

УДК: 524.316

ИЗМЕНЕНИЕ ОРБИТАЛЬНОГО ПЕРИОДА
КОНТАКТНЫХ ТИПА W UMa - СИСТЕМ

Г.Н.ДРЕМОВА, М.А.СВЕЧНИКОВ

Поступила 16 ноября 2005

Принята к печати 9 июня 2006

Исследуется вековое изменение орбитального периода P_{orb} в зависимости от отношения масс компонентов q на выборке из 73 контактных систем класса W UMa, составленной на основе современного (1991-2003гг.) литературного обзора данных фотометрических и спектроскопических наблюдений. Практически у всех W UMa-систем (> 93% рассматриваемой выборки) обнаружено изменение орбитального периода P_{orb} , характер которого - знакопеременный независимо от деления на A- и W-подклассы. Статистическое изучение данной выборки по наблюдаемым характеристикам dP_{orb}/dt и q показало, что в среднем одинаковы количество увеличений (35 систем) и уменьшений периодов (33 системы), что указывает в пользу существования потоков, направленных попеременно от одной компоненты к другой и иллюстрирует циклический характер тепловых осцилляций. Анализ поведения dP_{orb}/dt в зависимости от массового интервала главной компоненты позволил уточнить граничное значение отношения масс $q \approx 0.4 + 0.45$ для разделения контактных двойных на A- и W-подклассы. Не обнаружено корреляций фактора переполнения внешней контактной конфигурации, полной массы контактной системы, отношения масс ее компонентов со знаком векового изменения периода. Обсуждаются физические свойства и эволюционные особенности изучаемых систем.

1. *Введение.* История изучения затменных систем поздних спектральных классов типа W UMa уходит в начало шестидесятых годов прошлого века. Среди тесных двойных звезд этот класс контактных систем является наиболее многочисленным и хорошо обеспечен фотометрическими и спектроскопическими данными наблюдений. Это связано с их короткопериодичностью ($P_{orb} \leq 12^h$) и способом открытия их как затменно-переменных. Несмотря на непрерывно уточняющуюся наблюдательную информацию и постоянно усложняющиеся теоретические модели звезд этого типа, их природа окончательно не разгадана. Отчасти это объясняется спецификой исследования W UMa-систем - трудностями самосогласованного определения физических и геометрических параметров компонентов, и одновременно описания механизма передачи массы и энергии в контактной конфигурации компонентов, погруженных в общую оболочку.

Анализ многочисленных наблюдательных данных позволяет выделить целый ряд неразрешенных вопросов, среди которых наибольший интерес заслуживают три так называемых парадокса:

1. Парадокс Люси [1], вытекающий из условия равных температур компонентов (о чем свидетельствуют как спектральные, так и фотометрические данные), когда отношение их светимостей прямо пропорционально отношению масс q , что входит в противоречие со стандартным соотношением "масса-светимость" ($M - L$) для звезд Главной последовательности (ГП), имеющим степенной характер ($a \approx 4$). Изоэнтропийные равновесные модели контактных систем в предположении CNO-цикла в главном компоненте, а в спутнике - $p-p$ цикла также не снимают противоречия, отклоняя характер зависимости "масса-радиус" ($M - R$) от требуемого условием контакта.

2. Парадокс Биннендийка [2], связанный с наличием двух типов затмения в главном минимуме, что приводит к феноменологическому делению контактных систем на два подкласса - А (*transit*) и W (*occultation*). В своих физических свойствах эти подклассы различаются тем, что массы и степень контакта W-систем в среднем меньше, а q и эффективные температуры - больше в отличие от А-систем; также остается неразрешенной категория контактных систем, попеременно демонстрирующих свойства W- и А-подклассов.

3. Эффект О'Коннела, показывающий различие высот главного и вторичного максимумов, что означает разную яркость контактной двойной системы на моменты орбитальной фазы 0.25 и 0.75 [3].

Суммируя результаты наблюдений в оптическом, рентгеновском, УФ, ИК и радиодиапазонах [4-6], можно заключить о наличии у контактных W УМа-систем сильно переменной короны, возникновение и механизмы прогрева которой предполагают наличие магнитного поля (до нескольких сотен Гаусс), сгенерированного динамо-механизмом в дифференциально вращающихся конвективных слоях [7]. Косвенным подтверждением магнитных полей у звезд поздних спектральных классов могут служить:

- корреляция предсказанного периода цикличности $P_{\text{ср}}$ с числом динамо N_D [8];
- корреляция рентгеновской светимости L_x со скоростью вращения v_{rot} [9];
- пятенная активность;
- аномальное отношение поверхностных яркостей J_1/J_2 в системах W-подкласса [10-11];
- рассогласование сложного изменения кривых цвета и кривых блеска с заметно выраженными депрессиями [12];
- фотометрическая волна - появление пятна на поверхности главного компонента из-за искажения его магнитного поля при переносе вещества со спутника [13];

- *хромосферная активность*, проявляющаяся в резонансном дублете Mg II 2802 Å и Luα [14], эмиссионные потоки в которых очень чувствительны к эффективной температуре звезды; важно отметить, что между W- и A-подклассами нет заметного различия в хромосферной эмиссии [15], тогда как при переходе от W-систем к A-подклассу рентгеновский поток уменьшается;

- *потеря массы* [16] и скачкообразный характер изменений P_{orb} [17].

Изучение последнего вопроса и будет составлять предмет данной статьи.

2. *Вековое изменение P_{orb}* . Из анализа O-C диаграмм Крайнер [17] показал, что у всех контактных типа W UMa отмечается скачкообразный характер изменений орбитального периода с последующей его стабилизацией в течение $10^4 \cdot P_{orb}$. Амплитуды орбитальных изменений в большинстве случаев нельзя объяснить эффектом удаленного третьего тела, но их можно описать в рамках процесса переноса массы, как в пределах контактной системы, так и из системы и процесса потери полного углового момента, запасенного в системе.

