

УДК: 524.3-56

ДОЛГОВРЕМЕННАЯ ПЯТЕННАЯ АКТИВНОСТЬ ЗАТМЕННОЙ ПЕРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ CG Cyg

А.В.КОЖЕВНИКОВА¹, И.Ю.АЛЕКСЕЕВ², В.П.КОЖЕВНИКОВ¹,
М.А.СВЕЧНИКОВ¹

Поступила 10 января 2005

Принята к печати 12 апреля 2005

В течение двух сезонов, в 2003г. и 2004г., проведены фотометрические наблюдения затменной переменной системы CG Cyg (G9+K3, $P = 0^d.63$), принадлежащей к группе короткопериодических хромосферно-активных звезд типа RS CVn, обладающих активностью солнечного типа. Проведено моделирование запятненности поверхности звезды по оригинальным наблюдениям и всему массиву опубликованных фотометрических данных, начиная с 1965г. Во все сезоны пятна концентрировались вблизи экватора, их полная площадь достигала 18% полной поверхности звезды, а разность температур спокойной фотосферы и запятненных областей составляла 2100 К. Заподозрена цикличность изменений полной площади и средней широты пятен и переключений активных долгот. Обнаружен широтный дрейф пятен в течение цикла и дифференциальное вращение звезды. Определены следующие элементы орбиты: $M_1 = 0.93 M_{\odot}$, $M_2 = 0.81 M_{\odot}$, $R_1 = 1.01 R_{\odot}$, $R_2 = 0.82 R_{\odot}$.

1. *Введение.* CG Cyg (BD +34°4217) принадлежит к группе короткопериодических затменных хромосферно-активных звезд типа RS CVn [1,2]. Такие системы демонстрируют признаки солнечной активности, но более значительные, чем у Солнца. Считается, что их активность является следствием сочетания глубокой конвективной оболочки и быстрого вращения звезды, приводящих к генерации магнитного поля посредством динамо-механизма.

Период системы существенно меньше суток ($0^d.6311$) и слегка меняется со временем [3-6]. Система состоит из двух лежащих на Главной последовательности компонентов - G9 первичного и K3 вторичного [7] с эффективными температурами 5200 и 4400 К, соответственно [8].

CG Cyg является одной из наиболее необычных звезд среди короткопериодических переменных типа RS CVn. Впервые ее затмения были обнаружены Вилсоном в 1922г. [9], а в 1979г. Милоне и др. [10] на основе 12-летнего ряда наблюдений отметили изменяющуюся асимметричную кривую блеска с синусоидальной ускоренно мигрирующей волной. Соуэлл и др. [11] отметили рост среднего блеска системы вне затмений с 1967г. по 1980г., который позднее прекратился [12]. Зейлик и др. [13] отметили наличие на главном компоненте системы двух устойчивых активных долгот, разнесенных примерно на полпериода.

Хромосферную активность CG Суг обнаружили Нафтилан и Милоне [14] по эмиссиям в дублете H и K CaII. В свою очередь, Лазаро и Аревало [15] отметили для обеих звезд системы эмиссионный избыток в линии H α , переменность которого в течение орбитального цикла связана с неоднородной хромосферой звезд.

В данной работе представлены результаты наших фотометрических наблюдений системы в 2003г. и 2004г., а также анализ долговременной пятенной активности системы, выполненный на основе зональной модели.

2. Наблюдения. Наблюдения CG Суг проводились в течение двух сезонов: восьми ночей в августе - сентябре 2003г., и в течение 18 ночей в августе - октябре 2004г. Осенью 2003г. и в августе 2004г. звезда наблюдалась в полосах *BVR* с помощью многоканального (две звезды и фон) фотометра, установленного на 70-см телескопе АО Уральского университета [16]. Общая продолжительность наблюдений составляет 86.5 часа. При наблюдениях использовалась разработанная в УрГУ [17] автоматическая система регистрации данных и управления телескопом и фотометром, обеспечивающая автоматическую смену фильтров, микрометрические движения телескопа и автоматическое офсетное гидирование с использованием ПЗС-системы.

CG Суг и звезда сравнения наблюдалась с использованием диафрагм 23", а фон неба измерялся в диафрагме размером 30". Используемые ФЭУ термостатировались с точностью $\pm 0.5^\circ\text{C}$, что обеспечивало стабильность светочувствительности каналов звезд в пределах $\pm 0^{m.007}$ в течение всего периода наблюдений. Стабильность светочувствительности каналов контролировалась путем поочередных измерений звезды сравнения в первом и втором каналах фотометра перед началом основных наблюдений. Светочувствительность канала фона по отношению к каналам звезд определялась периодически каждые 24 минуты путем кратковременного вывода звезд из диафрагм и измерения фона во всех трех каналах одновременно. Затем различие светочувствительностей каналов по отношению к фону аппроксимировалось многочленом второй степени от времени.

Одновременные измерения фона неба в третьем канале фотометра были вычтены из измерений программной звезды и звезды сравнения с учетом различий в светочувствительности каналов. Затем были найдены разности звездных величин CG Суг и звезды сравнения. Поскольку угловое разделение между CG Суг и звездой сравнения не превышает 15', дифференциальные величины оказываются исправленными за атмосферную экстинкцию первого порядка и поглощение света тонкими облаками, появившимися иногда во время наблюдений. В течение семнадцати ночей было получено 12757 оценок блеска в цветах *B*, *V* и *R* с временами интегрирования 124 секунды. Средняя квадратичная

ошибка одного измерения, обусловленная фотонным и спинтилляционным шумами, не превышает $0^m.004$. Все данные были обработаны с помощью комплекса программ, разработанного для методики трехцветных наблюдений на 70-см телескопе Коуровской обсерватории.

