

УДК 524.38-325.4

МОЛОДАЯ МАССИВНАЯ ДВОЙНАЯ θ^1 Ori C: ЛУЧЕВЫЕ СКОРОСТИ КОМПОНЕНТОВ

© 2014 Ю. Ю. Балегга^{1,2*}, Е. Л. Ченцов¹, В. В. Леушин^{1,1,3}, А. Х. Рзаев¹, Г. Вайгельт⁴¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия²Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, 197101 Россия³Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 334006 Россия⁴Институт радиоастрономии общества Макса Планка, Бонн, 53121 Германия

Поступила в редакцию 4 октября 2013 года; принята в печать 12 ноября 2013 года

По данным наблюдений, выполненных в период с ноября 1995 г. по февраль 2013 г. на различных телескопах, мы разделили линии поглощения главного С1 и вторичного С2 компонентов спектра молодой массивной двойной θ^1 Ori C (O6 Vp + B0 V, суммарная масса $44 \pm 7 M_{\odot}$). Эти наблюдения позволили нам впервые получить лучевые скорости обоих компонентов. Орбитальное движение вторичного компонента прослежено по его слабым (глубина линии около 0.01–0.02) абсорбционным линиям C II, N II, O II, Si III, уширенным быстрым вращением звезды. Линии поглощения кремния Si III $\lambda\lambda$ 4553, 4568 и 4575 подходят для измерения лучевой скорости лучше других линий. Из кривой лучевых скоростей мы получили системную скорость звезды $\gamma = 31 \pm 2$ км с⁻¹ и полуамплитуды скоростей компонентов С1 и С2: $K_1 = 15 \pm 2$ км с⁻¹, $K_2 = 43 \pm 3$ км с⁻¹. С учетом принятой суммарной массы системы это позволяет оценить массу каждого компонента: $M_1 = 33 \pm 5 M_{\odot}$ и $M_2 = 11 \pm 5 M_{\odot}$. В настоящее время из-за большого разброса измерений скоростей компонентов, вызванного хаотическими сдвигами спектральных линий и слабостью абсорбции от второго компонента, комбинированное спектроскопическое-интерферометрическое решение орбиты не может быть получено. Решающую роль в определении точных параметров θ^1 Ori C будут иметь спектроскопические наблюдения звезды с разрешением $R \geq 30000$ и отношением S/N свыше 200 в период, близкий к прохождению периастра во второй половине 2013 г., а также дополнительные интерферометрические измерения с большими базами. Мы ожидаем, что в результате этой работы массы и яркости компонентов могут быть определены с точностью 2–3%.

Ключевые слова: двойные: спектроскопические—звезды: индивидуальные: θ^1 Ori C

1. ВВЕДЕНИЕ

Ближайшая очень молодая (порядка 10^5 лет) массивная ($M > 30 M_{\odot}$) звезда θ^1 Ori C является ключевым объектом для понимания фундаментальных параметров и эволюции массивных звезд. Это объясняет рост интереса к ней наблюдателей и специалистов по звездному моделированию. Впервые компаньон С2 в системе θ^1 Ori C обнаружен в результате би-спектральной спекл-интерферометрии на 6-м телескопе БТА [1, 2]. Параметры астрометрической орбиты системы θ^1 Ori C, недавно полученные в результате интерферометрических наблюдений, позволили нам определить массу системы, отношение потоков от компонентов

и динамическое расстояние: $\sum M = 44 \pm 7 M_{\odot}$, $F_2/F_1 = 0.30 \pm 0.05$, $D = 410 \pm 20$ пк [3]. Моделирование оптического спектра дает следующие параметры главного компонента системы С1 (O6 Vp): $T_{\text{eff}} = 39000 \pm 1000$ К, $\log g = 4.1 \pm 0.1$, $R_1 = 10.6 \pm 1.5 R_{\odot}$ [4, 5]; при синтетическом моделировании спектра мы используем расширенный диапазон температур: $T_{\text{eff}} = 37000$ – 39000 К [6]. Период вращения $P_{\text{rot}} = 15.424 \pm 0.001$ дней [7] компонента С1 был получен в результате долговременных спектроскопических наблюдений. Donati et al. [8] и Wade et al. [9] открыли в его фотосфере глобальное магнитное поле амплитудой 1.5 кГс и предложили для звезды модель наклонного магнитного ротатора. Спектроскопия высокого разрешения с большим отношением S/N показывает, что С1 медленно вращается (скорость вращения около 30 км с⁻¹), в отличие

*E-mail: ballega@sao.ru

от других звезд О-звезд [4, 6]. Балега и др. [10] предположили, что замедление вращения вызвано магнитным торможением звезды в присутствии потери массы.

