 | 1.676 0.009 | 24 |
| 4 | 13.623 0.007 | 26 | 0.553 0.008 | 26 | 0.486 0.008 | 23 | 0.882 0.009 | 26 |
| 5 | 9.471 0.009 | 21 | 0.820 0.009 | 21 | -0.353 0.005 | 21 | 0.333 0.008 | 21 |
| 6 | 9.653 0.009 | 21 | 0.949 0.010 | 21 | -0.210 0.006 | 21 | 0.558 0.008 | 21 |
| 7 | 9.585 0.017 | 20 | 0.856 0.012 | 20 | -0.263 0.011 | 20 | 0.495 0.012 | 20 |
| 8 | 10.029 0.006 | 24 | 0.529 0.010 | 20 | -0.015 0.013 | 21 | 0.461 0.013 | 24 |
| 9 | 10.993 0.006 | 27 | 0.524 0.009 | 27 | 0.436 0.009 | 27 | 0.840 0.010 | 27 |
| 10 | 10.924 0.006 | 27 | 0.988 0.009 | 27 | 0.633 0.012 | 24 | 1.239 0.012 | 24 |

2 Анализ результатов

История фотометрических наблюдений *DF Cyg* суммирована в таблице 1. Как видно, большая часть 114-летнего ряда, начинающегося с февраля 1890 г., и перекрывающего свыше полсотни длительных 776-дневных циклов (или 824 периода изменений блеска 50-дневного основного периода), получена по визуальным и фотографическим оценкам. Точные фотоэлектрические наблюдения еще довольно скудны и разрозненны.

В первом столбце таблицы 1 отмечен период наблюдений, во 2-м – фотометрическая система, в 3-м – число оценок блеска переменной в соответствующей системе. При этом указаны только результаты наблюдений, которые были применены для дальнейшего анализа. Сомнительные (отмеченные самими авторами) оценки блеска были отброшены. В последнем столбце дана соответствующая литературная ссылка.

Наиболее обширный ряд фотографических оценок блеска *DF Cyg* получен М.Харвуд (1937). Считая, что ее фотографическая система не слишком отличается от фотоэлектрической системы *B* и добавив к нашим наблюдениям также фотометрию других авторов, приведенную в таблице 1, в общей сложности мы получили довольно обширный ряд, перекрывающий почти 824 периода изменения блеска звезды.

В визуальной области спектра основной массив составляют наблюдения, выполненные членами AAVSO (Вааген, 2004). Вместе с данными Цесевича (1953) и результатами других наблюдателей ряд визуальных оценок перекрывает 77-летний интервал, к сожалению, имеющих пробелы. Тем не менее, можно считать, что с ноября 1968 года этот ряд достаточно плотный, чтобы можно было применить различные методы анализа.

Как уже отмечалось, *DF Cyg* является типичным представителем переменности типа *RVb*,

