

ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОБЫЧНОЙ
ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ VSX J052807.9+725606Н.А.ВИРНИНА¹, И.Л.АНДРОНОВ^{1,2}, К.А.АНТОНЮК³

Поступила 20 апреля 2011

Принята к печати 25 мая 2011

Представлены результаты трехцветного фотометрического исследования в фильтрах B , V и R недавно обнаруженной необычной двойной звездной системы VSX J052807.9+725606 = USNO-B1.0 1629-0064825. Эта система чрезвычайно похожа на систему V361 Lyr, считавшуюся ранее уникальной. Мы подтвердили сильную асимметрию фазовой кривой, и нашли зависимость амплитуды от длины волны. Это интерпретируется моделью "прямого столкновения" аккреционного потока с атмосферой аккрецирующего компонента и образованию "горячего пятна". Определены цветовые температуры. Оценены характеристики "горячего пятна". Мы также вычислили новые эфемериды для VSX J052807.9+725606.

Ключевые слова: *звезды:двойная - объект:VSX J052807.9+725606*

1. *Введение.* В течение более чем 20 лет хорошо изученная короткопериодическая ($P=0^d.309$) двойная система V361 Lyr с чрезвычайно асимметричной кривой блеска фигурировала во многих статьях как уникальная система с прямым столкновением аккреционного потока с атмосферой звезды, который вызвал довольно большую устойчивую горячую область. Согласно классической модели этой звезды, из-за пятна фазовая кривая показывает сильную асимметрию, которая оказывается зависимой от длины волны: амплитуда асимметрии увеличивается с уменьшением длины волны. Фотометрические исследования [1-7], спектральные наблюдения [8] и моделирование [2,3,5] показывают, что взаимодействующая система состоит из двух звезд околосолнечных масс. Анализ диаграммы "О-С" [7-9] показывает быстрое уменьшение периода. В предположении о консервативном перетекании вещества, это означает, что звезда-донор более массивна и очень быстро теряет массу. Поток вещества не формирует аккреционный диск, а ударяется в фотосферу менее массивной и менее яркой звезды, приводя к возникновению очень горячей области - модель "прямого столкновения". Это предположение находится в очень хорошем согласии с фотометрическими и спектральными исследованиями. В 1990г. Калужны [3] предположил, что V361 Lyr может быть двойной системой, "пойманной" на заключительном этапе перехода от разделенной к контактной конфигурации, и назвал эту стадию "предконтактной двойной звездой". В 2010г. Вирнина и Андронов [10] открыли переменность объекта

USNO-B1.0 1629-0064825 (R.A.(2000) = $5^{\text{h}}28^{\text{m}}07^{\text{s}}.975$, Dec(2000) = $+72^{\circ}56'06''.05$) и классифицировали его как новую короткопериодическую ($P=0^{\text{d}}.41179$) двойную систему, получившую в электронном каталоге "Variable Star Index" обозначение VSX J0528079+725606. Характеристики фазовой кривой этого объекта очень похожи на наблюдаемые у V361 Lyr.

Они опубликовали фазовую кривую в интегральном свете и указали на ее нетипично большую асимметрию максимумов и сдвиг вторичного минимума от фазы 0.5. Такая значительная разница между величинами в максимумах не могла быть объяснена обыкновенным эффектом О'Коннелла [11], величина которого обычно меньше на один-два порядка [11-13,8]. Для объяснения эффекта обсуждалось несколько основных моделей, в том числе, прохождения периастра [11] пятен на одной или обеих звездах системы [14] или околос звездного газа [15].

Таким образом, авторы статьи [10] предварительно предположили, что модель очень яркого "горячего пятна", предложенная для V361 Lyr для интерпретации фотометрических наблюдений [2] и качественно подтвержденная [8] по спектральным данным, могла бы подойти также и для новой переменной.

2. *Наблюдения.* Согласно Вирниной и Андронову [10], VSX J052807.9+725606 - довольно слабая звезда. Они наблюдали новую переменную, используя дистанционно управляемый астрофизический рефрактор AP180 с ПЗС камерой SBIG STL-11K без фильтра. Авторы отметили, что максимальная квантовая эффективность датчика камеры близка к стандартному фильтру R . Таким образом, используя величины в системе R для звезд сравнения, они получили $\min_I = 16^{\text{m}}.590 \pm 0^{\text{m}}.020$, $\min_{II} = 16^{\text{m}}.387 \pm 0^{\text{m}}.018$, и $\max_I = 15^{\text{m}}.924 \pm 0^{\text{m}}.016$ и $\max_{II} = 16^{\text{m}}.213 \pm 0^{\text{m}}.020$.