Несмотря на большое количество наблюдательных данных, точность основных звездных параметров M , L , R недостаточна для построения надежной модели θ^1 Ori C. Суммарная масса системы оценивается с точностью до 15%, а оценка соотношения масс приближается к 25%. Однако для создания физической модели звезды ошибки определения основных параметров не должны превышать 2–3% [11]. В настоящее время соотношение масс оценено по существующим модельным параметрам O6 V и B0 V звезд с учетом разницы блеска, полученной с помощью биспектральной спекл-интерферометрии в видимом и инфракрасном диапазонах. Более точные определения могут быть сделаны только с использованием параметров SB2-орбиты, определенной по измерениям радиальных скоростей V_r компонентов. Несмотря на тот факт, что θ^1 Ori C является достаточно ярким объектом, определение V_r методами спектроскопии проблематично. Это можно объяснить тремя причинами: нестационарностью процессов в атмосфере главной звезды, зависимостью линий главного компонента от фазы вращения и слабостью абсорбции вторичного компонента на фоне яркой O6 V звезды.

В данной статье мы представляем результаты наших измерений лучевых скоростей обоих компонентов θ^1 Ori C, полученные путем селекции линий поглощения главной звезды в зависимости от фазы ее осевого вращения и отбора слабых абсорбций, принадлежащих второму компоненту. Кроме результатов наблюдений, полученных на 6-м телескопе БТА и 1-м телескопе Специальной астрофизической обсерватории, мы использовали спектры других обсерваторий. В результате этих измерений мы смогли сделать первые оценки кривых лучевых скоростей для обоих компонентов.

2. НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

В данной работе мы использовали 21 спектр, полученный на восьми различных инструментах в период между 1995 г. и началом 2013 г.; этот период соответствует 1.5 орбитального цикла двойной (период $P = 11.26$ года [3]). Информация о спектрах приведена в Таблице 1. Первые две колонки содержат данные наблюдений в юлианских датах и соответствующие орбитальные фазы двойной согласно Kjaus et al. [3]. В столбцах 3 и 4 находится информация о телескопах и использовавшихся спектрографах; столбцы 5 и 6 предоставляют

информацию о спектральном разрешении и спектральном диапазоне. Колонки 7 и 8 показывают лучевые скорости главной звезды C1 и ее спутника C2 и ошибки, полученные в ходе данного исследования, округленные до 1 км с^{-1} . В колонке 9 отмечены спектры, усредненные по фазе и скорости за некоторый период времени. С учетом усреднения, в Таблице 1 собрано более 200 оригинальных спектров. Одиннадцать спектров были получены в Специальной астрофизической обсерватории с использованием эшелле-спектрометра высокого разрешения с ПЗС в фокусе Несмит-2 (НЭС) [12] и основного звездного спектрографа (ОЗСП)¹ 6-м телескопа БТА, а также куде-эшелле спектрометра (CEGS) 1-м телескопа Цейсс [13]. Одно наблюдение было выполнено на куде-эшелле спектрометре MAESTRO 2-м телескопа обсерватории на пике Терскол [14]. Два спектра были взяты из архивной коллекции спектров высокого разрешения спектрографа ELODIE 1.93-м телескопа обсерватории Верхнего Прованса [15]. Мы также использовали серии ПЗС-спектров, полученных на куде-спектрографе 2.6-м телескопа Шайна в Крымской астрофизической обсерватории [16], в Таблице 1 этот инструмент имеет обозначение STCS. Большинство из них были усреднены, чтобы улучшить отношение S/N . Кроме того, мы заново проанализировали спектры, полученные на спектрометре MuSiCoS 2-м телескопа Бернара Лио обсерватории Пик дю Миди де Бигорр, опубликованные Wade et al. [9]. Наконец, мы использовали спектры, полученные на спектрометре FFS 1.2-м телескопа обсерватории в Коуровке (Уральский федеральный университет) [17]. К сожалению, неоднородность используемых данных увеличивает ошибки радиальных скоростей, что особенно критично для вторичного компонента системы. Например, достоверные оценки скоростей были сделаны в ходе наблюдений на 6-м телескопе БТА 20 октября 2008 г. и 2 января 2013 г. с использованием нескольких десятков линий, в то время как в спектрах с 2.6-м телескопа Шайна 2011–2012 гг. мы могли использовать всего две линии, а именно He II $\lambda 4542$ and Si III $\lambda 4553$.