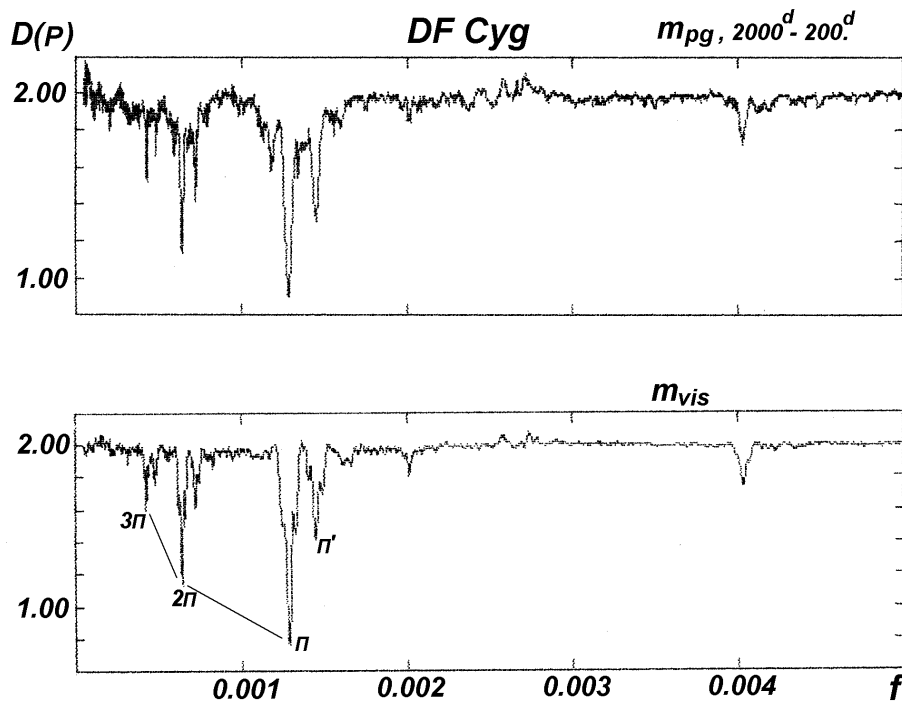


Рис. 3. Периодограмма для фотографических и визуальных наблюдений *DF Cyg*. (низкочастотная часть)

то есть, помимо периодических изменений блеска, похожих на изменения типа βLyr , звезда испытывает медленные циклические колебания с периодом около 780 дней (Цесевич, 1953; Коваль, 1953). На основании анализа имеющихся данных средняя продолжительность цикла принята равной 776.595 дней ($780^d/2$ у Цесевича).

Особенностью фотометрических измерений переменной *DF Cyg* является то, что оба ряда наблюдений, фотографических и визуальных, имеют существенные пробелы и область их пересечения довольно мала по сравнению с фотометрическими наблюдениями звезд этого типа, анализировавшихся нами ранее.

Полученный сводный фотометрический ряд был проанализирован с помощью пакета программ Пельта (1992). При этом визуальные и фотографические наблюдения анализировались отдельно. Это дало дополнительный независимый контроль достоверности получаемых результатов. Для обоих рядов были построены периодограммы, которые показаны на рисунке 3, отдельно для фотографической и визуальной фотометрии.

По оси ординат отложены значения функции $D(P)$, называемой критерием наименьших квадратов пробного периода, или статистикой для сравнения пробных периодов. При вычислении для сетки пробных периодов получаем периодограмму, минимумы которой показывают вероятные значения для реального периода (Пельт, 1992).

Помимо того, что по имеющимся двум независимым рядам наблюдений можно проследить наличие кратных периодов до $3П$ включительно, видно, что соответствующие этим периодам особенности периодограмм имеют сложную форму, отражающую тот факт, в частности, что медленные 776-дневные изменения имеют не строго периодический характер. Кроме того, расщепление основной частоты колебаний на две составляющие (соответствующих периодам

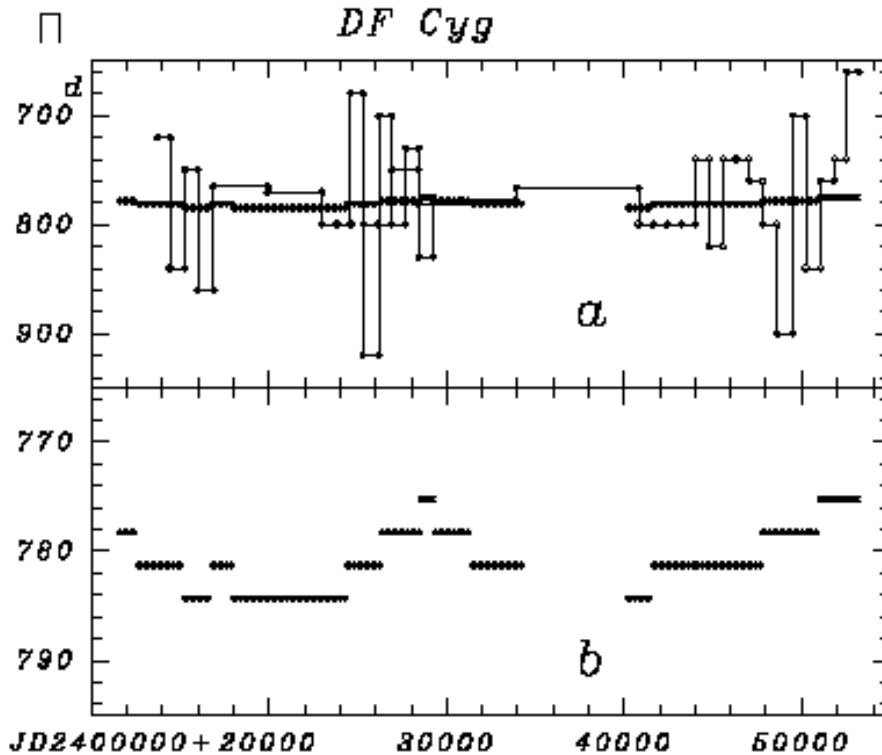


Рис. 4. Изменение длительности цикла медленных колебаний блеска *DF Cyg*. а-оцененные по фотографическим и визуальным наблюдениям. Звездочками показан результат вейвлет-анализа. б-более подробный (растянутый по оси ординат) график изменения длины цикла.