Современная модель происхождения и эволюции W UMa-систем, связывающая в рамках теории магнитного торможения [18-22] разделенные двойные (с массой главного компонента $M_1 \leq 1.5 \div 2 M_{\odot}$), предконтактные типа *короткопериодические RS CVn* ($P_{orb} \leq 1^d.2$) и W UMa-звезды в единую эволюционную цепочку [23,24], разумно воспроизводит статистику контактных двойных среди объектов поля [25-27]. Потеря орбитального углового момента из-за магнитного звездного ветра должна сказаться на вековом уменьшении P_{orb} .

На основе современного (1991-2003гг.) литературного обзора данных многоцветной фотометрии, фотоэлектрических, спектроскопических и старых фотографических наблюдений для 73 W UMa-систем с рассчитанными квадратичными эфемеридами вида $Min I = T_0 + P \cdot E + Q \cdot E^2 + \Delta t$ было проведено статистическое исследование зависимости величины изменения P_{orb} от отношения масс компонентов (табл.1). Коэффициент квадратичного члена Q позволяет оценить вековое изменение (уменьшение или возрастание в зависимости от знака) орбитального периода как $dP_{orb}/dt = 2 \cdot Q \cdot 365/P_{orb}$ (день/год).

На рис.1 представлена зависимость векового изменения орбитального периода от отношения масс компонентов для 37 контактных систем W-подкласса, анализ которой не позволяет подтвердить выводы, сделанные Кианом [109] о том, что при $q > 0.4$ W UMa-системы W-подкласса демонстрируют вековое возрастание орбитального периода, а при $q < 0.4$ - вековое убывание. В данном же случае можно говорить о равновероятном распределении знака величины dP_{orb}/dt на интервале

ПАРАМЕТРЫ КОНТАКТНЫХ ЗВЕЗД ТИПА W UMa

№	KW системы	P_{orb}	dP/dt	q	M_{in}	$f, \%$	Тип	Литература	Примечание	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	AB And	0.332	$+9.6 \cdot 10^{-8}$	0.49 _{sp}	1.55	15	W	[28-31]	ПР? <i>i</i> из [34]	
2	CN And	0.462	$-2.26 \cdot 10^{-7}$	0.39 _{sp}	1.8	43	W	[30-33]		
3	EP And	0.404	$+1.16 \cdot 10^{-7}$	0.34 _{sp}	-2.1	39	W	[30,31,33,34]		
4	GZ And	0.305	$+7.3 \cdot 10^{-8}$	0.51 _{sp}	-1.83	-	W	[30,31,35]		
5	OO Aql	0.507	$-2.33 \cdot 10^{-7}$	0.84 _{sp}	1.92	27	A	[30, 36]		
6	V417 Aql	0.370	$-5.5 \cdot 10^{-8}$	0.36 _{sp}	1.90	19	W	[30, 37]		
7	V803 Aql	0.263	$-1 \cdot 10^{-8}$	1 _{ph}	1.58	8	W	[30,31,38]		
8	SS Ari	0.406	$-6.08 \cdot 10^{-7}$	0.30 _{sp}	1.51	13	W	[30,39,40]		
9	TZ Boo	0.297	$-1.18 \cdot 10^{-7}$	0.13 _{sp}	0.89	-	A/W	[30,41,100]		
10	VV Boo	0.342	$-1.7 \cdot 10^{-7}$	0.43 _{sp}	1.38	72	A	[30,42]		
11	XY Boo	0.370	$+6.13 \cdot 10^{-7}$	0.16 _{sp}	1.73	5	A	[30,31,43,44]		
12	44i Boo	0.268	$+1.49 \cdot 10^{-7}$	0.49 _{sp}	1.38	0	W	[30,41,45]		
13	AD Cnc	0.283	$+4.4 \cdot 10^{-7}$	0.62 _{ph}	1.51	14	W	[30,31,46]		
14	UW CVn	0.292	0	0.24 _{ph}	-	20	W	[47]		устойчивый P_{orb}
15	BO CVn	0.517	$+4.28 \cdot 10^{-7}$	0.21 _{ph}	-	18	A	[30, 48]		
16	V471 Cas	0.405	0	0.59 _{ph}	-	19	A	[49]		устойчивый P_{orb}
17	V523 Cas	0.233	$+9.09 \cdot 10^{-8}$	0.42 _{ph}	0.86	20	W	[30,50]		
18	V676 Cen	0.292	$+1.02 \cdot 10^{-7}$	0.72 _{ph}	1.67	9	W	[51]		M_1 из [34]
19	V758 Cen	0.581	$-2.26 \cdot 10^{-9}$	0.27 _{ph}	≈ 3	42	-	[106]		M_1+M_2 из [34] КР-класс
20	VW Cep	0.278	$-2.08 \cdot 10^{-7}$	0.4 _{sp}	1.19	22	W	[52,53]		
21	GW Cep	0.319	$-6.62 \cdot 10^{-8}$	0.37 _{ph}	1.45	11	W	[31,54]		
22	RW Com	0.237	$-4.3 \cdot 10^{-8}$	0.34 _{ph}	1.23	17	W	[31, 55]		
23	SS Com	0.413	$+5.91 \cdot 10^{-7}$	0.4 _{ph}	2.2	-	W	[34, 56]	M_1+M_2, q из [34]	
24	CC Com	0.221	$-4.39 \cdot 10^{-8}$	0.47 _{sp}	1.2	20	W	[31, 50]		
25	EK Com	0.267	$-5.6 \cdot 10^{-8}$	0.30 _{sp}	-	15	W	[30, 57]		
26	W Crv	0.388	$\pm 2.89 \cdot 10^{-9}$	0.68 _{ph}	1.68	15	A	[30, 58]	морф. из [31]	
27	CV Cyg	0.983	$-4.36 \cdot 10^{-7}$	0.21 _{ph}	2.42	49	A/W	[30, 98]	M_1+M_2 из [34] Предконтактная?	
28	DK Cyg	0.471	$+8.92 \cdot 10^{-8}$	0.32 _{sp}	2.34	55	A	[30,59, 60]		
29	V401 Cyg	0.583	$+9.26 \cdot 10^{-8}$	0.29 _{sp}	2.17	46	A	[30,59]		
30	V865 Cyg	0.365	$+5.4 \cdot 10^{-8}$	0.45 _{ph}	1.93	18	A	[30,61]	M_1 из [34]	
31	V1073 Cyg	0.786	$-3.84 \cdot 10^{-7}$	0.32 _{sp}	1.98	4	A	[30]		
32	LS Del	0.364	$+2.13 \cdot 10^{-7}$	0.38 _{sp}	1.46	6	W	[30,62,103]		
33	AM Eri	0.316	$+4.39 \cdot 10^{-7}$	-	-	-	-	[56]		
34	BL Eri	0.417	$+7.5 \cdot 10^{-8}$	0.54 _{sp}	0.94	16	A	[30,63]		
35	CT Eri	0.634	$+5.87 \cdot 10^{-8}$	0.32 _{sp}	2.93	-	W	[34,106]	M_1+M_2, q из [34]	
36	V728 Her	0.471	$+3.58 \cdot 10^{-7}$	0.18 _{sp}	1.95	71	W	[30,64,65]		
37	V 842 Her	0.419	$+9.25 \cdot 10^{-7}$	0.26 _{sp}	1.71	25	W	[30,43]		
38	DF Hya	0.331	$+1.65 \cdot 10^{-7}$	0.42 _{ph}	1.48	12	W	[30,31,66]		
39	EZ Hya	0.450	$-6.9 \cdot 10^{-7}$	0.25 _{sp}	2.2	-	A	[30, 67]	<i>i</i> из [34]	
40	SW Lac	0.321	$-5.84 \cdot 10^{-7}$	0.8 _{sp}	1.82	39	W	[30, 68]		
41	UZ Leo	0.618	$+3.59 \cdot 10^{-7}$	0.3 _{sp}	2.7	85	A	[30, 69]	КР-класс [34]	
42	AM Leo	0.366	$-1.53 \cdot 10^{-8}$	0.45 _{sp}	2.0	15	A/W	[30, 70]		
43	CE Leo	0.303	$+7.2 \cdot 10^{-7}$	0.5 _{ph}	1.41	3	W	[31, 71]		