Спектрофотометрические и позиционные данные линий были получены из спектров с применением программы DECH20 [18], в которой используется сдвиг профиля линии и его зеркального отражения для получения точного значения скорости. Эта процедура помогает измерять радиальную скорость как линии в целом, так и любой из ее частей. Калибровка длины волны была выполнена с использованием Th-Ag лампы и контролировалась применением теллурических линий H_2O и O_2

¹<http://www.sao.ru/hq/lizm/mss/en/index.html>

Таблица 1. Спектроскопические наблюдения двойной звезды θ^1 Ori C. Орбитальные фазы рассчитаны для периода 11.26 года, согласно эфемеридам [3]. Гелиоцентрические лучевые скорости компонентов C1 и C2 получены в данном исследовании. Скорости, усредненные для некоторых дат, помечены звездочками в последней колонке

JD 2450000+	Orbital phase	Telescope <i>D</i> , m	Spectro - graph	Resolution <i>R</i>	Spectral range, Å	Radial velocity, km s ⁻¹		Note
						C1	C2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
30.39	0.40	1.9	ELODIE	50000	4025–6730	18.0 ± 1.0	50.0 ± 3.0	
409.31	0.50	2.0	CEGS	40000	3470–7150	32.0 ± 2.0	–	
1595.27	0.78	1.9	MuSiCos	40000	4510–6585	41.0 ± 1.0	18.0 ± 3.0	*
3275.56	0.19	6.0	NES	60000	4860–6170	17.0 ± 2.0	–	
3329.48	0.20	1.9	ELODIE	50000	4025–6730	18.0 ± 2.0	65.0 ± 5.0	
3747.33	0.32	6.0	MSS	15000	5590–5900	27.0 ± 3.0	–	
4015.58	0.37	2.0	MAESTRO	45000	3725–7135	23.0 ± 2.0	40.0 ± 3.0	*
4759.54	0.56	6.0	NES	60000	3070–4515	23.0 ± 1.0	24.0 ± 3.0	
5172.49	0.66	6.0	MSS	15000	4095–4635	39.0 ± 1.5	24.0 ± 2.0	*
5190.35	0.66	2.6	CTCS	25000	4500–6710	36.0 ± 3.0	25.0 ± 3.0	*
5230.19	0.67	1.0	CEGS	40000	4340–9530	33.0 ± 3.0	27.0 ± 3.0	
5464.60	0.73	6.0	MSS	15000	4380–4940	35.0 ± 2.0	18.0 ± 3.0	
5520.44	0.74	6.0	NES	60000	4000–6690	41.0 ± 1.0	16.0 ± 2.0	*
5612.23	0.76	2.6	CTCS	25000	4500–4600	43.0 ± 2.5	16.0 ± 3.0	*
5871.56	0.82	2.6	CTCS	25000	4500–4600	37.5 ± 2.0	7.5 ± 2.0	
5952.43	0.84	1.2	FFS	30000	4100–6700	44.0 ± 2.0	12.0 ± 5.0	
5966.15	0.85	2.6	CTCS	25000	4500–4600	46.0 ± 2.0	14.0 ± 3.0	*
6286.40	0.92	2.6	CTCS	25000	4500–4600	46.0 ± 2.0	9.0 ± 3.0	
6295.31	0.927	6.0	NES	60000	3930–7000	40.1 ± 2.1	0.0 ± 2.5	
6296.33	0.927	1.0	CEGS	35000	4200–9900	40.4 ± 1.7	-3.2 ± 4.7	
6326.27	0.934	1.0	CEGS	35000	4200–9900	46.7 ± 3.1	0.3 ± 4.9	

и межзвездных поглощений Na I и Ca II. Систематические ошибки определения лучевых скоростей не превышают 1 км с⁻¹.

Неточность лабораторных длин волн может быть причиной существенных ошибок значений лучевых скоростей для отдельных линий. Для ионов C, N и O высокой степени ионизации погрешность может достигать нескольких км с⁻¹. Тот факт, что длины волн нуждаются в уточнении, отчетливо виден в последних строках Таблицы 4 работы [7], которая содержит наиболее точные оценки скоростей для линий He II λ 5411, O III λ 5592, C IV λ 5801 и C IV λ 5812. Все эти линии являются сильными

фотосферными абсорбциями, дающими точность измерения скоростей в пределах 0.2–0.5 км с⁻¹, в то время как их систематический сдвиг относительно линии He II составляет -7.0, -3.0 и -5.0 км с⁻¹ соответственно для линий O III λ 5592, C IV λ 5801 и C IV λ 5812. Эти оценки сопоставимы с разницей измеренных в лабораторных условиях длин волн отдельных линий, принятых разными авторами. Например, Stahl et al. [7] используют для O III значение λ 5592.37, тогда как Pettersson [19] для этой же линии дает значение λ 5592.24. Поэтому мы произвели предварительную проверку длин волн, используя спектры схожих с θ^1 Ori C звезд,