В этой статье мы представляем результаты B , V и R_c наблюдений, полученных в КрАО на 1.25-м телескопе АЗТ-11, оборудованном ПЗС камерой FLI PL1001E-1 в течение 4 ночей (27 часов) с JD 2455538 по 2455625. Разрешение кадра $0''.92/\text{пк}$, поле зрения кадра $7'.85 \times 7'.85$. Длительности экспозиций $\text{exp}_B = 120$ с, $\text{exp}_V = 60$ с и $\text{exp}_R = 30$ с. Всего мы получили 372, 395 и 386 оценок блеска в фильтрах B , V и R , соответственно.

Таблица 1

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ

Дата	B	V	R
2010-12-07	109	116	114
2010-12-08	133	141	137
2011-01-05	124	132	129
2011-03-04	6	6	6
Всего	372	395	386

Количество наблюдений, полученных в течение каждой наблюдательной ночи, перечислены в табл.1.

3. *Калибровка.* В окрестности VSX J052807.9+725606 нет известных звезд сравнения. Звезды сравнения, использовавшиеся в работе [10], не попадают в меньшее поле телескопа АЗТ-11. Чтобы получить величины звезд сравнения для исследуемой звезды, мы использовали 3 известные звезды сравнения около переменной типа Миры SU Cam (R.A.(2000) = $6^h38^m12^s.66$. Dec.(2000) = $+73^\circ54'58''.3$). Мы получали снимки VSX J052807.9+725606 и SU Cam в фильтрах *BVR* поочередно, в течение одной ночи (2011-03-04), когда эти области были почти на одной и той же высоте, и, следовательно, имели близкие воздушные массы. Мы использовали информацию о звездах сравнения, данных как стандарты Хендена на звездной карте AAVSO 4677edf [16]. Координаты, номера AAVSO, номера USNO-B1.0 и величины в фильтрах *B*, *V* и *Rc* трех звезд сравнения в области SU Cam приведены в табл.2. Звезды сравнения и сама SU Cam отмечены на рис.1.

Таблица 2

ИНФОРМАЦИЯ О ЗВЕЗДАХ СРАВНЕНИЯ ОКОЛО SU Cam

AAVSO	USNO-B1.0	RA	Dec	<i>B</i>	<i>V</i>	<i>Rc</i>
142	1639-0055745	$06^h39^m19^s.182$	$+73^\circ54'42''.70$	$14^m.890$	$14^m.159$	$13^m.728$
146	1638-0055544	$06^h38^m48^s.264$	$+73^\circ53'32''.57$	$15^m.260$	$14^m.617$	$14^m.249$
151	1639-0055718	$06^h38^m56^s.988$	$+73^\circ56'04''.53$	$15^m.831$	$15^m.081$	$14^m.620$

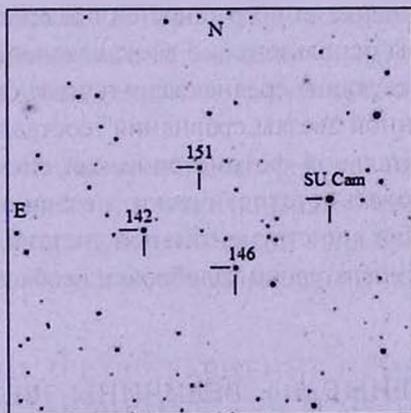


Рис.1. Звезды сравнения около SU Cam. Координаты центра R.A.(2000) = $06^h55^m38^s$, Dec. = $+73^\circ54'58''$.

В качестве звезд сравнения для VSX J052807.9+725606 мы выбрали 5 звезд в ее окрестности, и вычислили их инструментальные звездные

величины, используя отношение их интенсивности к интенсивности звезд сравнения около SU Cam, и классическую формулу Погсона:

$$m = m_1 - 2.5 \cdot \log\left(\frac{I}{I_1}\right),$$

где m - неизвестная величина выбранной звезды сравнения, m_1 - известная величина звезды сравнения около SU Cam, I и I_1 - их интенсивности в соответствующем фильтре.