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
44	XZ Leo	0.488	$+1.6 \cdot 10^{-6}$	0.72_{ph}	2.85	2	A	[31,99]	1982 $dP/dt > 0$
45	UV Lyn	0.415	$+1.57 \cdot 10^{-7}$	0.37_{sp}	1.85	45	A	[30, 72]	
46	V502 Oph	0.453	$-1.45 \cdot 10^{-7}$	0.37_{sp}	1.78	24	W	[30, 73]	KP-класс [34]
47	V508 Oph	0.345	$+3.47 \cdot 10^{-8}$	0.53_{ph}	1.53	10	A	[74]	
48	V566 Oph	0.410	$+1.73 \cdot 10^{-6}$	0.24_{sp}	1.83	41	A	[30, 75, 76]	M_1 из [34]
49	V839 Oph	0.409	$+3.1 \cdot 10^{-7}$	0.3_{sp}	2.2	39	A	[30, 77, 78]	
50	V1010 Oph	0.661	$-4.1 \cdot 10^{-7}$	0.45_{ph}	2.5	0	-	[67,101]	M_1 из [34]
51	ER Ori	0.423	$+1.31 \cdot 10^{-7}$	0.64_{ph}	2.51	15	W	[30, 79]	
52	FZ Ori	0.400	$-7.16 \cdot 10^{-8}$	0.79_{ph}	2.6	50	W	[34,80,108]	M_1 из [34]
53	BF Pav	0.302	$+1.62 \cdot 10^{-7}$	0.71_{ph}	1.9	10	W	[30,81]	
54	LT Pav	0.394	$-2.52 \cdot 10^{-7}$	0.34_{ph}	3.84	34	A	[82,83]	$M_1 + M_2$ из [34]
55	U Peg	0.375	$-1.05 \cdot 10^{-7}$	0.32_{sp}	1.45	9	W	[28,30]	
56	BB Peg	0.361	$+1.5 \cdot 10^{-7}$	0.36_{sp}	1.95	37	W	[30,102]	P_{orb} const 30 лет P_{orb} const [59] $M_1 + M_2$ из [34] P_{orb} const 1954-1979гг.
57	BX Peg	0.280	$-1.4 \cdot 10^{-7}$	0.38_{sp}	1.41	19	W	[84]	
58	BY Peg	0.342	$-1.67 \cdot 10^{-7}$	-	-	-	W	[56]	P_{orb} const 30 лет P_{orb} const [59] $M_1 + M_2$ из [34] P_{orb} const 1954-1979гг.
59	YZ Phe	0.235	0	0.41_{ph}	-	16	W	[85]	
60	AD Phe	0.380	0	0.94_{ph}	2.03	15	A	[30,31]	$M_1 + M_2$ из [34] P_{orb} const 1954-1979гг.
61	V743 Sgr	0.277	$-4.35 \cdot 10^{-8}$	0.32_{ph}	1.18	10	W	[30,31,105]	
62	Y Sex	0.420	$-5.5 \cdot 10^{-8}$	0.18_{sp}	1.43	0	A	[86,100,104]	$dP/dt = -5.11 \cdot 10^{-9}$ за период 1944-1976гг. $M_1 + M_2$ из [34]
63	RZ Tau	0.416	$+4.02 \cdot 10^{-8}$	0.54_{sp}	2.52	33	A	[30, 79,107]	
64	AH Tau	0.333	$+5.48 \cdot 10^{-8}$	0.77_{ph}	1.64	9	A	[30, 87,108]	предконтактная
65	EQ Tau	0.341	$-1.72 \cdot 10^{-7}$	0.44_{sp}	1.76	12	A	[30, 56]	
66	GR Tau	0.430	$-1.19 \cdot 10^{-7}$	0.22_{ph}	1.73	0	-	[88,89]	квазипериодическое изменение P_{orb} с 1902 $M_1 + M_2$ из [31]
67	V781 Tau	0.345	$-1.83 \cdot 10^{-8}$	0.4_{sp}	1.74	23	W	[90,91]	
68	W UMa	0.333	-	0.49_{sp}	1.69	32	W	[30]	предконтактная
69	TY UMa	0.354	$+2.12 \cdot 10^{-7}$	0.43_{ph}	1.49	27	W	[30,92]	
70	XY UMa	0.479	$+2.82 \cdot 10^{-8}$	0.61_{ph}	1.76	0	β Lyr	[93,94]	$M_1 + M_2$ из [34]
71	AW UMa	0.439	$-2 \cdot 10^{-7}$	0.08_{sp}	1.93	85	A	[30,95]	
72	BM UMa	0.271	$-1.02 \cdot 10^{-7}$	0.54_{ph}	≈ 1.46	17	W	[96]	$M_1 + M_2$ из [34]
73	AH Vir	0.407	$+1.0 \cdot 10^{-7}$	0.42_{ph}	1.9	24	W	[30,97]	