В 2004г., кроме телескопа АО УрГУ, наблюдения проводились также на 1.25-метровом рефлекторе АЗТ-11 КрАО, оснащенный двулучевым *UBVRI* фотометром-поляриметром Пииролы [18], который позволяет квазисовременно измерять яркость звезды и фона неба во всех фильтрах. В принятой нами методике производились последовательные наведения на звезду сравнения (5 отсчетов), переменную (серия из 20 отсчетов) и контрольную звезду (5 отсчетов). Время накопления одного отсчета составляло 10 секунд. Значение блеска и показателей цвета CG Cyg получалось усреднением 20 отсчетов одной серии. Формальная точность определения блеска переменной в каждой полосе составляла при такой методике около $0^m.01$. В качестве звезды сравнения для обоих сезонов мы использовали звезду BD+34°4216 ($V=8^m.96$, $B-V=0^m.75$, $U-B=0^m.23$, $V-R=0^m.50$, $V-I=0^m.99$ [10;19]), стандартную для этой системы.

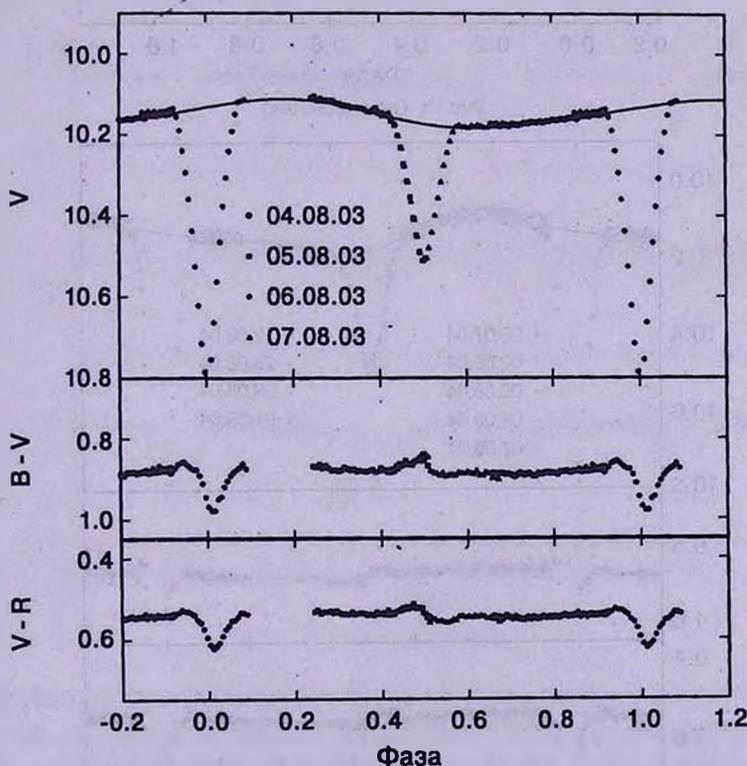


Рис.1. Нормальные кривые блеска CG Cyg в полосах *V* и изменения показателей цвета звезды: а - август 2003г., б - сентябрь 2003г., в - август 2004г., д - сентябрь - октябрь 2004г. Различными символами отмечены наблюдения в разные ночи. Сплошной линией показана аппроксимация синусоидой внезатменных колебаний блеска.

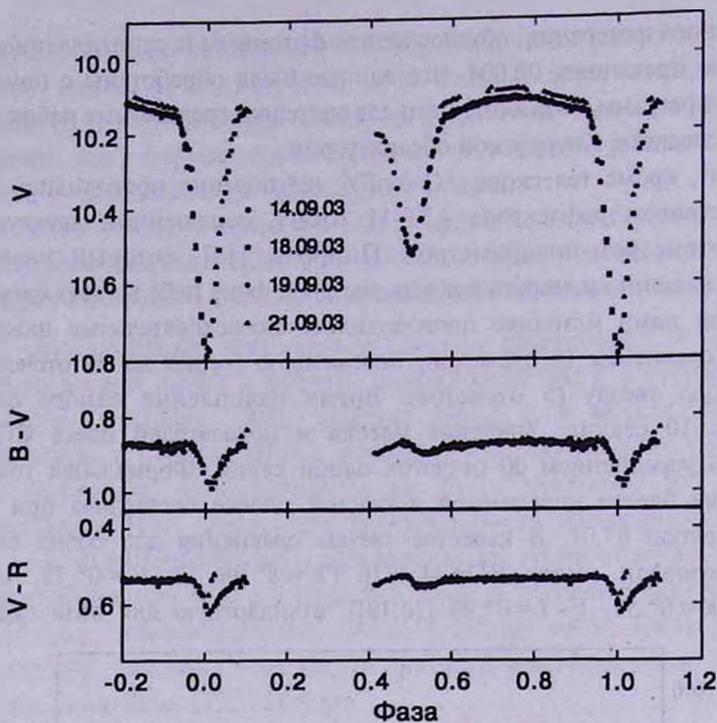


Рис.1б. (продолжение).

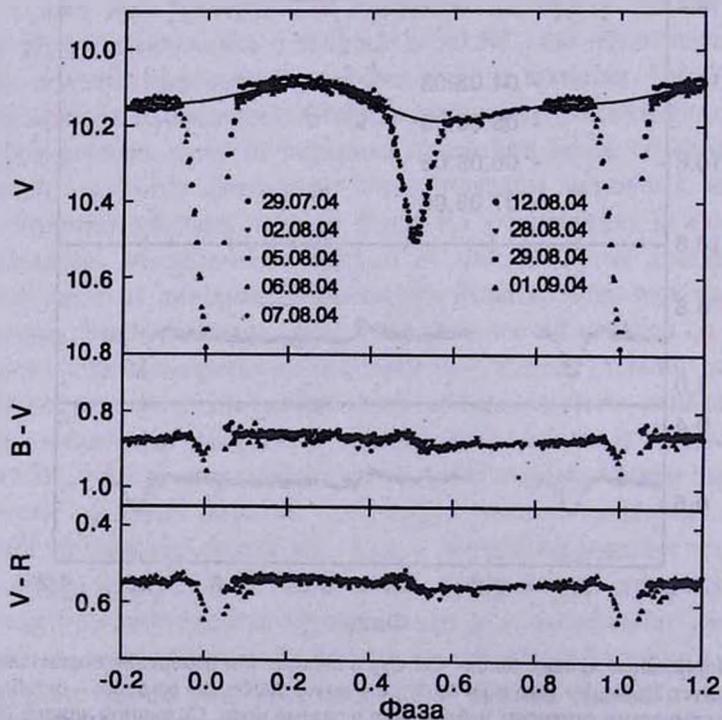


Рис.1с. (продолжение).