$P = 776^{\text{d}}595$ и $P = 688^{\text{d}}7$), является указанием на то, что в изменении блеска переменной присутствует еще одна периодическая составляющая, соответствующая более длительному периоду – около 6100 дней. Эта периодическая составляющая хорошо заметна на длительном ряде визуальных наблюдений и слабо просматривается на фотографической кривой. Тем не менее, вид периодограммы бесспорно свидетельствует о ее существовании.

В верхней части рисунка 4 тонкой линией последовательно показана длительность каждого цикла, оцененная нами по всей совокупности фотометрических данных, имеющих в нашем распоряжении. Довольно большие пробелы в наблюдениях зачастую позволяют оценивать длительность цикла весьма приблизительно, с погрешностью в несколько десятков дней. Тем не менее, некоторые интервалы перекрыты достаточно плотно, чтобы можно было применить вейвлет-анализ.

Результат вейвлет-анализа в низкочастотной области, соответствующей медленным изменениям блеска, проведенный с помощью программ Форстера (1996), показан на рисунке 4 звездочками.

В нижней части рисунка приведен более подробный график. Видно, что длина периода меняется с характерным временем 20- 25 тыс. дней.

Средние кривые блеска, соответствующие медленному колебанию, показаны на рисунке 5, отдельно для фотографических и визуальных наблюдений. Каждая точка соответствует среднему значению на интервалах фазы $\Delta \Phi = 0.04$. Указано общее число оценок, принятых при осреднении.

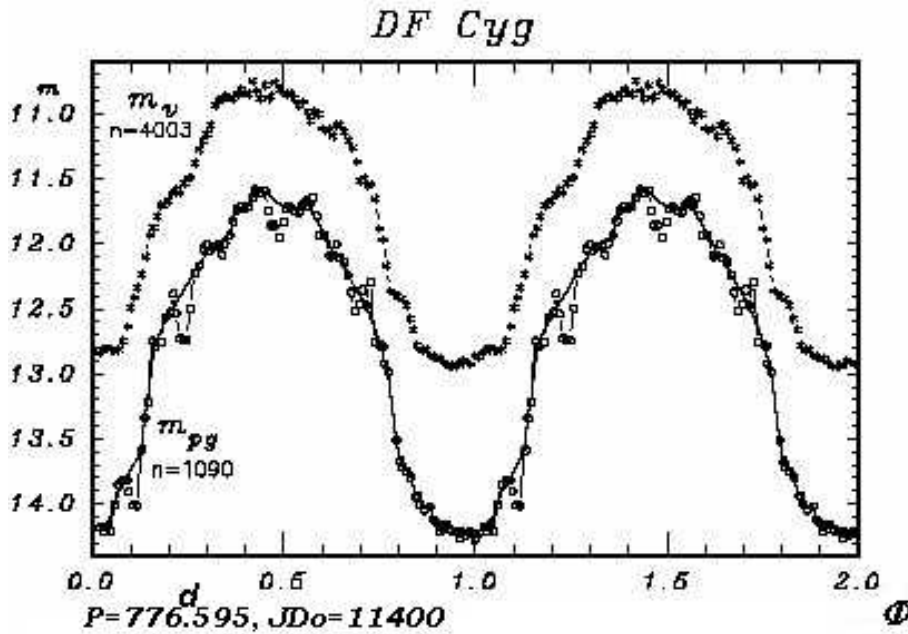


Рис. 5. Средняя фазовая кривая фотографической и визуальной кривой блеска *DF Cyg* для периода $P = 776^d.595$

Значения фазы переменности ϕ вычислены согласно выражению:

$$MinI = JD2411141 + 776^d.595 \cdot E.$$

Имея в виду гораздо больший объем наблюдательных данных для визуальной области, при дальнейшей обработке средняя визуальная кривая взята без изменений, в то время как для фотографической кривой, для которой имелось примерно в четыре раза меньше данных, было произведено дополнительное сглаживание. Сглаженная кривая показана на рисунке более толстой линией.