Карта выбранных звезд сравнения показана на рис.2, в то время как информация о координатах, номерах и средних инструментальных величинах

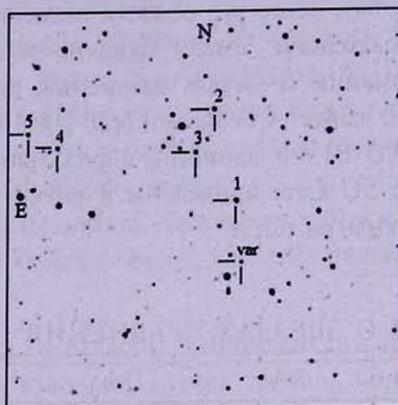


Рис.2. Звезды сравнения для VSX J052807.9+725606. Координаты центра R.A. = $05^{\text{h}}28^{\text{m}}19^{\text{s}}$, Dec. = $+72^{\circ}57'30''$.

с соответствующими оценками погрешностей представлена в табл.3. Чтобы улучшить точность, мы использовали 5 звезд сравнения и равные веса для усреднения. Соответствующие среднеквадратичные оценки погрешностей для такой "искусственной звезды сравнения" составляют $0^{\text{m}}.013$, $0^{\text{m}}.018$ и $0^{\text{m}}.007$ для инструментальной фотометрической системы b , v , r .

Чтобы анализировать статистически независимые сигналы, мы использовали измерения в инструментальной системе. Однако для анализа показателей цвета и температурной калибровки необходимо преобразование

Таблица 3

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ bvr ВЕЛИЧИНЫ ЗВЕЗД СРАВНЕНИЯ

No	USNO-B1.0	R.A.	Dec.	b	v	r
1	1629-0064823	$05^{\text{h}}28^{\text{m}}07^{\text{s}}.716$	$+72^{\circ}57'39''.25$	15.590 ± 0.025	14.890 ± 0.024	14.433 ± 0.020
2	1629-0064833	$05^{\text{h}}28^{\text{m}}12^{\text{s}}.181$	$+72^{\circ}59'59''.14$	16.070 ± 0.023	15.400 ± 0.022	14.939 ± 0.023
3	1629-0064852	$05^{\text{h}}28^{\text{m}}19^{\text{s}}.968$	$+72^{\circ}58'57''.88$	16.536 ± 0.031	15.688 ± 0.022	15.085 ± 0.023
4	1629-0064957	$05^{\text{h}}29^{\text{m}}07^{\text{s}}.707$	$+72^{\circ}59'24''.70$	15.993 ± 0.025	15.378 ± 0.022	14.977 ± 0.020
5	1629-0064975	$05^{\text{h}}29^{\text{m}}17^{\text{s}}.425$	$+72^{\circ}59'50''.29$	16.209 ± 0.027	15.609 ± 0.027	15.231 ± 0.019

в стандартную систему. Согласно Харди [17], разности звездных величин между звездой сравнения и переменной, вычисленные в инструментальной системе, можно преобразовать к стандартной фотометрической системе посредством следующих уравнений:

$$\begin{aligned} \Delta V &= (1 - k_v k_{b_v}) \Delta v + k_v k_{b_v} \Delta b, \\ \Delta B &= (k_{b_v} + k_v k_{b_v}) \Delta b + (1 - k_{b_v} - k_v k_{b_v}) \Delta v, \\ \Delta R_c &= (k_{v_r} + k_v k_{v_r}) \Delta r + (1 - k_{v_r} - k_v k_{v_r}) \Delta v, \\ \Delta(B - V) &= k_{b_v} \Delta(b - v), \\ \Delta(V - R_c) &= k_{v_r} \Delta(v - r), \end{aligned}$$

где ΔV , ΔB , ΔR_c , $\Delta(B - V)$, $\Delta(V - R_c)$ - разности звездных величин и цветов в стандартной системе, Δv , Δb , Δr_c , $\Delta(b - v)$, $\Delta(v - r_c)$ - измеренные разности звездных величин и цветов в инструментальной системе, k_v , k_{b_v} , k_{v_r} - соответствующие коэффициенты редукции, определенные по наблюдениям нескольких десятков стандартных звезд из списка Ландольта [18]. Согласно К.Н.Гранкину (частное сообщение), коэффициенты редукции для АЗТ-11 имеют следующие значения: $k_v = -0.0177$, $k_{b_v} = 1.4286$, $k_{v_r} = 1.0046$.