$q \sim 0.3 \div 0.5$ и имеющей место в отдельных случаях антикорреляции этих величин по сравнению с [109]. Так, например, период системы SW Lac последние десять лет непрерывно уменьшается [110] и оценивается как $-5.84 \cdot 10^{-7}$ день/год, в то время как спектроскопическая оценка q_{sp} достигает 0.8 [30]. Аналогичное замечание можно сделать для систем FZ Ori и BM UMa. В первом случае фотометрическая оценка эволюционного параметра q_{ph} по программе Вильсона-Девинни для случая звездной пятенной модели [108] и темп изменения периода, рассчитанный по квадратичной эфемериде [80] составляют 0.79 и

$-7.16 \cdot 10^{-8}$ день/год, соответственно. Во втором случае изучение орбитального периода ВМ UMa на протяжении более чем тридцати лет показало медленное, но непрерывное его уменьшение со скоростью $1.02 \cdot 10^{-7}$ день/год, а фотометрическое решение синтетических кривых

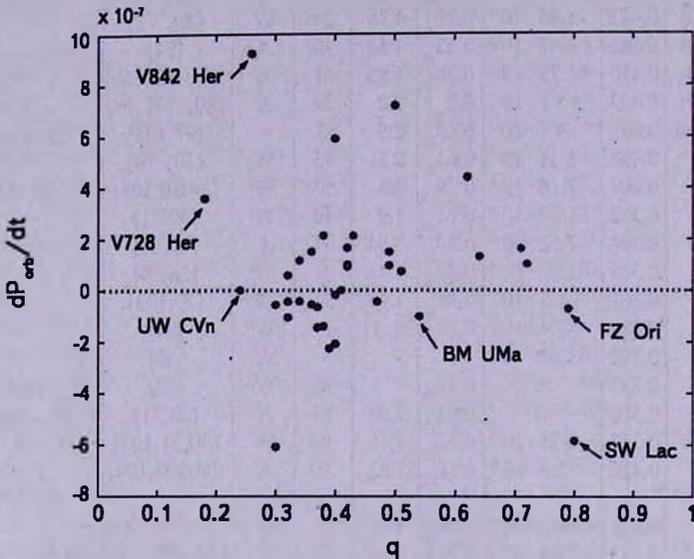


Рис.1. Зависимость векового изменения орбитального периода от отношения масс компонентов контактных систем типа W UMa подкласса W.

блеска дало оценку $q_{ph} \sim 0.54$ [96]. Другими примерами антикорреляции dP_{orb}/dt и q можно назвать контактные системы V728 Her и V842 Her, для которых спектроскопические наблюдения дают очень малое отношение масс - 0.18 и 0.26 - притом, что анализ квадратичных эфемерид указывает на вековое возрастание орбитальных периодов $+3.58 \cdot 10^{-7}$ [65] и $+9.25 \cdot 10^{-7}$ [43] день/год, соответственно.

Здесь необходимо обратить внимание на серьезные трудности в определении отношения масс фотометрически, когда имеется несколько заметно различающихся значений q , которые в равной степени удовлетворительно воспроизводят наблюдательную кривую блеска, как например, для FZ Ori значения q могут варьировать от 0.2 до 0.9 [80, 111], а для UZ Leo - от 0.12 до 0.7 [69]. Вопрос об отличии спектроскопических и фотометрических отношений масс для W UMa-класса исследовался Прибуллой и др. [30] на выборке из 92 звезд, в качестве возможных причин указывались третий блеск, понижающий глубины минимумов, наличие газа в системе, низкокачественная фотографическая спектроскопия. Систематичности в расхождении фотометрических и спектроскопических оценок q не отмечается. Например, для систем CN And, 44i Boo, V523 Cas, CC Com, LS Del,

ВВ Peg фотометрические отношения масс превышают спектроскопические q , а для RZ Tau и AH Vir - наоборот.

Изучение распределения контактных систем в зависимости от изменения их орбитального периода и фактора переполнения внешней контактной конфигурации f , определяемого на основе безразмерных потенциалов общей фотосферной оболочки Ω , внутренней Ω_{in} и внешней Ω_{out} критических поверхностей из фотометрических решений по формуле $f = (\Omega - \Omega_{in}) / (\Omega_{in} - \Omega_{out})$, показало, что корреляции со знаком векового изменения периода не обнаружено. За исключением CN And, EP And, ВВ Peg, SW Lac, V728 Her, FZ Opi факторы переполнения f контактных систем W-подкласса не превышают 25% и имеют тенденцию увеличиваться с уменьшением q . Такая же неопределенность остается и в интерпретации зависимости изменения орбитального периода от полной массы компонентов.