Особенности, соответствующие 50-дневным колебаниям, на общей периодограмме менее заметны.

Основной особенностью короткопериодических колебаний является то, что амплитуда этих колебаний больше в максимуме долговременного цикла (в среднем составляет $0^m.5$) и существенно меньше в минимуме цикла (около $0^m.3$). На рисунке 6 показаны сводные кривые блеска в визуальной области для значения короткого периода, равного $49^d.839$, построенные, соответственно, вблизи фаз максимального и минимального блеска длительного 776-дневного цикла.

Для иллюстративных целей на нижней кривой показаны индивидуальные значения блеска (484 наблюдения), для того, чтобы показать наблюдаемый разброс, обусловленный как неточностью визуальных оценок, так и физическими причинами. Верхняя кривая представляет средние значения из 1759 измерений. Как обычно, средние значения взяты для интервала $\Delta \phi = 0.04$. Как видно, эти кривые характерны для переменных типа *RV Tau*, но имеют и некоторые характерные для данной звезды особенности: почти одинаковую высоту обоих максимумов и слабо различающуюся глубину минимумов, при этом вторичный минимум прослеживается довольно слабо. В минимуме 776-дневных колебаний блеска кривые более или менее симметричны и практически имеют вид

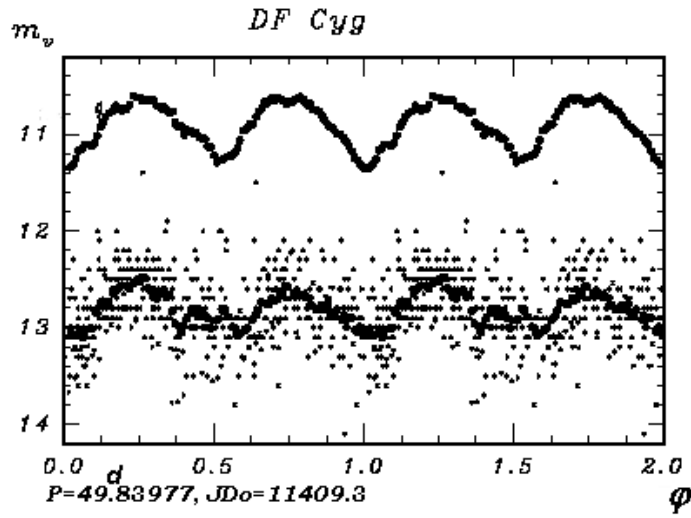


Рис. 6. Средние фазовые кривые *DF Cyg* для кратковременных ($P = 49^d.83977$) колебаний блеска вблизи моментов максимума и минимума длительного цикла $\Pi = 776^d.595$.

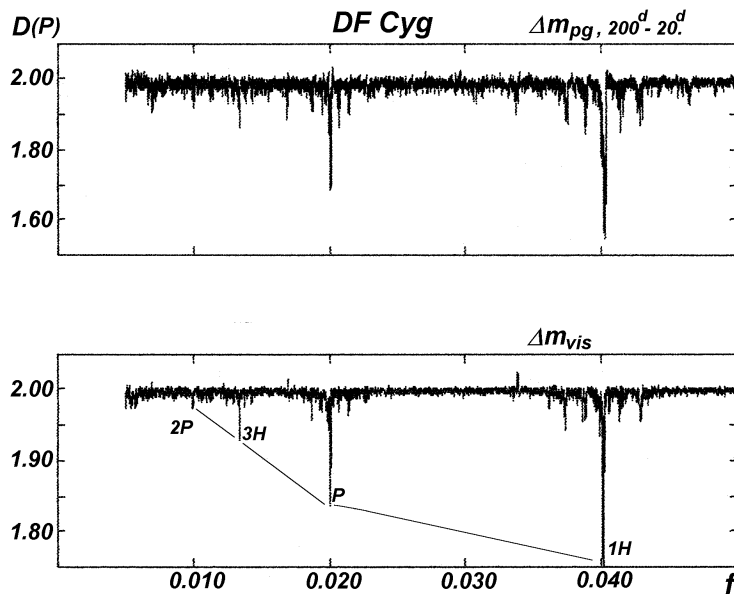


Рис. 7. Высоочастотная часть периодограммы для фотографических и визуальных наблюдений *DF Cyg* после исключения долгопериодического цикла.