Используя эти значения коэффициентов, полученные Гранкиным, а также приведенные выше формулы, получим уравнения связи между инструментальной и стандартной фотометрическими системами:

$$\begin{aligned} \Delta B &= 1.4033 \Delta b - 0.4033 \Delta v, \quad \Delta V = 1.0253 \Delta v - 0.0253 \Delta b, \quad \Delta R_c = 0.9868 \Delta r + 0.0132 \Delta v, \\ \Delta(B - V) &= 1.4286 \Delta(b - v), \quad \Delta(V - R_c) = 1.0046 \Delta(v - r), \end{aligned}$$

где Δm - разность блеска между переменной звездой и звездой сравнения в данном фильтре. Эффективные длины волн инструментальной системы, определенные по этим коэффициентам, равны $\lambda_b = 466 \text{ nm}$, $\lambda_v = 548 \text{ nm}$, $\lambda_r = 640 \text{ nm}$.

Используя эти уравнения преобразования, мы вычислили величины звезд сравнения в "стандартной" системе с помощью "невзвешенного среднего" блеска искусственной звезды сравнения рядом с SU Cam. Соответствующие значения и оценки их погрешностей приведены в табл.4.

Таблица 4

BVRc ВЕЛИЧИНЫ ЗВЕЗД СРАВНЕНИЯ, ПРИВЕДЕННЫЕ К СТАНДАРТНОЙ СИСТЕМЕ

No	USNO-B1.0	B	V	Rc	B - V	V - Rc
1	1629-0064823	15.587±0.036	14.890±0.025	14.433±0.020	0.697±0.049	0.457±0.032
2	1629-0064833	16.055±0.034	15.401±0.023	14.940±0.022	0.654±0.046	0.461±0.032
3	1629-0064852	16.592±0.044	15.684±0.023	15.087±0.023	0.908±0.054	0.597±0.032
4	1629-0064957	15.955±0.037	15.380±0.022	14.977±0.020	0.575±0.048	0.404±0.030
5	1629-0064975	16.165±0.039	15.612±0.028	15.230±0.019	0.554±0.054	0.381±0.034

4. *Фотометрические результаты.* В работе [10] Вирнина и Андронов опубликовали фотометрическую эфемериду VSX J052807.9+725606:

$$\text{MinI.HJD} = 2455261.8484 + 0.41179 E . \\ \pm 0.0016 \quad \pm 0.00005$$

Наши наблюдения в фотометрической системе b , v , r были аппроксимированы тригонометрическими полиномами с определением статистически оптимальных степеней и уточнением начального значения периода методом дифференциальных поправок. Мы использовали программу FDCN [19,20].

Для всех трех фильтров получено одно и то же значение статистически оптимальной степени $s=6$, которое совпадает с полученным [10] для предыдущего сезона наблюдений. "Среднесезонные" значения периода для полос b , v и r равны $0^{\text{d}}.411725 \pm 0^{\text{d}}.000014$, $0^{\text{d}}.411715 \pm 0^{\text{d}}.000011$, $0^{\text{d}}.411736 \pm 0^{\text{d}}.000011$. В пределах погрешностей, эти значения совпадают для всех фильтров, поэтому было рассчитано средневзвешенное значение, которое равно $P = 0^{\text{d}}.411725 \pm 0^{\text{d}}.000006$.

Значения моментов минимумов приведены в табл.5. Средневзвешенное значение начальной эпохи для главного минимума равно $T_0 = \text{HJD } 2455550.0374 \pm 0.0005$. Кроме того, были определены моменты индивидуальных главных и вторичных минимумов, используя метод "асимптотических парабол" [21,20]. Несмотря на то, что их точность меньше, чем точность средних моментов, в дальнейшем они могут быть использованы для построения "О-С" диаграмм.

Таблица 5

МОМЕНТЫ СРЕДНИХ И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ МИНИМУМОВ
VSX J052807.9+725606 (HJD 24.....)

Rem	b	v	r
min I (средн.)	55550.0376 ± 0.0014	55550.0369 ± 0.0008	55550.0379 ± 0.0008
min II (инд.)	55538.3212 ± 0.0011	55538.3166 ± 0.0016	55538.3157 ± 0.0192
min I (инд.)	55539.3347 ± 0.0033	55539.3358 ± 0.0020	55539.3339 ± 0.0027
min I (инд.)	55567.3421 ± 0.0041	55567.3264 ± 0.0023	55567.3321 ± 0.0020

Используя средние моменты для прошлого сезона наблюдений [10] и рассматриваемого, получим уточненное значение периода $P = 0^{\text{d}}.4116986 \pm 0^{\text{d}}.0000024$. Разность периодов для двух последовательных сезонов, равная $P = -0^{\text{d}}.000065 \pm 0^{\text{d}}.000050$, не является статистически значимой, поэтому для исследования ожидаемых (по аналогии с V361 Lyr) изменений периода необходимо продолжение мониторинга VSX J052807.9 + 725606.