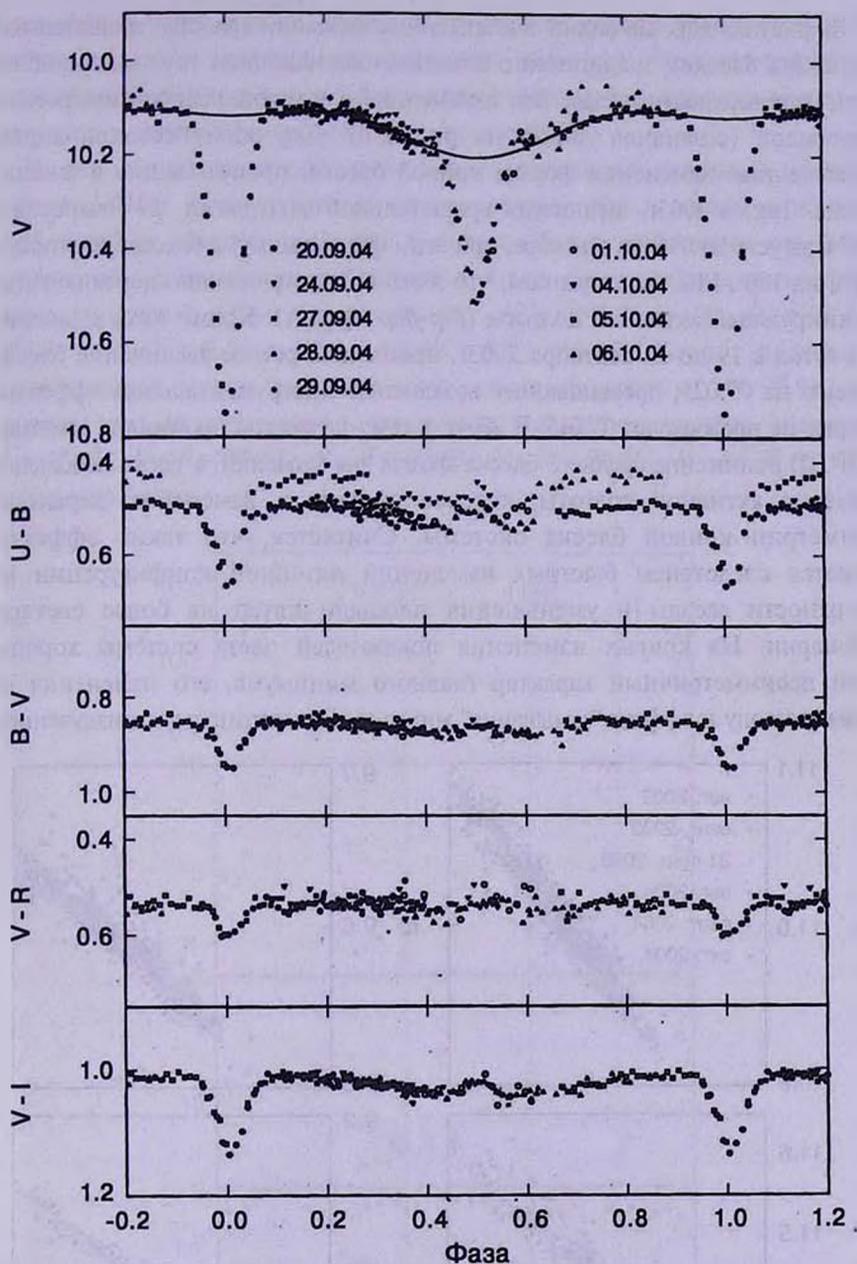


Рис.1d. (продолжение).

На рис.1a-d приведены кривые блеска CG Cyg в полосе V и ход показателей цвета звезды для обоих сезонов. Различными значками обозначены точки, полученные в различные наблюдательные ночи. Моменты минимумов были вычислены методом гауссиан по эфемериде [20]:

$$HJD = 2452490.4173 + 0.6311436 E.$$

На рисунке хорошо видны внезатменные вариации яркости (вращательная модуляция блеска), традиционно объясняемые наличием темных холодных пятен на поверхности звезды. Эти изменения были хорошо аппроксимированы синусоидой (сплошная линия на рис.1a-d). Для обоих сезонов видны существенные изменения формы кривой блеска, происходящие в течение месяца. Так, в 2003г. амплитуда вращательной модуляции ΔV выросла с $0^m.07$ в августе до $0^m.09$ в сентябре, при этом фаза минимума блеска изменилась почти на 180° . Мы предполагаем, что в это время произошло переключение доминирующей активной долготы (*flip-flop* эффект). Кроме того, в течение двух суток с 19 по 21 сентября 2003г. произошло резкое увеличение блеска системы на $0^m.025$, превышающее возможные инструментальные эффекты, которые не превосходят $0^m.015$. В 2004г. в течение месяца произошло заметное (на $0^m.02$) понижение среднего блеска звезды вне затмений, а также небольшое смещение активной долготы, которое привело к изменению характера асимметрии кривой блеска системы. Считается, что такие эффекты являются следствием быстрых изменений пятенной конфигурации на поверхности звезды и уменьшения площади пятен на более светлом полушарии. На кривых изменения показателей цвета системы хорошо виден несимметричный характер главного минимума, его изменения от сезона к сезону и эффект "замывания" минимума дополнительным излучением