удвоенной цефеидоподобной кривой.

Длительность короткого 50-дневного периода была оценена с помощью периодограммы, построенной для разности блеска между наблюдаемыми значениями m_{vis} и интерполированными для средней кривой m_{vis} ($\Pi = 776^d.595$):

$$\Delta m_{vis} = m_{vis} - m_{vis} (\Pi = 776^d.595)$$

Ряд аналогичных разностей, полученный по фотографическим наблюдениям

$$\Delta m_{pg} = m_{pg} - m_{pg} (\Pi = 776^d.595)$$

имеет большую протяженность по времени, зато ряд этих наблюдений все же имеет большие пробелы.

Обе периодограммы, полученные для обоих независимых рядов, фотографического и визуального, показаны на рисунке 7. Как видно, они повторяются даже в деталях.

Видно, что наибольший пик соответствует периоду первой гармоники, $- 24^d.92$.

Более подробно строение основных особенностей полученной периодограммы показано на рис.8. Графики $8a - 8d$ относятся к визуальным наблюдениям, $8e - 8f$ - к фотографическим. Как видно из графиков $8a - 8d$ строение пиков, соответствующих последовательному удвоению первой гармоники, имеют аналогичное строение. Для фотографических измерений наблюдается подобная же картина, поэтому мы сочли возможным привести на рисунке только графики $8e - 8f$, относящихся к удвоенной частоте первого обертона и основному периоду.

Из сказанного можно сделать вывод о том, что у данной звезды колебание происходит в первом обертоне, как и у цефеид.

Заметные на рисунках 8 вблизи правого края особенности указывают, с одной стороны, на наличие более длительных циклов (776^d , 688^d), с другой, - на сезонные 365-дневные пробелы в наблюдениях. Точно такое же строение имеют и спутники с коротковолновой стороны, оставшиеся за границами рис. 8, но хорошо заметные на рисунке 7. Максимум огибающих на графиках $8c$ и $8f$ соответствует значениям основного периода $49^d.84$ для визуальных наблюдений и $49^d.70$ - для фотографических. Более подробно об этом расхождении будет сказано далее.

Значения $O - C$ отклонений моментов главного и вторичного минимумов от вычисленных для принятого значения основного периода $P = 49^d.8398$ были независимо определены нами по всей совокупности данных, приведенных в таблице 1.

Из точных фотоэлектрических наблюдений известно, что моменты минимумов в полосе V и показателей $B - V$ не совпадают. Максимальное значение, обусловленное, по нашему мнению, в основном ошибками наблюдений, может достигать 5^d . В среднем это расхождение составляет около $+1^d.1$ ($+0^d.52$ у Коваль, 1953) что сопоставимо с размерами значков. Тем не менее, это расхождение для визуальных и фотографических наблюдений было нами учтено.

Наблюдения главного минимума имеют больший вес, так как, с одной стороны, они более многочисленны, с другой, - их средние моменты определяются с большей надежностью. Вторичный минимум, хотя и имеет несколько более "расплывчатую" форму, тем не менее, определяется достаточно надежно и, на наш взгляд, может использоваться для анализа. Кроме того, для анализа применены и опубликованные значения $O - C$ (Ерлексова, 1971; Коваль, 1953; Яккия 1931a, 1931b; Харвуд и Герасимович, 1927). Поскольку при определении $O - C$ разными авторами использован фактически один и тот же наблюдательный материал, то сопоставление их между собой дает представление о средней точности определения моментов минимумов, которая в среднем составляет $0^d.5 - 1^d$. Весь массив этих данных, как опубликованных, так и полученных нами, также были проанализированы с помощью пакета Пельта.

На рисунке 9 показан ход значений $O - C$ со временем для обоих минимумов. Прямые и косые кресты - литературные данные, точки и кружки - определенные нами по фотографическим и B -наблюдениям, а также по визуальным и фотоэлектрическим V - кривым блеска.

Из рассмотрения диаграммы $O - C$ можно сделать вывод о том, что в колебаниях длительности основного 50-дневного периода прослеживается тенденция к его увеличению. Возможно, что такое изменение происходит скачкообразным образом: около $JD2427500$ период изменился от $P = 49^d.70$ до $P = 49^d.8398$ и после $JD2451500$ он продолжает возрастать.