Анализ распределения А-подкласса контактных систем (23 системы в выборке) в зависимости от изменения орбитального периода и отношения масс демонстрирует вековое возрастание P_{orb} при $q > 0.45$ за исключением OO Aql (рис.2). Для меньших значений q распределение величины dP_{orb}/dt по знаку вновь выглядит равновероятным.

Возможно, при $q \approx 0.45$ контактная система начинает испытывать тепловые осцилляции, прерывающие на время контактную фазу, как это

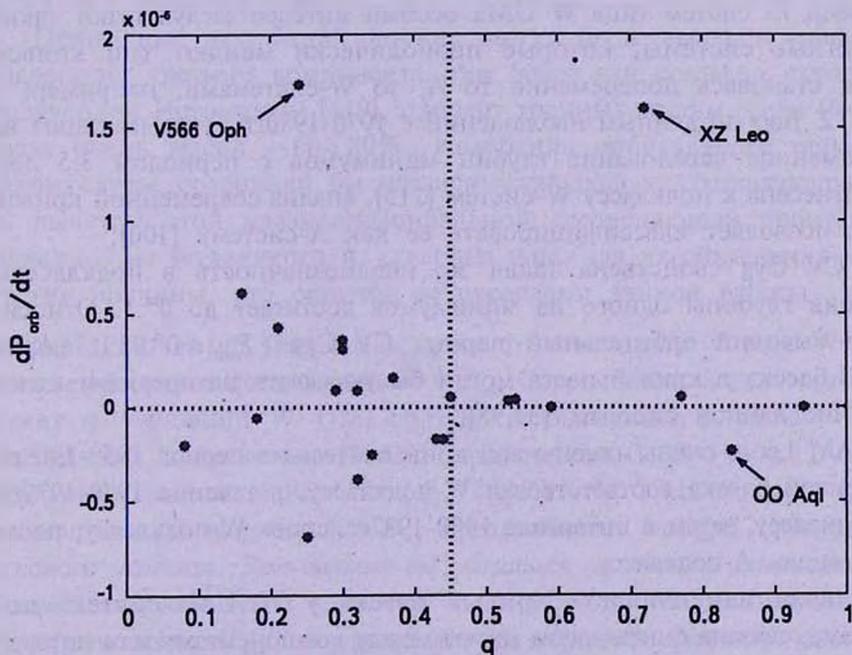


Рис.2. Зависимость векового изменения орбитального периода от отношения масс компонентов контактных систем типа W UMa подкласса А.

обосновывается в рамках ТРО-теории [112-114]. Циклический характер прерывания и возобновления контакта обусловлен невозможностью одновременного достижения теплового и динамического равновесия изоэнтропических моделей-звезд и наглядно объясняет наблюдаемые изменения орбитального периода, указывающие попеременно то на длительное уменьшение орбитального периода, то на его продолжительное возрастание.

Факторы переполнения f контактных систем А-подкласса варьируют от 5 до 50%, в отдельных случаях достигая 85% (VW Boo, UZ Leo, AW UMa). Это указывает на то, что А-подкласс в среднем интенсивней заполняет внешнюю критическую поверхность, чем W-подкласс. В пользу такого вывода также свидетельствует анализ параметра стабильности \mathfrak{Z} (при $\mathfrak{Z} = 0$ перенос массы не происходит из-за равных потенциалов компонентов), введенный Фланером [118] для характеристики темпа переноса массы, который в А-системах оказывается намного выше, чем в системах W-подкласса. Однако и для А-подкласса не отмечается корреляции dP_{orb}/dt и полной массы компонентов $M_1 + M_2$, диапазон изменения которой составляет $1.4 + 2.8 M_{\odot}$ (полная масса LT Pav достигает $\approx 4 M_{\odot}$), и является более компактным по сравнению с W-подклассом. Таким образом, подтверждается вывод о том, что массы А-систем в среднем больше масс W-систем.

Среди 73 систем типа W UMa особый интерес заслуживают такие контактные системы, которые периодически меняют тип кривой блеска, становясь попеременно то А, то W-системами, например:

1. TZ Boo по данным наблюдений с 1970-1980гг., указывающим на попеременное чередование глубин минимумов с периодом 3.5 лет, была отнесена к подклассу W-систем [115], анализ современной кривой блеска позволяет классифицировать ее как А-систему [100];

2. CV Cyg свойственна такая же неоднозначность в подклассах. Вариация глубины одного из минимумов достигает до $0^m.1$. Относительно высокий орбитальный период CV Cyg ($P_{orb} \approx 0^d.98$), форма кривой блеска и кривой цвета могли бы указывать на предконтактное состояние данной системы [34,98];

3. AM Leo с очень изменчивой кривой блеска в период 1959-1969гг. тип кривой блеска соответствовал W-подклассу, в течение 1970-1979гг. - А-подклассу, затем в интервале 1980-1987гг. снова W-подклассу, после 1988г. вновь А-подклассу.

Сильная изменчивость кривых блеска у W UMa-систем, по-видимому, связана с переносом массы между компонентами или потерей массы из системы вообще. Для ряда систем наблюдения позволяют обнаружить корреляцию между изменением в кривой блеска и скачко-

образным изменением периода. Определенно можно сказать, что, будучи подверженной столь сильным изменениям в течение достаточно короткого времени (3-10 лет), кривая блеска не может служить классификационным критерием для разделения класса контактных систем на подклассы A и W. Следует искать другой критерий, исходя из различий физических характеристик или механизмов, обеспечивающих разные уровни активности в конкретных наблюдательных диапазонах.