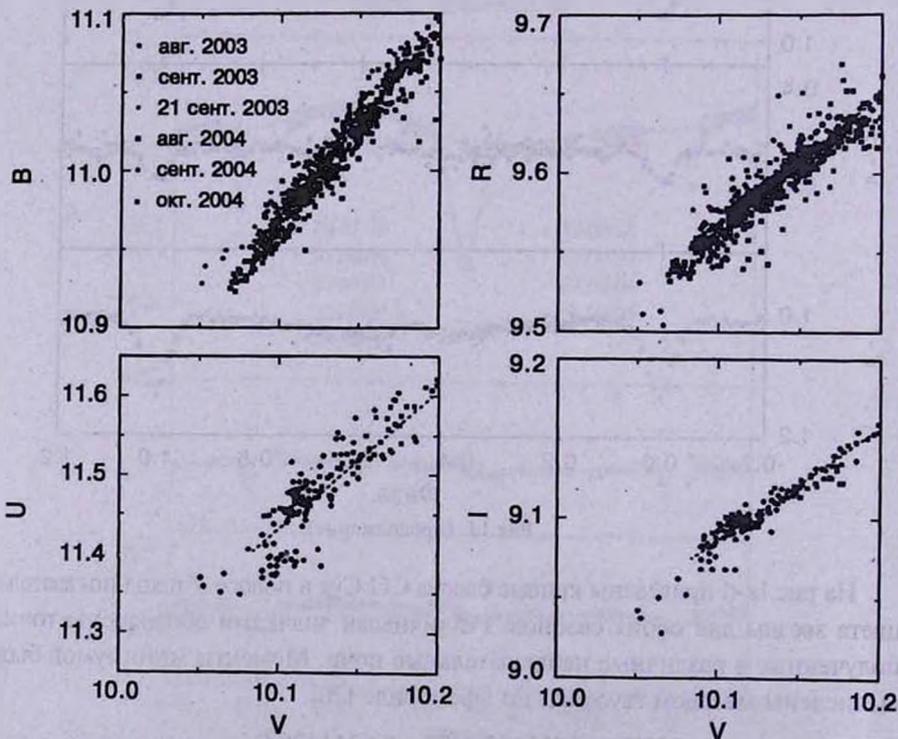


Рис.2. Двухцветные диаграммы внезатменных изменений блеска CG Cyg.

хромосферы. Эти явления указывают на неравномерное распределение по долготе пятен и хромосферно-активных областей. Несимметричность вторичного минимума и его изменения от сезона к сезону указывают на присутствие активности и у холодного компонента.

На рис.2 приведены сопоставления внезатменных вариаций блеска в полосах *UBVRI*. Как следует из этого рисунка, блеск звезды в полосах *UBRI* линейно зависит от блеска в полосе *V*, что характерно для фотометрической переменности, вызванной пятнами. Соответствующие коэффициенты линейной регрессии составляют $dU/dV = 1.76 \pm 0.08$, $dB/dV = 1.21 \pm 0.02$, $dR/dV = 0.80 \pm 0.01$, $dI/dV = 0.72 \pm 0.02$. Тогда, принимая максимальный блеск системы вне затмений равным $V = 9^m.98$, мы получаем для незапятненной фотосферы звезды следующие значения: $M_V = 4^m.81$, $U - B = 0^m.41$, $B - V = 0^m.83$, $V - R = 0^m.66$, $V - I = 0^m.98$ (для суммарного блеска).

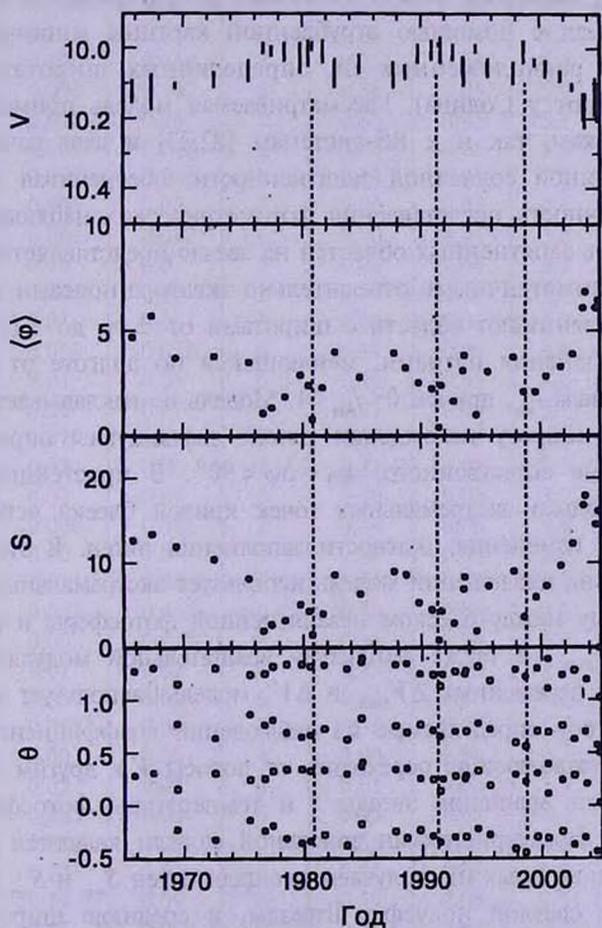


Рис.3. Долговременная кривая общего блеска системы с 1965г. по 2004г. в полосе *V*, ход средней широты пятен $\langle \phi \rangle$, их полной площади *S* и фазы минимального блеска θ .

3. *Моделирование запятненности.* Фотометрические исследования запятненности CG Cug имеют длительную - с 1965г. по 2003г. - историю. На рис.3 приведена сводная кривая общего блеска системы вне затмений в полосе V , построенная по нашим наблюдениям и данным литературы. Из рисунка видно, что за все время фотометрических наблюдений амплитуда вращательной модуляции блеска ΔV изменялась от $0^m.01$ до $0^m.10$, а средний блеск системы вне затмений изменялся на $0^m.15$. Максимальный блеск системы вне затмений достигал величины $V=9^m.98$ в 1980, 1991 и 1998 годах.