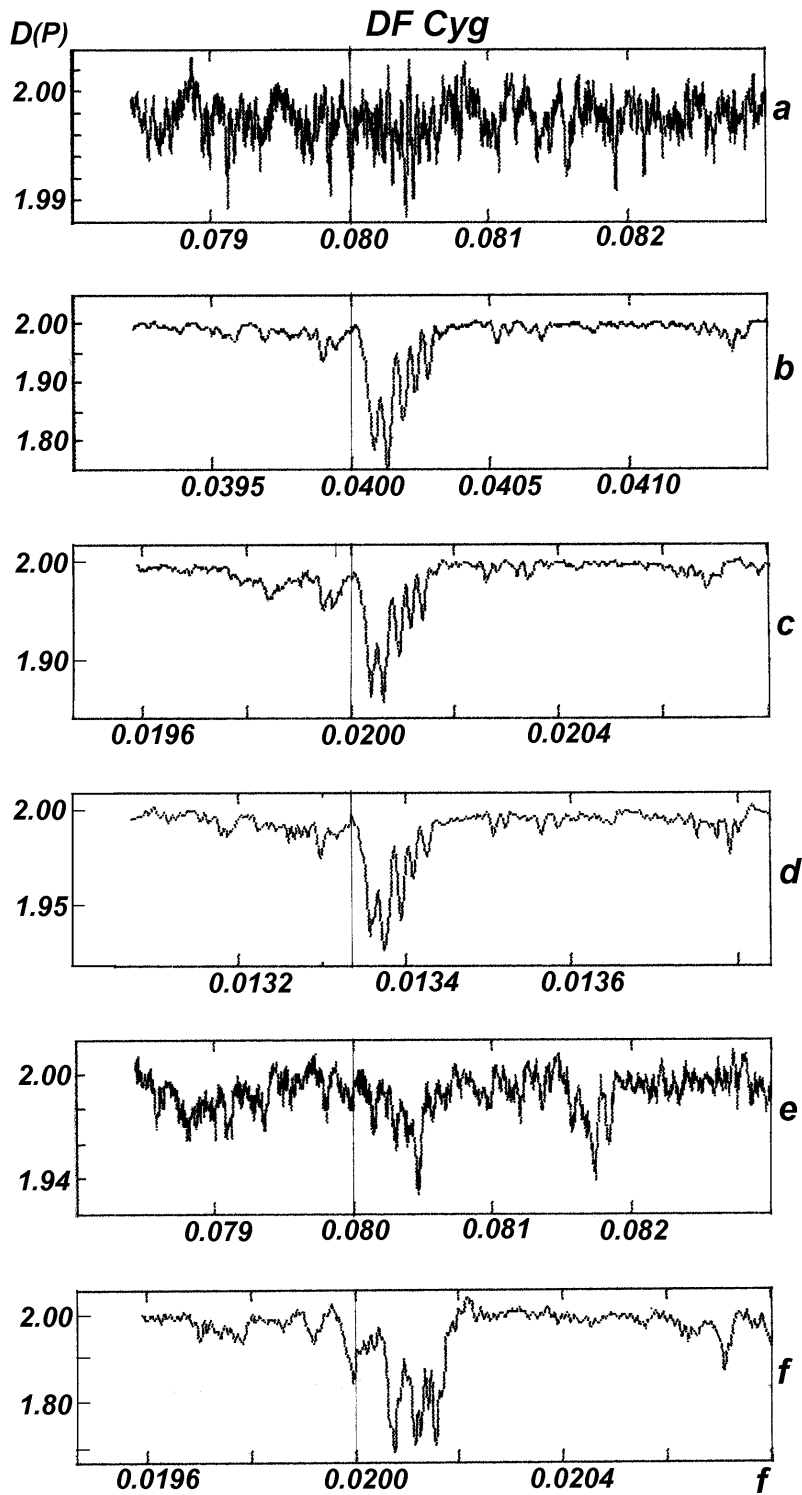


Рис. 8. Более подробное строение некоторых пиков высокочастотной периодограммы *DF Cyg*: по визуальным наблюдениям: а)- для удвоенной частоты первой гармоники $1/2H$, б)-для первой гармоники $1H$, с)-для основного периода PF , д)-для удвоенного основного периода $2P$; по фотографическим наблюдениям: е)-для удвоенной частоты первой гармоники $1/2H$, ф)-для основного периода P .