Используя оценки Раунен [117], полученные при исследовании вопросов устойчивости в контактной фазе ТДС, что продолжительность цикла тепловых осцилляций составляет $\approx 5+10$ миллионов лет, и учитывая работу этих осцилляций в тепловой шкале времени ($\approx 10^8$ лет), встает проблема с объяснением у некоторых W UMa-систем колебательного поведения P_{orb} на существенно более коротком временном диапазоне - 25-50 лет.

- AN Tau (A-подкласс): в течение 1944-1976гг. ее период систематически уменьшался со скоростью $-5.1 \cdot 10^{-9}$ день/год, а после 1976г. до настоящего момента - увеличивается со скоростью $+5.48 \cdot 10^{-8}$ день/год [87];

- Y Sex (A-подкласс): в течение 1954-1979гг. орбитальный период системы оставался постоянным [86], тогда как данные наблюдений с 1982г. и далее подтверждают вековое убывание dP_{orb}/dt со скоростью $-5.5 \cdot 10^{-8}$ день/год [100].

Периодные колебания вполне могут быть вызваны эффектом удаленного третьего компонента, тем более что согласно статистике, полученной Истоминым [119], процент тройных систем среди W UMa-звезд очень высок - $60+80\%$. Колебания орбитального периода в таком случае содержали бы квазисинусоидальную составляющую. Но за вычетом этой квазисинусоидальной составляющей орбитальные "прыжки" не устраняются и, следовательно, для их объяснения нужны другие причины, что остается за пределами данной работы.

3. *Заключение.* Фактом остается то, что почти у всех W UMa-систем обнаруживаются изменения P_{orb} . Современная модель происхождения и эволюции W UMa-систем, связывающая в рамках теории магнитного торможения [18-22] разделенные ТДС ($M_1 \leq 1.5 + 2M_{\odot}$), предконтактные типа RS CVn ($P_{orb} \leq 1^d.2$) и W UMa-звезды в единую эволюционную цепочку [23,24], предсказывает потерю орбитального углового момента. Это должно бы сказаться на вековом уменьшении P_{orb} . Однако статистическое изучение 73 W UMa-систем по наблюдаемым характеристикам dP_{orb}/dt и q показало, что в среднем одинаковы количество увеличений (35 систем) и уменьшений периодов (33 системы), что неплохо иллюстрируют циклический характер тепловых осцилляций.

В подтверждение TRO-теории также можно привести результаты работы [116], полученные при анализе перераспределения полных светимостей компонентов в общей конвективной оболочке, которая, в свою очередь, взаимодействует с компонентами:

- главные и вторичные компоненты А-подкласса расширяются со скоростью +2373.7 м/год и +8.7 м/год, соответственно, тогда как главные компоненты W-подкласса расширяются со скоростью +17.2 м/год, а спутники сжимаются со скоростью -0.32 м/год.

- среди 32 контактных систем найдено, что для 8 систем W-подкласса имеет место перенос массы от главного компонента к спутнику, а для 12 систем W-подкласса отмечается противоположное направление переноса массы; аналогичный расклад для А-подкласса составляет 9 и 3, соответственно.

Эти данные можно рассматривать в пользу существования потоков, направленных попеременно от одной компоненты к другой, которые то прерывают, то возобновляют контакт, что, собственно, и отражается на знакопеременном поведении dP_{orb}/dt . В общей картине эволюции W UMa-систем тепловые осцилляции создают задержку с перераспределением спин-орбитального взаимодействия, вызванного магнитным звездным ветром и приводящего к расходу полного углового момента, запасенного в системе. Наложение тепловых осцилляций с периодом $\approx 7 \cdot 10^6$ лет [117], на шкалу расхода орбитального углового момента $\approx 5 \cdot 10^8$ лет [24] из-за магнитного торможения и запечатлено в статистическом распределении контактных систем W UMa в параметрах $(dP_{orb}/dt, q)$. Таким образом, мы регистрируем мелкомасштабные колебания, накладывающиеся на предсказываемый теорией общий тренд уменьшения P_{orb} и приводящие к равновероятному распределению знака dP_{orb}/dt .

Уральский государственный университет им. Горького,
Екатеринбург, Россия, e-mail: g.n.dryomova@mail.ru

ABOUT SECULAR CHANGE OF THE ORBITAL PERIOD OF W UMa-TYPE CONTACT BINARY SYSTEM

G.N.DRYOMOVA, M.A.SVECHNIKOV

The question about the change of the orbital period P_{orb} depending on mass ratio q was investigated with the use of the sample of 73 W UMa-type contact binaries collected on the base of modern literary survey (1991-

2003 yrs) of photometric and spectroscopic data. Practically whole considered sample of the contact systems (more than 93%) showed the change of the orbital period the character of which is alternating-sign independently of segregation into A- and W- subtypes. Statistical study of these contact binaries in dP_{orb}/dt and q parameters showed that the amount of P_{orb} increases (35 systems) is on average in close agreement with an amount of P_{orb} decreases (33 systems). Such alternating-sign dP_{orb}/dt behaviour of the contact binaries may be accounted for the favour of streams existence directed by turns from one component to other and hold responsible for the thermal oscillations near the contact state. The analysis of the dP_{orb}/dt behaviour subject to mass interval of the primary component allows to make more accurate limit value of the mass ratio $q \approx 0.4 \div 0.45$ for segregation of an A-subtype of the contact binaries from a W-subtype one. The physical properties and evolutionary features of W UMa-type contact binaries are discussed.