Таким образом, мы использовали эфемериду

$$\text{MinI.HJD} = 2455550.0374 + 0.4116986 E,$$

$$\pm 0.0005 \quad \pm 0.0000024$$

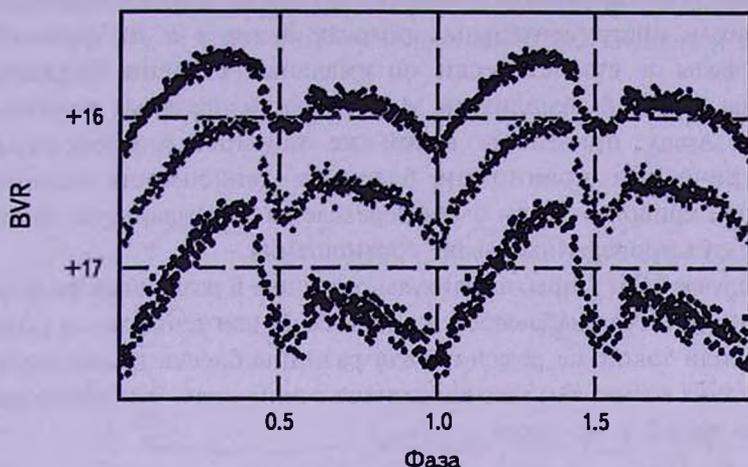


Рис.3. Фазовые кривые блеска VSX J052807.9+725606 в инструментальных системах *b*, *v* и *r*.

Фазовые кривые блеска в инструментальных фотометрических фильтрах *b*, *v*, *r* показаны на рис.3.

Таблица 6

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ *b*, *v*, *r* И ВЕЛИЧИНЫ В СТАНДАРТНЫХ ФИЛЬТРАХ *B*, *V* И *R* В МИНИМУМАХ И МАКСИМУМАХ, СТЕПЕНИ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО ПОЛИНОМА, ПОЛНАЯ АМПЛИТУДА И РАЗНИЦА МЕЖДУ МАКСИМУМАМИ

Параметры	<i>b</i>	<i>v</i>	<i>r</i>	<i>B</i>	<i>V</i>	<i>Rc</i>
min _I , φ = 0.00	17.595 ±0.015	16.785 ±0.008	16.186 ±0.008	17.656 ±0.021	16.781 ±0.015	16.187 ±0.007
min _{II} , φ = 0.53	17.532 ±0.018	16.656 ±0.010	16.088 ±0.008	17.619 ±0.025	16.651 ±0.018	16.089 ±0.008
max _I , φ = 0.38	16.583 ±0.014	16.026 ±0.008	15.584 ±0.008	16.543 ±0.021	16.030 ±0.015	15.582 ±0.007
max _{II} , φ = 0.64	17.194 ±0.013	16.432 ±0.008	15.868 ±0.007	17.237 ±0.019	16.429 ±0.013	15.867 ±0.006
<i>s</i>	6	6	6	6	6	6
<i>A</i>	1.012 ±0.021	0.759 ±0.011	0.602 ±0.011	1.113 ±0.030	0.751 ±0.021	0.605 ±0.011
Δmax	0.611 ±0.018	0.406 ±0.011	0.284 ±0.011	0.694 ±0.028	0.399 ±0.020	0.286 ±0.010

Используя принятое значение периода, каждая фазовая кривая была сглажена тригонометрическим полиномом статистически оптимальной степени s , применяя метод наименьших квадратов, при помощи программы MCV [22]. Мы также определили звездные величины в обоих максимумах и минимумах в инструментальных полосах b , v , r и их фазы. Эти величины, фазы и статистически оптимальные степени полиномов представлены в табл.6. Амплитуды A и разности звездных величин в максимумах Δmax приведены в той же таблице. Аппроксимации тригонометрическим полиномом блеска и зависимость точности сглаживающей кривой от фазы были переведены в стандартную систему $BVRc$, используя приведенные выше соотношения.

Как и в случае V361 Лиры, амплитуды различны в различных фильтрах. Наибольшая амплитуда наблюдается в полосе B , наименьшая - в полосе R . Мы получили такой же результат для разницы блеска в максимумах: чем больше длина волны, тем меньше разница в величинах. Эти зависимости приведены в табл.5 и на рис.4.