Несмотря на достаточно хорошую изученность CG Cug, исследования запятненности ее поверхности проводились исключительно фотометрическими методами в рамках простой двухпятенной модели, соответствующей двум активным долготам. Однако такая модель дает картину, качественно отличную от солнечной запятненности. Предложенная Алексеевым и Гершбергом [21] зональная модель описывает фотометрическое поведение запятненных звезд с помощью огрубленной картины многочисленных мелких пятен, расположенных на определенных широтах (аналог королевских широт у Солнца). Рассматриваемая модель применима как к звездам-карликам, так и к RS-системам [22,23] и дает качественное согласие с картиной солнечной запятненности, обеспечивая при этом необходимую точность представления фотометрических наблюдений.

Совокупность запятненных областей на звезде представляется в такой модели двумя симметричными относительно экватора поясами запятненности, которые занимают области с широтами от $\pm \varphi_0$ до $\pm(\varphi_0 + \Delta\varphi)$ с плотностью заполнения пятнами, меняющейся по долготе от единицы до некоторого числа f_{min} , причем $0 < f_{min} < 1$. Модель не накладывает никаких ограничений на широту нахождения пятен, являющуюся определяемой величиной, кроме естественного: $\varphi_0 + \Delta\varphi < 90^\circ$. В простейшем случае представления только экстремальных точек кривой блеска используется линейный закон изменения плотности заполнения пятен. В этом случае для каждого сезона наблюдений модель использует экстремальные точки в полосе V : разницу между блеском незапятненной фотосферы и сезонным максимумом ΔV_{max} , а также амплитуду вращательной модуляции ΔV . Помимо входных переменных ΔV_{max} и ΔV , модель использует в качестве входных параметров определяемые из наблюдений коэффициенты dB/dV , dR/dV и dI/dV (позволяющие переходить от полосы V к другим полосам), углы наклона оси вращения звезды i и температуры фотосферы T_{phot} . Определяемыми характеристиками зональной модели являются значения φ_0 , $\Delta\varphi$ и f_{min} , из которых мы получаем площади пятен S_{max} и S_{min} для более темной и более светлой полусфер звезды, и среднюю широту пятен $\langle \varphi \rangle = \varphi_0 + \Delta\varphi/2$. Также мы получаем контраст пятен в какой-либо полосе

(например, β_V), из которой определяется разность температур спокойной фотосферы и пятен.

При моделировании запятненности CG Cyg мы использовали значения температуры фотосферы, радиуса и скорости вращения из работы [8]. При расчетах запятненным принимался более горячий компонент, так как пятна на более холодном компоненте, согласно нашим расчетам, не могут обеспечить наблюдаемых значений dB/dV , dR/dV и dI/dV . Совместное же рассмотрение запятненности обоих компонентов выходит за рамки возможностей имеющегося алгоритма. Как и в других работах по

Таблица 1

ПАРАМЕТРЫ ПЯТЕН НА ГЛАВНОМ КОМПОНЕНТЕ CG Cyg

Эпоха	ΔV_{max}	ΔV	$\Delta \varphi$	f_{min}	β_V	S_{max}	S_{min}	Литература
1965.8	0.114	0.06	9	0.55	0.04	7.2	5.4	[10]
1967.4	0.096	0.098	11	0.36	0.04	8.3	5.1	[10]
1969.4	0.120	0.014	7	0.86	0.05	6.2	5.7	[10]
1972.6	0.090	0.042	8	0.58	0.05	5.9	4.5	[10]
1975.5	0.055	0.06	7	0.33	0.05	5.1	3.0	[10]
1976.7	0.005	0.028	-2	0.00	0.05	1.5	0.5	[10]
1977.4	0.015	0.026	3	0.19	0.05	1.8	0.9	[10]
1978.5	0.005	0.05	4	0.00	0.05	2.4	0.8	[7]
1979.8	0.006	0.082	6	0.00	0.04	3.8	1.3	[11]
1980.5	0.00	0.07	5	0.00	0.04	3.2	1.1	[11]
1980.8	0.004	0.02	2	0.00	0.05	1.1	0.4	[11]
1981.7	0.01	0.06	5	0.00	0.05	3.0	1.0	[4,12]
1982.7	0.052	0.078	8	0.24	0.04	5.6	3.0	[12,24]
1984.8	0.04	0.05	6	0.29	0.05	4.0	2.3	[12,25]
1987.7	0.06	0.07	8	0.31	0.05	5.7	3.3	[26,27]
1988.7	0.07	0.04	7	0.52	0.05	5.0	3.6	[28,29]
1989.9	0.03	0.05	5	0.21	0.05	3.5	1.8	[30]
1990.6	0.02	0.05	5	0.10	0.05	3.1	1.3	[31]
1991.5	0.006	0.006	1	0.34	0.06	0.6	0.3	[5,32]
1991.7	0.00	0.07	5	0.00	0.04	3.2	1.1	[33]
1992.7	0.01	0.04	3	0.01	0.05	2.2	0.7	[34]
1993.6	0.045	0.055	6	0.29	0.05	4.4	2.5	[34]
1993.7	0.05	0.075	8	0.24	0.04	5.4	2.9	[34]
1994.7	0.01	0.02	2	0.15	0.05	1.4	0.6	[35,36]
1995.7	0.05	0.05	6	0.35	0.05	4.5	2.7	[37]
1997.7	0.065	0.06	8	0.38	0.05	5.5	3.5	[38]
1998.7	0.00	0.06	4	0.00	0.04	2.7	0.9	[8]
1999.7	0.05	0.02	4	0.61	0.05	3.3	2.6	[19]
2000.5	0.055	0.04	6	0.45	0.05	4.3	2.9	[39]
2001.5	0.085	0.03	7	0.65	0.05	5.3	4.3	[19]
2002.5	0.12	0.02	8	0.81	0.05	6.4	5.8	[19]
2003.6	0.15	0.07	12	0.59	0.04	9.5	7.3	
2003.8	0.15	0.094	14	0.51	0.04	10.4	7.5	
2004.6	0.107	0.103	12	0.38	0.04	8.9	5.6	
2004.8	0.126	0.10	13	0.44	0.04	9.6	6.5	