Key words: (stars:)contact systems - individual:W UMa - type

ЛИТЕРАТУРА

1. *L.Lucy*, *Astrophys. J.*, **151**, 1123, 1968.
2. *L.Binnendijk*, *Kleine Veroff.*, Bamberg, **4**, 36, 1965.
3. *D.O'Connell*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **111**, 642, 1951.
4. *O.Vilhu*, *J.Heise*, *Astrophys. J.*, **311**, 937, 1986.
5. *V.Hughes*, *B.McLean*, *Astrophys. J.*, **278**, 716, 1984.
6. *R.Cruddace*, *A.Dupree*, *Astrophys. J.*, **277**, 263, 1984.
7. *C.Arge*, *D.Mullan*, *A.Dolginov*, *Astrophys. J.*, **443**, 795, 1995.
8. *W.Soon*, *S.Baliunas*, *Q.Zhang*, *Astrophys. J.*, **414**, 33, 1993.
9. *F.Walter*, *S.Bowyer*, *Astrophys. J.*, **245**, 671, 1981.
10. *L.Binnendijk*, *Vistas in Astronomy*, **12**, 217, 1970.
11. *D.Mullan*, *Astrophys. J.*, **198**, 563, 1975.
12. *Г.Жуков*, *Письма в Астрон. ж.*, **11**, 101, 1985.
13. *A.Linnell*, *Astrophys. J.*, **300**, 304, 1986.
14. *S.Rucinski*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **215**, 615, 1985.
15. *J.Eaton*, *INVS*, N2711, 1985.
16. *I.Pustyl'nik*, *L.Sorgsepp*, *A.Sapar*, *Prepr. Academy Sci. Estonian SSR*, Tartu, **A3**, 1, 1981.
17. *J.Kreiner*, *IAU Coll.*, Eds. *R.Kippenhahn*, *W.Strohmeier*, Bamberg, **N42**, 393, 1977.
18. *E.Schatzman*, *Ann. Astrophys.*, **25**, 18, 1962.
19. *S.Huang*, *Ann. Astrophys.*, **29**, 331, 1966.

20. *L.Mestel*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 138, 359, 1968.
21. *A.Skumanich*, Astrophys. J., 171, 565, 1972.
22. *I.Iben, A.Tutukov*, Astron. J., 284, 719, 1984.
23. *G.Dryomova, M.Svechnikov*, Odessa Astron. Publ., 12, 187, 1999.
24. *А.Тутуков, Г.Дремова, М.Свечников*, Астрон. ж., 81, 2004.
25. *O.Vilhu*, Astron. Astrophys., 109, 17, 1982.
26. *M.Mateo, H.Harris, J.Nemes, E.Olszewski*, Astron. J., 100, 469, 1990.
27. *S.Rucinski*, Publ. Astron. Soc. Pacif., 106, 462, 1994.
28. *L.Maupome, E.Rodriguez, M.Hobart, J.Pena, R.Peniche*, Rev. Mexicana Astron. Astrof., 22, 235, 1991.
29. *A.Kalimeris, H.Rovithis-Livaniou, P.Rovithis*, Astron. Astrophys., 282, 775, 1994.
30. *T.Pribulla, J.Kreiner, J.Tremko*, Contrib. Astron. Observ. Scalnate Pleso, 33, 38, 2003.
31. *C.Maceroni, F.van't Veer*, Astron. Astrophys., 311, 523, 1996.
32. *W. Van Hamme, R.Samec, N.Gothard et al.*, Astron. J., 122, 3436, 2001.
33. *П.Холопов*, ОКПЗ, 4 изд., Наука, М., 1985.
34. *М.Свечников, Э.Кузнецова*, Каталог приближенных фотометрических и абсолютных элементов затменных переменных звезд, Екатеринбург, изд. УрГУ, 1, 2, 456, 1990.
35. *Y.Yang, Q.Liu*, Astron. Astrophys., 401, 631, 2003.
36. *T.Borkovits, T.Hegedus*, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 120, 63, 1996.
37. *Sh.Qian*, Astron. Astrophys., 400, 649, 2003.
38. *R.Samec, W.Su, J.Dewitt*, Publ. Astron. Soc. Pacif., 105, 1441, 1993.
39. *M.Kurpiska-Winiarska, B.Zakrzewski*, IBVS, N3485, 1990.
40. *O.Liu, Y.Yang*, Astron. Astrophys., 361, 226, 2000.
41. *H.Rovithis-Livaniou, P.Rovithis, O.Bitzaraki*, Astrophys. Space Sci., 189, 237, 1992.
42. *B.Hrivnak*, ASP Conference Series, 38, 269, 1993.
43. *Sz.Csizmadia*, IBVS, N5191, 2001.
44. *P.Moltk, M.Wolf*, IBVS, N4640, 1998.
45. *R.Jones*, IBVS, N3799, 1992.
46. *Y.Yang, O.Liu*, Chinese Journal of Astron. Astrophys., 2, 369, 2002.
47. *G.Kopacki, A.Pigulski*, Acta Astronomica, 45, 753, 1995.
48. *B.Albayrak, Z.Muyesserolu, S.Ozdemir*, Astronomische Nachrichten, 322, 125, 2001.
49. *X.Liu, H.Tan*, Astrophys. Space Sci., 183, 237, 1991.
50. *Sh.Qian*, Astrophys. Space Sci., 278, 415, 2001.
51. *J.Gray, S.Woissol, R.Samec*, IBVS, N4359, 1996.
52. *M.Khajavi, M.Edalati, D.Jassur*, Astrophys. Space Sci., 282, 645, 2002.
53. *D.Bradstreet, M.Devita, J.Hargis et al.*, American Astron. Soc., 29, 1280, 1997.
54. *Sh.Qian*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 342, 1260, 2003.
55. *Y.Yang, O.Liu*, Publ. Astron. Soc. Pacif., 115, 748, 2003.
56. *Sh.Qian, Yu.Ma*, Publ. Astron. Soc. Pacif., 113, 754, 2001.
57. *R.Samec, B.Carrigan, E.Padgen*, IBVS, N4167, 1995.
58. *A.Odell*, IBVS, N 4138, 1994.