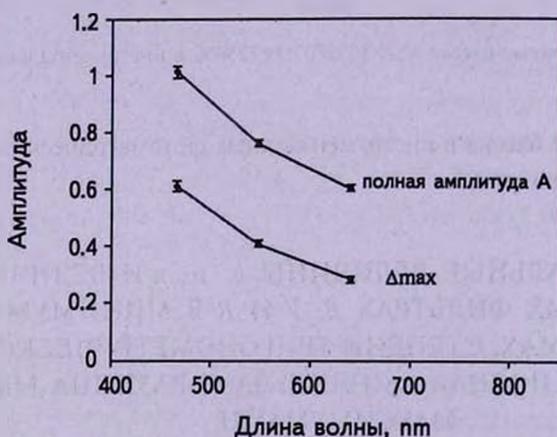


Рис.4. Зависимости от длины волны полной амплитуды и разности блеска между максимумами. Погрешности наблюдений показаны вертикальными отрезками.

5. Анализ показателей цвета. Мы получили фазовые кривые показателей цвета $B - V$, $V - Rc$ и $B - Rc$, и сгладили результат тригонометрическим полиномом порядка $s = 6$. Изменения показателей цвета показаны на рис.5.

Наблюдаемое излучение от VSX J052807.9+725606 можно представить как сумму излучений от нескольких источников различных температур: первичного компонента (затмеваемого в главном минимуме), вторичного компонента и "горячего пятна". Кроме того, могут также существовать группы холодных пятен на одном или обоих компонентах, как на компонентах V361 Лиры.

Как и в случае V361 Лyr, в системе VSX J052807.9+725606 затмения,

очевидно, не полные, цветовая температура, которая может быть оценена по показателям цвета, соответствует интегральной сумме излучения двух или более источников.

Для преобразования показателей цвета в температуры T , мы использовали таблицы из [23,24] и линейную интерполяцию для табличной зависимости $Q = 10000/T$ от $(B - V)$.

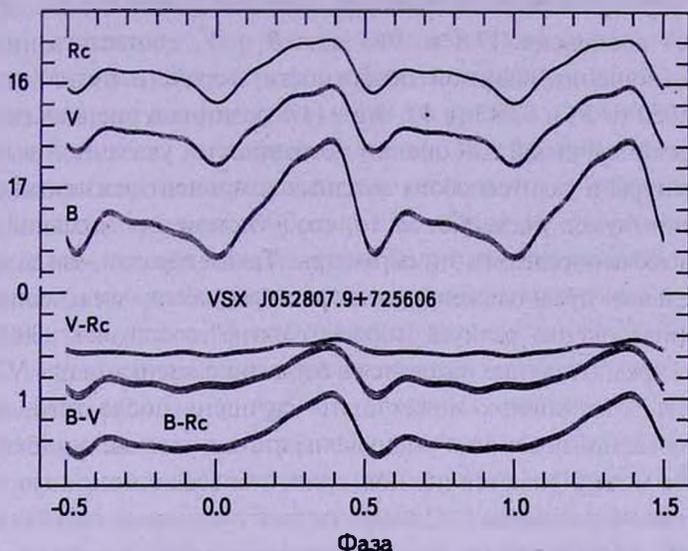


Рис.5. Сглаженные фазовые кривые B , V , Rc , и показатели цвета $B-V$, $V-Rc$ и $B-Rc$ с коридором ошибок 1σ .

Показатели цвета $B - V$ в максимумах сглаживающих кривых $(B - V)_{\max I} = 0^m.513(\pm 0^m.026)$ и $(B - V)_{\max II} = 0^m.808(\pm 0^m.023)$ соответствуют цветовым температурам $6249(\pm 87)$ К и $5150(\pm 73)$ К, соответственно; в главном и вторичном минимумах $(B - V)_{\min I} = 0^m.875(\pm 0^m.026)$ и $(B - V)_{\min II} = 0^m.968(\pm 0^m.031)$, что означает, что соответствующие цветовые температуры равны $4943(\pm 60)$ К и $4666(\pm 88)$ К.