моделированию пятен на CG Cуг, мы пренебрегли эффектами отражения и эллипсоидальности, учитывая только эффект дилуции от вторичного компонента. Значения параметров звездных пятен на CG Cуг приведены в табл.1. Согласно расчетам, пятна были расположены внутри симметричной относительно экватора области шириной $\Delta\varphi$ от 1° до 14° по обе стороны от экватора ($\varphi_0 = 0^\circ$). В пользу низкоширотного расположения активных областей говорит и несимметричная форма главного минимума. Параметр скважности заполнения пояса пятнами f_{min} изменялся от 0.00 до 0.86. Площадь пятен доходила до 18% полной поверхности звезды. Контраст пятен β_V составлял 0.03 - 0.06, то есть пятна холоднее фотосферы на 2000 - 2200 К. Формальные точности определения широт пятен $\sigma(\varphi_0)$ и $\sigma(\Delta\varphi)$ составляют при нашей методике 1° , ошибка определения скважности заполнения пятен $\sigma(f_{min}) = 0.01$, а точность оценки температуры пятен $\sigma(T_{spot}) = 50^\circ$

Полученные нами значения температуры пятен занимают промежуточное значение между оценками [26,28,35-38,40], принимающими абсолютно холодное пятно ($\beta_V = 0$) и данными [8,41], предсказывающими разность температур пятна и фотосферы около 1000 К, что совпадает с нашими оценками без учета полосы I . Рассматриваемая модель дает только грубую оценку параметров пятен системы, не принимая во внимание эффектов отражения, эллипсоидальности и активности холодного компонента.

4. *Фотометрические и абсолютные элементы орбиты.* Для того, чтобы достоверно определять фотометрические элементы орбиты, необходимо было избавиться от внезатменных колебаний блеска, вызванных пятнами. Мы применили процедуру исключения синусоидальных колебаний, стандартную при определении элементов запятненных систем: внезатменные колебания блеска аппроксимировались синусоидальной зависимостью с помощью метода наименьших квадратов и затем вычитались из кривой блеска.

Определение фотометрических элементов орбиты CG Cуг производилось по программе Лаврова, с использованием метода дифференциальных поправок [42,43]. Для анализа использовались наблюдательные данные,

Таблица 2

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОРБИТЫ CG Cуг

	B	V	R	Среднее значение
k	0.80 ± 0.02	0.81 ± 0.02	0.80 ± 0.02	0.80 ± 0.01
r_1	0.268 ± 0.002	0.270 ± 0.002	0.268 ± 0.002	0.269 ± 0.001
r_2	0.214 ± 0.002	0.219 ± 0.002	0.215 ± 0.002	0.216 ± 0.002
X_1	0.7	0.7	0.7	0.7
X_2	0.7	0.7	0.7	0.7
L_1	0.75 ± 0.01	0.714 ± 0.006	0.71 ± 0.01	0.72 ± 0.01
i	85 ± 3	84.0 ± 1.3	83.2 ± 1.0	84.1 ± 5.0

полученные в августе 2003г., т.к. в них достигнуто лучшее перекрытие орбитальных фаз системы и более высокая точность наблюдений по сравнению с данными, полученными в другие сезоны. Определенные элементы орбиты приведены в табл.2, где r_1 и r_2 - радиусы звезд, составляющих систему, выраженные в долях радиуса относительной орбиты, $k = r_2/r_1$ - отношение относительных радиусов, i - угол наклона орбиты, L_1 и L_2 - блеск звезд, составляющих систему, выраженный в долях суммарного блеска системы ($L_1 + L_2 = 1$); X_1 и X_2 - коэффициенты потемнения дисков звезд к краю.

Для определения абсолютных элементов орбиты были использованы результаты спектроскопических наблюдений, приведенные в работе [44]: эффективные температуры компонентов $T_1 = 5260$ К, $T_2 = 4720$ К, амплитуды лучевых скоростей $K_1 = 137.7 \pm 0.4$ км/с, $K_2 = 159.1 \pm 0.5$ км/с для главного и вторичного компонентов соответственно. Полученные абсолютные элементы орбиты представлены в табл.3, где $M_{1,2}$, $R_{1,2}$, $L_{1,2}$ - массы, радиусы и светимости компонентов, A - большая полуось

Таблица 3

АБСОЛЮТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОРБИТЫ CG Cyg

	<i>B</i>	<i>V</i>	<i>R</i>	Среднее значение
M_1/M_\odot	0.93 ± 0.02	0.93 ± 0.01	0.94 ± 0.01	0.93 ± 0.01
M_2/M_\odot	0.80 ± 0.02	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01
R_1/R_\odot	0.99 ± 0.04	1.01 ± 0.03	1.00 ± 0.03	1.00 ± 0.03
R_2/R_\odot	0.80 ± 0.03	0.82 ± 0.02	0.80 ± 0.02	0.81 ± 0.02
A/R_\odot	3.72 ± 0.14	3.73 ± 0.11	3.73 ± 0.11	3.73 ± 0.11
M_{bol}	5.11 ± 0.20	5.08 ± 0.15	5.10 ± 0.15	5.10 ± 0.16
M_{bol}	6.07 ± 0.19	6.01 ± 0.12	6.05 ± 0.13	6.04 ± 0.15
$\log(L_1/L_\odot)$	-0.19 ± 0.08	-0.18 ± 0.06	-0.19 ± 0.06	-0.19 ± 0.06
$\log(L_2/L_\odot)$	-0.58 ± 0.07	-0.55 ± 0.05	-0.57 ± 0.05	-0.57 ± 0.06