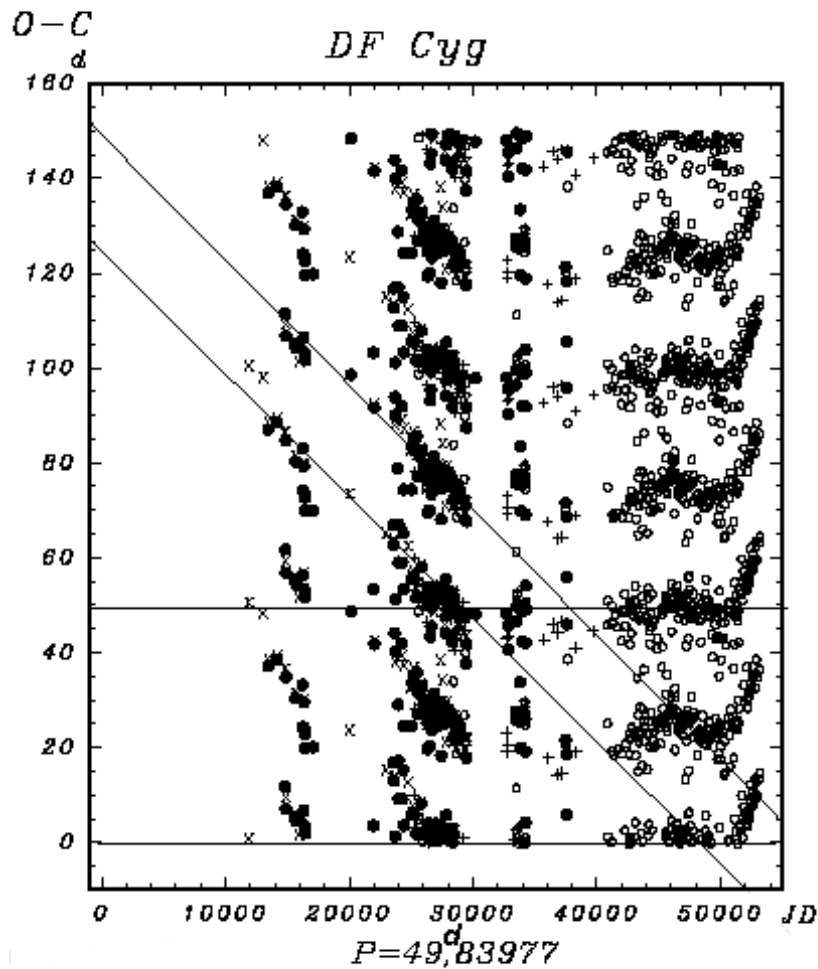


Рис. 9. Диаграмма $O - C$ для основного колебания $DF\ Cyg$ с периодом $P = 49^d.83977$ по фотографическим и визуальным наблюдениям.

Там, где наблюдения достаточно плотно перекрывали временной интервал, нами был проведен вейвлет -анализ с помощью указанных выше программ. Результат такого исследования показан на рисунке 10. Как видно, этот график как бы является увеличенной частью диаграммы $O - C$. Значения периода, полученные по визуальным наблюдениям, отмечены на рисунке 10 точками, немногочисленные заполненные кружки в начале графика соответствуют результатам, полученным по фотографическим наблюдениям. Горизонтальной прямой отмечено среднее значение периода $P = 49^d.8398$, оцененное по периодограмме.

Как видно, длительность периода изменяется в довольно широких пределах. При этом на более или менее плавные изменения в пределах $P = 48^d - 60^d$ с характерным временем около 13-15 лет накладываются хаотические „выбросы“, которые представляют изменения длительности основного цикла переменности в пределах $P = 40^d - 52^d$. Более того, может быть, существует и третий

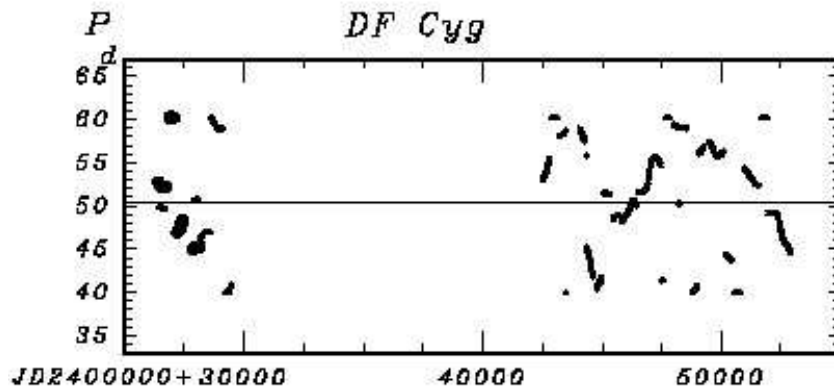


Рис. 10. Результат вейвлет- анализа основных колебаний *DF Cyg*.