Эти показатели цвета соответствуют источнику излучения с равномерно распределенной по поверхности температурой. Однако, поскольку мы интерпретируем первый (более высокий) максимум как результат излучения от горячего пятна, вызванного "прямым столкновением", оценим его характеристики. Для этого мы предлагаем модель "дополнительного источника"

$$I_{spot} = I_{\max I} - I_{\max II}$$

где $I = 10^{-0.4m}$ - интенсивность в относительных единицах, соответствующая звездной величине m , для пятна (I_{spot}), главного ($I_{\max I}$) и вторичного ($I_{\max II}$) максимумов. Оценки погрешностей определяются по формуле $\sigma_1/I = (0.4 \cdot \ln 10)\sigma_m = 0.921\sigma_m$. Характеристики горячего пятна, определяемые в стандартной фотометрической системе $BVRc$, являются следующими:

$B = 17^m.357 \pm 0^m.049$, $V = 17^m.310 \pm 0^m.057$, $Rc = 17^m.174 \pm 0^m.036$, $B - V = 0^m.047 \pm 0^m.075$, $V - Rc = 0^m.137 \pm 0^m.067$. Показатель цвета $B - V$ соответствует температуре "горячего пятна" $T = 9341 \pm 766$ К - почти в два раза больше, чем в минимумах, когда основным источником излучения является одна из звезд.

При этих значениях температуры, отношение средней яркости поверхности в "горячем пятне" и двойной системы (видимой во вторичном максимуме) составляет 17.8 и 10.3 для B и V , соответственно. Таким образом, отношение видимой поверхности "горячего пятна" и двойной системы 0.050 (в B) и 0.043 (в V), эта ~14% разница в оценках не является статистически значимой для оценки погрешности, указанной выше.

Температуры и радиусы обоих звездных компонент неизвестны. Глубина и форма минимумов указывают на то, что в системе нет затмений, которые могли бы помочь определить эти параметры. Таким образом, мы делаем очень предварительное предположение, что размеры обеих звезд сопоставимы. Приближенная оценка радиуса "горячего пятна" составляет ~30% радиуса звезды. Это предположение находится в согласии с оценками для V361 Лиры.

Точность этих оценок может быть улучшена после того, как будут собраны новые наблюдения и уменьшены статистические ошибки, а также в результате моделирования полной кривой блеска с помощью программ с учетом пятен на звездах. Однако результаты, представленные здесь, могут быть использованы в качестве начальных приближений для дальнейшего совершенствования модели.

6. Обсуждение. Мы проанализировали многоцветные наблюдения в фильтрах B , V и R необычной недавно открытой системы VSX J052807.9+725606, полученные на 1.25-м телескопе АЗТ-11 Крымской астрофизической обсерватории. На основе этих наблюдений были рассчитаны новые эфемериды, которые могут быть позже использованы для анализа диаграммы О-С. Мы подтвердили очень сильную асимметрию фазовой кривой и обнаружили, что, как и в случае V361 Лиры, наблюдается зависимость амплитуды от длины волны. Максимальная яркость соответствует фазе 0.38, это значение очень близко к значению фазы максимальной яркости V361 Лиры, а вторичный минимум смещен с фазы 0.5. Кроме того получили оценки цветовой температуры в максимумах и минимумах и обнаружили, что температуры в минимумах почти равны.

Сравнивая VSX J052807.9+725606 и V361 Лиры, можно отметить, что эти звезды очень похожи. Тем не менее, некоторые различия, которые могут быть определены из фотометрических исследований, все же присутствуют. Амплитуда V361 Лиры больше, чем у VSX J052807.9+725606, глубины минимумов очень близки в случае VSX J052807.9+725606, в отличие от минимумов на фазовой кривой V361 Лиры. Температуры

компонентов в системе V361 Лиры довольно сильно отличаются [8]. Показатели цвета и глубины минимумов показывают, что температуры компонентов VSX J052807.9+725606 сравнительно близки.

Оценивая температуры, мы использовали внутреннюю точность сглаживающих кривых. Другим источником ошибок может быть точность калибровки звезд сравнения и неизвестное межзвездное покраснение. Будущие возможные поправки яркости и показателей цвета звезд сравнения могут немного сдвинуть все оценки количественно, но не качественно.

С другой стороны, близость форм фазовых кривых и других фотометрических характеристик этих двух двойных систем предполагают те же физические процессы, вызывающие асимметрию кривой. Кроме того, обе звезды являются короткопериодическими системами с близкими периодами.