Таблица 4

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ ОРБИТЫ CG Cyg, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ АВТОРАМИ

<i>k</i>	r_1	r_2	L_1	<i>i</i>	Литература
0.94	0.238	0.223	0.62	83	[28]
0.86	0.25	0.215	0.7	82.3	[36]
0.94	0.24	0.225	0.63	83.3	[13]
0.94	0.24	0.225	0.7	82.4	[44]
0.83	0.266	0.221	0.7	82.6	[37]
0.83	0.26	0.216	0.72	83	[38]
0.95	0.24	0.228	0.7	82.1	[35]
0.81	0.267	0.216	0.78	83	[8]
0.81	0.27	0.219	0.714	84	

орбиты, $M_{1, \text{bol}}$ - абсолютная болометрическая звездная величина. Сравнение полученных элементов орбиты с результатами других авторов показало наилучшее согласие с элементами, полученными Хеккертом [38], а также Кюркчиевой и др. [8] (см. табл.4 и 5). Отношение масс компонентов системы $q = 0.87$.

5. *Заключение.* Таким образом, проведенные нами *UBVRI*-наблюдения CG Cug и моделирование ее запятненности дали следующие результаты:

Таблица 5

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ОБ АБСОЛЮТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ОРБИТЫ CG Cug, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ АВТОРАМИ

M_1/M_\odot	M_2/M_\odot	R_1/R_\odot	R_2/R_\odot	$M_{1, \text{bol}}$	$M_{2, \text{bol}}$	$\log(L_1/L_\odot)$	$\log(L_2/L_\odot)$	Литература
0.94	0.81	0.89	0.84	5.55	6.40	-0.26	-0.51	[44]
0.738	0.738	0.848	0.774					[13]
0.97	0.80	1.00	0.83					[8]
0.97	0.80	0.89	0.84	5.36	5.98			[45]
0.93	0.81	1.01	0.82	5.08	6.01	-0.18	-0.55	

Для сезонов *2003г. и 2004г. была обнаружена вызванная пятнами возмущающая волна с амплитудой переменности до $\Delta V = 0^m.10$. В оба сезона были отмечены ее быстрые изменения в течение месяца, связанные с переключением активных долгот и существенными изменениями конфигурации пятен на поверхности более горячего компонента системы. Отмечена активность солнечного типа у более холодного компонента, которая проявляется в асимметрии и переменности вторичного минимума системы.

Построена сводная кривая блеска звезды, оценены абсолютная звездная величина и показатели цвета незапятненной фотосферы главного компонента системы. Заподозрена цикличность фотометрической переменности CG Cug с характерным временем около 20 лет (рис.3).

Проведенное моделирование запятненности горячего компонента CG Cug показало, что во все эпохи фотометрических наблюдений пятна были сконцентрированы вблизи экватора, внутри полосы шириной до $\Delta\phi = 14^\circ$ по обе стороны экватора. Полная площадь пятен доходит до 18% поверхности звезды и показывает корреляцию со средней широтой пятен, давая картину, противоположную солнечной диаграмме бабочек - дрейф пятен от экватора со скоростью $\delta\phi = 0.45 \pm 0.11$ градусов в год по мере роста площади пятен. Пятна холоднее окружающей фотосферы на 2100 К. Таким образом, CG Cug является наиболее горячей звездой нашей выборки [46], у которой пояса запятненности сливаются на экваторе.

Согласно опубликованным кривым блеска, на звезде наблюдается присутствие двух активных долгот, разнесенных примерно на полпериода

[13], и происходящее время от времени переключение доминирующей долготы (*flip-flop* эффект). Подобная смена доминирующей долготы наблюдалась нами осенью 2003г. Эпохи переключения активных долгот, в отличие от других переменных типа RS CVn, не показывают явных цикличностей. Они плохо коррелированы с фотометрическим циклом звезды, но мы можем заподозрить некоторую синхронизацию переключения активных долгот и наименьшей площади пятен вблизи сезонов 1980, 1991 и 1998 годов.

Фазы минимального блеска звезды вне затмений (долготы наиболее запятненных областей) показывают плавные колебания со временем, которые, вероятно, цикличны с характерным временем около 20 лет. Сопоставление долготы наиболее запятненных областей со средней широтой пятен указывает на возможное присутствие у горячего компонента дифференциального вращения солнечного типа с коэффициентом $D_r = 1 - \omega_{pole}/\omega_{eq} = 0.042 \pm 0.015$. Полученные оценки широтного дрейфа и дифференциального вращения согласуются с найденной нами [46,47] зависимостью этих величин от спектрального класса звезды. Сочетание положительного дифференциального вращения с широтным дрейфом пятен к полюсу указывает на то, что CG Cyg близка к состоянию, переходному между "солнечным" и "антисолнечным" характером динамо. Аналогичное поведение мы наблюдаем у известной системы HU Vir (K1V) [46].

Проведено уточнение фотометрических и абсолютных элементов орбиты системы CG Cyg.

Авторы благодарны за ценные замечания сотрудникам КрАО Р.Е.Гершбергу и С.И.Плячиде. И.Ю.Алексеев выражает благодарность Украинскому государственному фонду фундаментального развития за частичную поддержку грантом No 02.07/00300. Авторы благодарны д-ру Д.Марчеву и д-ру В.Оглозе за предоставленные данные.