59. *M.Wolf, P.Molik, K.Hornoch, L.Sarounova*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **147**, 243, 2000.
60. *N.Awadalla*, *Astron. Astrophys.*, **289**, 137, 1994.
61. *R.Samec, S.Herr, J.Zetzl, T.Kreidl*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **104**, 29, 1992.
62. *O.Demircan, S.Selam, E.Derman*, *Astrophys. Space Sci.*, **186**, 57, 1991.
63. *P.Molik*, *IBVS*, **N4577**, 1998.
64. *E.Schmidt*, *IBVS*, **N4552**, 1998.
65. *Nelson*, *JAASO*, **27**, 26, 1999.
66. *R.Srivastava*, *Astrophys. Space Sci.*, **181**, 15, 1991.
67. *R.Samec, W.Su, D.Terrel, D.Hube*, *Astron. J.*, **106**, 318, 1993.
68. *J.Pena, M.Hobart, E.Rodriguez*, *Rev. Mexicana Astron. Astrof.*, **25**, 63, 1993.
69. *T.Hegedüs, Z.Jäger*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **104**, 733, 1992.
70. *O.Demircan, E.Derman, H.Dündar*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **95**, 213, 1992.
71. *Sh.Qian*, *Astron. Astrophys.*, **384**, 908, 2002.
72. *X.Zhang, R.Zhang, D.Zhai, M.Fang*, *IBVS*, **N4240**, 1995.
73. *E.Derman, O.Demircan*, *Astron. J.*, **103**, 1658, 1992.
74. *E.Lapasset, M.Gomez*, *Astron. Astrophys.*, **231**, 365, 1990.
75. *P.Niarchos, H.Rovithis-Livaniou, P.Rovithis*, *Astrophys. Space Sci.*, **203**, 197, 1993.
76. *P.Niarchos, H.Rovithis-Livaniou, P.Rovithis*, *IBVS*, **N3861**, 1993.
77. *A.Akalin, E.Derman*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **125**, 407, 1997.
78. *M.Wolf, L.Sarunová, P.Molík*, *IBVS*, **N4304**, 1996.
79. *M.Hobart, J.Pena, R.Peniche et al.*, *Rev. Mexicana Astron. Astrof.*, **28**, 111, 1994.
80. *A.El-Bassuny Alawy*, *Astrophys. Space Sci.*, **207**, 171, 1993.
81. *J.Gonzales, E.Lapasset, M.Gomez, J.Ahumada*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **108**, 338, 1996.
82. *M.Cerruti*, *Acta Astronomica*, **44**, 291, 1994.
83. *M.Cerruti*, *Acta Astronomica*, **45**, 329, 1995.
84. *R.Samec, D.Hube*, *Astron. J.*, **102**, 1171, 1991.
85. *M.Arruda, R.Samec, J.Holcomb, D.Terrell*, *IBVS*, **N3884**, 1993.
86. *R.Herczeg*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **105**, 911, 1993.
87. *Y.Yulan, L.Qingyao*, *Astron. Astrophys.*, **390**, 555, 2002.
88. *X.Zhang, R.Zhang, M.Fang*, *Astron. Astrophys.*, **395**, 587, 2002.
89. *M.Fang, D.Zhai, Z.Gao et al.*, *IBVS*, **N4082**, 1994.
90. *Q.Liu, Y.Yang*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **142**, 31, 2000.
91. *W.Lu*, *Astron. J.*, **105**, 646, 1993.
92. *Young WoonKang, Kyu-DongOh, Chun-HweyKim et al.*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **331**, 707, 2002.
93. *A.Erdem, N.Güdü*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **127**, 257, 1998.
94. *G.Pojmanski*, *Acta Astronomica*, **48**, 711, 1998.
95. *O.Demircan, E.Derman, Z.Müyesseroglu*, *Astron. Astrophys.*, **263**, 165, 1992.
96. *R.Samec, J.Gray, B.Carrigan*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **107**, 136, 1995.
97. *A.Kalimeris, H.Rovithis-Livaniou, P.Rovithis*, *Astron. Astrophys.*, **282**, 775, 1994.
98. *O.Demircan, Z.Müyesseroglu, S.Selam, E.Derman, A.Akalin*, *Astron.*

- Astrophys., 297, 364, 1995.
99. *P.Niarchos, M.Hoffman, H.Duerbeck*, Astron. Astrophys., 292, 494, 1994.
100. *Sh.Qian, Q.Liu*, Astron. Astrophys., 355, 171, 2000.
101. *M.Corcoran, M.Siah, E.Guinan*, Astron. J., 101, 1828, 1991.
102. *N.Awadalla*, Astrophys. Space Sci., 140, 137, 1988.
103. *L.Kiss, G.Kaszás, G.Fürész, J.Vinkó*, IBVS, N4681, 1999.
104. *Y.Yang, Q.Liu*, New Astron., 8, 465, 2003.
105. *R.Samec, J.Dewitt*, IBVS, N3523, 1990.
106. *S.Lipari, R.Sistero*, Astron. J., 94, 792, 1987.
107. *Y.Yang, Q.Liu*, Astron. J., 126, 1960, 2003.
108. *K.Byboth, N.Markworth, W.Bruton*, IBVS, N5554, 2004.
109. *Sh.Qian*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 328, 635, 2001.
110. *A.Derekas, L.Kiss, Zs.Bebesi*, IBVS, N5255, 2002.
111. *J.Rukmini, P.Vivekananda Rao, B.Ausekar*, Bull. of Astron. Soc. India, 29, 323, 2001.
112. *S.Rucinski*, Acta Astronomica, 24, 119, 1974.
113. *J.Hazlehurst, S.Refsdal*, Astron. Astrophys., 133, 63, 1984.
114. *L.Lucy, R.Wilson*, Astrophys. J., 231, 502, 1979.
115. *M.Hoffmann*, IBVS, N1877, 1980.
116. *J.-M.Wang*, Astron. J., 110, 782, 1995.
117. *T.Rahunen*, Astron. Astrophys., 109, 66, 1982.
118. *B.Flannery*, Astrophys. J., 205, 217, 1976.
119. *Л.Ф.Истомин*, Астрономо-геодезические исследования. Близкие двойные и контактные звезды, с.104, 1990.