Из анализа диаграммы O-C для V361 Лиры ([7-9]), очевидно очень быстрое уменьшение периода. Эта звезда была признана двойной системой на ее заключительном этапе перехода от разделенной конфигурации к контактной. Мы ожидаем, что тот же эффект будет обнаружен и для VSX J052807.9+725606. Однако эта звезда открыта недавно и довольно слабая для существующих автоматических обзоров, у нас нет архивных данных, чтобы увеличить продолжительность ряда наблюдений и проверить это предположение. Эти факты, а также уникальность группы, состоящей из систем V361 Лиры и VSX J052807.9+725606, позволяют предположить, что данный этап является очень коротким этапом эволюции некоторых двойных систем, поэтому такие системы, как эти две, очень редки и только две из них найдены до сих пор.

Для доказательства физической природы VSX J052807.9+725606, желательны дальнейшие многоцветные наблюдения и спектральные исследования.

Авторы благодарят К.Н.Гранкина, В.П.Гринина, Марека Вольфа и Зденека Микулашека за полезные обсуждения.

¹ Кафедра "Высшая и прикладная математика", Одесский Национальный Морской университет, Украина, e-mail: vimina@gmail.com tt_ari@ukr.net

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

PHOTOMETRIC STUDY OF THE UNUSUAL BINARY SYSTEM VSX J052807.9+725606

N.A.VIRNINA¹, I.L.ANDRONOV^{1,2}, K.A.ANTONIUK²

The results of three-color BVR photometric study of a recently discovered unusual binary system VSX J052807.9+725606 = USNO-B1.0 1629-0064825

are presented. This system is very similar to V361 Lyr, which was assumed to be unique. We confirmed a strong asymmetry of the phase curve and found the wavelength dependence of the amplitude. This is interpreted by a "direct impact" model with a "hot spot" in the atmosphere of the accreting component. Color temperatures are determined. Characteristics of the "hot spot" are estimated. We also calculated the new ephemeris for VSX J052807.9+725606.

Key words: *stars:double - individual:VSX J052807.9+725606*

ЛИТЕРАТУРА

1. *G.A.Richter, I.L.Andronov*, Mitt. Veränderliche Sterne, **11**, 27, 1986.
2. *I.L.Andronov, G.A.Richter*, Astronomische Nachrichten, **308**, 235, 1987.
3. *J.Kaluzny*, Astron. J., **99**, 1207, 1990.
4. *J.Kaluzny*, Acta Astronomica, **41**, 17, 1991.
5. *Di-Sheng Zhai, Ming-Jun Fang*, Chin. Astron. Astrophys., **19**, 334, 1995.
6. *J.D.Gray, R.G.Samec, B.J.Carrigan*, Information Bulletin on Variable Stars, **4177**, 1, 1995.
7. *T.A.Lister*, COOL STARS, STELLAR SYSTEMS AND THE SUN: Proceedings of the 15th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun. AIP Conference Proceedings, **1094**, 688, 2009.
8. *R.W.Hilditch, C.A.Collier, G.Hill, S.A.Bell, T.J.Harries*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **291**, 749, 1997.
9. *N.A.Virnina*, Open European Journal on Variable Stars, **139**, 20, 2011.
10. *N.A.Virnina, I.L.Andronov*, Open European Journal on Variable Stars, **127**, 1, 2010.
11. *D.J.K.O'Connell*, Pub. Riverview College Obs., **2**, 85, 1951.
12. *N.A.Virnina*, Odessa Astron. Publ., **23**, 143, 2011.
13. *J.Mergentaler*, Wroclaw Contr., no.4. p.1, 1950.
14. *L.Binnendijk*, Astron. J., **65**, 358, 1960.
15. *Qing-Yao Liu, Yu-Lan Yang*, Chinese J. AsAp, **3**, 142, 2003.
16. AAVSO variable stars plotter, <http://www.aavso.org/vsp>.
17. *Х.Харди*, Редукция фотоэлектрических наблюдений. В кн.: "Методы астрономии", под ред. В.А.Хилтнера. М., Мир, 1967.
18. *A.U.Landolt*, Astron. J., **88**, 439, 1983.
19. *I.L.Andronov*, ОАР, **7**, 49, 1994.
20. *I.L.Andronov*, ASPC, **292**, 391, 2003.
21. *V.I.Marsakova, I.L.Andronov*, ОАР, **9**, 127, 1996.
22. *I.L.Andronov, A.V.Baklanov*, Astronomy School Reports, **5**, 264, 2004, <http://uavso.pochta.ru/mcv>
23. *К.У.Аллен*, Астрофизические величины, М., Мир, 1977.
24. *В.Страйжис*, Многоцветная звездная фотометрия. Фотометрические системы и методы. Мокслас, Вильнюс, 1977.