¹ Уральский государственный университет,
Россия, e-mail: kozhevnikova-a@yandex.ru

² Крымская астрофизическая обсерватория,
Украина, e-mail: ilya@crao.crimea.ua

LONG-TERM STARSPOTS ACTIVITY OF ECLIPSING BINARY CG Cyg

A.V.KOZHEVNIKOVA¹, I.Yu.ALEKSEEV², V.P.KOZHEVNIKOV¹,
M.A.SVECHNIKOV¹

Long-term photometric observations of CG Cyg (G9+K3, $P=0^d.63$), a short period eclipsing RS CVn binary, carried out in 2003 and 2004, are presented. We used zonal starspot model to find spot parameters from our recent observations and archival published data back to 1965. In all seasons spotted regions were concentrated near the equator, spots covered up to 18% of the total stellar surface, the temperature difference between the spotted regions and quiet photosphere was up to 2200 K. Cyclic variations of the spot coverage, spot latitudes and a *flip-flop* phenomena are suspected. We reveal star differential rotation and latitudinal spot drift during the cycle. Solution of the rectified light curve yielded $M_1 = 0.93 M_{\odot}$, $M_2 = 0.81 M_{\odot}$, $R_1 = 1.01 R_{\odot}$, $R_2 = 0.82 R_{\odot}$.

Key words: (stars):binaries:eclipsing - individual:CG Cyg

ЛИТЕРАТУРА

1. D.S.Hall, in IUA Colloquium 29, Multiple Periodic Variable Stars, Part I, 287, 1976.
2. D.S.Hall, J.M.Kreiner, Acta Astron., 30, 387, 1980.
3. E.F.Milone, K.E.Ziebarth, Publ. Astron. Soc. Pacif., 86, 684, 1974.
4. M.Zeilik, R.Elston, G.Henson et al., Inform. Bull. Var. Stars, 2138, 1982.
5. A.Dapergolas, E.Kontizas, M.Kontizas, Inform. Bull. Var. Stars, 3719, 1992.
6. D.S.Hall, Astrophys. J., 380, L85, 1991.
7. S.A.Naftilan, E.F.Milone, Astron. J., 90, 761, 1985.
8. D.P.Kjurkchieva, D.V.Marchev, W.Ogloza, Astron. Astrophys., 400, 623, 2003.
9. A.Williams, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 82, 300, 1922.
10. E.F.Milone, K.G.Castle, R.M.Robb et al., Astron. J., 84, 417, 1979.
11. J.R.Sowell, J.W.Wilson, D.S.Hall, P.E.Peyman, Publ. Astron. Soc. Pacif., 99, 407, 1987.
12. S.A.Naftilan, C.Grillmair, G.Trager, Astron. J., 93, 210, 1987.
13. M.Zeilik, S.Gordon, E.Juderlund et al., Astron. J., 421, 303, 1994.
14. S.A.Naftilan, E.F.Milone, Astron. J., 84, 1218, 1979.
15. C.Lazaro, M.J.Arevalo, Astron. J., 113, 2283, 1997.
16. V.P.Kozhevnikov, P.E.Zakharova, Astron. Soc. Pacif. Conf. Ser., 219, 381,

2000.

17. *В.П.Кожевников*, "Физика космоса", ред. П.Е.Захарова, Э.Д.Кузнецов и др., Изд-во УрГУ, Екатеринбург, 2002, с.169.
18. *V.Pirola*, *Observ. Astrophys. Lab. Univ. Helsinki. Rep.*, **6**, 151, 1984.
19. *M.Afsar, P.A.Heckert, C.Ibanoglu*, *Astron. Astrophys.*, **420**, 595, 2004.
20. *T.Pribulla, M.Vanko, S.Parimu, D.Chochol*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **5341**, 2002.
21. *И.Ю.Алексеев, Р.Е.Гершберг*, *Астрофизика*, **39**, 67, 1996.
22. *И.Ю.Алексеев, О.В.Козлова*, *Astron. Astrophys.*, **403**, 205, 2003.
23. *И.Ю.Алексеев, А.В.Кожевникова*, *Астрофизика*, **47**, 519, 2004.
24. *R.M.Robb*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **2530**, 1984.
25. *D.K.Bedford, J.J.Fuensalida, M.J.Arevalo*, *Astron. Astrophys.*, **182**, 264, 1987.
26. *P.A.Heckert, M.Zeilik*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **3294**, 1989.
27. *A.Dapergolas, E.Kontizas, M.Kontizas*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **3322**, 1989.
28. *T.Banks, E.Budding*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **3305**, 1989.
29. *A.Dapergolas, E.Kontizas, M.Kontizas*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **3249**, 1988.
30. *D.Beckert, S.Gordon, E.Jaderlund et al.*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **3556**, 1991.
31. *A.Dapergolas, E.Kontizas, M.Kontizas*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **3609**, 1991.
32. *M.Zeilik, M.Ledlow, M.Rhodes et al.*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **3663**, 1991.
33. *P.A.Heckert, M.Zeilik*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **3688**, 1991.
34. *A.Dapergolas, E.Kontizas, M.Kontizas*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **4051**, 1994.
35. *A.Dapergolas, E.Kontizas, M.Kontizas*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **5011**, 2000.
36. *P.A.Heckert*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **4127**, 1994.
37. *P.A.Heckert*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **4371**, 1996.
38. *P.A.Heckert*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **4627**, 1998.
39. *M.Asfar, C.Ibanoglu*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **4979**, 2000.
40. *E.Budding, M.Zeilik*, *Astrophys. J.*, **319**, 827, 1987.
41. *D.Beckert, D.Cox, S.Gordon et al.*, *Inform. Bull. Var. Stars*, **3398**, 1989.
42. *М.И.Лавров*, "Машинный анализ кривых блеска затменных двойных звезд", Часть I., Казань, 36, 1980.
43. *М.И.Лавров*, *Труды Казан. гор. астрон. обсерв.*, **43**, 53, 1993.
44. *D.M.Popper*, *Astron. J.*, **108**, 1091, 1994.
45. *G.N.Dryomova, M.A.Svechnikov*, *Astron. Astrophys.*, (in press), 2004.
46. *И.Ю.Алексеев, А.В.Кожевникова*, *Астрофизика*, (в печати), 2005.
47. *И.Ю.Алексеев*, *Solar Phys.*, (in press), 2004.