интервал, со значениями основного периода, более длительными. То есть, иногда происходит как бы „переключение“ близких мод колебаний, которое носит, судя по рисунку 10, довольно хаотический характер.

3 Заключение

Таким образом, проведенная в Крымской обсерватории ПЗС-фотометрия переменной *DF Cyg* позволила установить среднее значение периодических изменений блеска $P = 49^d 839$ в полосах *BVRI* системы Джонсона. Кроме того, в окрестности переменной установлена фотометрическая последовательность звезд.

На основании проведенного анализа средняя длительность цикла долговременных изменений блеска принята равной 776.595 дням. Средняя длительность основного периода кратковременных изменений в течение 1890-1927 гг. составляла $P = 49^d 708398$, с 1927 года она изменилась до $P = 49^d 8398$. Изменения длительности этого колебания происходят квазициклически, с периодом около 15 лет.

Авторы глубоко благодарны наблюдателям и составителям базы данных AAVSO, примененной в нашем исследовании.

Литература

- Бейер (Beyer M.) // *Astron. Abhandl.* 1948. V. 11. N. 4. P. 1.
 Бессель (Bessel M.S.) // *Publ.A.S.P.* 1979. V. 91. P. 589.
 Бурнашев В.И., Бурнашева Б.А., Витриченко Э.А. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обс.* 2002. Т. 98. С. 123.
 Вааген (Waagen, E.O.) // *Observations from the AAVSO International Database, 2004, private communication.*
 Вальгрен и др. (Wahlgren G.M. et al) // *Astron. J.* 1992. V. 104. N. 3. P. 1174.
 Доусон (Dawson D.W.) // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1979. V. 41. P. 97.
 Джой (Joy A.H.) // *Astrophys. J.*, 1952, V.115, N. 1. P. 25-41.
 Ерлексова Г.Е. // *Переменные звезды.* 1971. Т. 18. N. 1. С. 53.
 Коваль Г.Т. // *Изв. Астрон. обс. Одесского ун-та,* 1953. Т. 3. С.313.

- Ландольт (Landolt A.U.) // *Astron. J.* 1992. V. 104. P. 340.
- Пельт (Pelt J.) // *Irregularly Spaced Data Analysis (User Manual)*, Helsinki. 1992. 267pp.
- Престон и др. (Preston G.W., Krzeminski W., Smak J., Williams J.A.) // *Astrophys. J.* 1963 V. 137. P. 401.
- Розино (Rosino L.) // *Astrophys. J.* 1951. V. 113. N. 1. P. 60.
- Стетсон (Stetson P.B.) // *Publ.A.S.P.* 1987. V. 99. P. 191.
- Ференберг (Verenberg H.) // "Atlas Stellarum 1950.0". 1970. Treugessel-Verlag. Abt.II. D-4000. Dusseldorf 4 Postfach 4065.
- Форстер (Forster G.) // *Astron. J.* 1996. V. 112. P. 1709.
- Харвуд (Harwood M.) // *Harvard Annals.* 1937. V. 105. N. 28. P. 522.
- Харвуд (Harwood M.) // *Harvard Colledge Obs.Bull.* 1927. N. 847. P. 5.
- Харвуд,Герасимович (Harwood M., Gerasimovc B.P.) // *Harvard Colledge Obs. Bull.* 1927. N. 849. P. 15.
- Цесевич В.П. // *Изв. Астрон. обс. Одесского ун-та*, 1953. Т. 3. С.293.
- Шкловский И.С. // *Астрон. ж.* 1957. Т. 33. С.315.
- Яккиа (Jaccia L.) // *Veob. Zirc.* 1931. Bd. 13. S. 16.
- Яккиа (Jaccia L.) // *Veob. Zirc.* 1931. Bd. 13. S. 45.