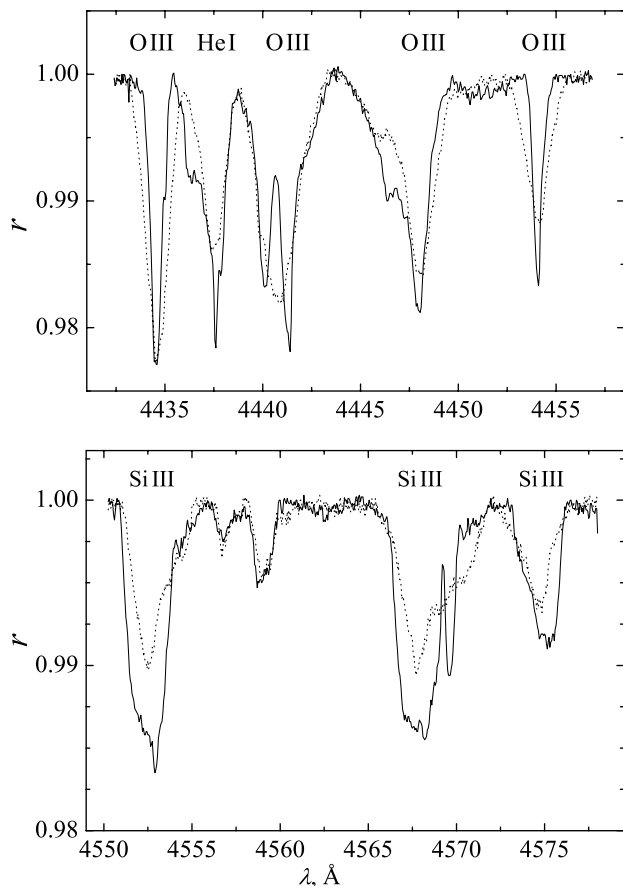


Рис. 1. Два спектральных участка θ^1 Ori C (O6 V) (тонкая линия — наши наблюдения JD 2456295.3) и HD 163800 (O7 III) (пунктирная линия, из [20]). Вверху: область линий O III, принадлежащих главному компоненту θ^1 Ori C. Внизу: область триплета Si III, возникающего в фотосфере второй звезды.

но более стабильных, а именно 10 Lac (O9 V) и S Mon (O7 V). Их спектры были получены на спектрометре CEGS. Для этой цели мы также использовали спектр звезды HD 163800 (O7 III), взятый из библиотеки спектров UVES [20]. Те линии, у которых отклонение лучевой скорости от среднего значения превышало ошибки измерений для всех указанных трех звезд, были отброшены. Дополнительно мы использовали описанный в [6] модельный анализ, который позволил нам выделить бленды и определить эффективные длины волн.

Список измеренных линий в спектральном диапазоне от λ 3070 до λ 6670 для θ^1 Ori C и опорной звезды HD 163800 дан в Таблице 2. В ней представлены отождествленные линии, их лабораторные длины волн, центральные остаточные интенсивности и соответствующие гелиоцентрические лучевые скорости компонентов C1 и C2. Для охвата данно-

го спектрального диапазона мы использовали два спектра НЭС 6-м телескопа БТА: данные короче 4000 Å были взяты из спектров, полученных 20 октября 2008 г. (JD 2454759.5), а данные для волн длиннее 4000 Å получены из спектров 2 января 2013 г. (JD 2456295.3). Всего были идентифицированы 260 линий, из которых 222 принадлежат изучаемой звезде, а остальные — межзвездные линии поглощения и эмиссии Туманности Ориона. Для 200 линий V_r была измерена, по крайней мере, в одном спектре. Таблица 2 содержит как минимум 15 абсорбций Si III, C II, N II, O II и Ne II от второго компонента, которые пригодны для определения его лучевой скорости.

3. ЛУЧЕВЫЕ СКОРОСТИ КОМПОНЕНТОВ

В спектроскопии ярких горячих звезд лучевая скорость обычно необходима для получения начальной точки отсчета скоростей системы в расширяющейся нестабильной атмосфере. Обычно это сложная, но второстепенная проблема. В нашем случае проблема в другом: мы должны получить лучевую скорость звезды из многих компонентов атмосферы максимально большой протяженности.

В спектре θ^1 Ori C преобладают слабые линии. В большинстве случаев их глубина меньше, чем 0.02 от континуума, и только одиннадцать линий показывают центральную глубину свыше 0.2. Однако присутствие обоих компонентов можно непосредственно наблюдать в хорошо экспонированном спектре с соотношением $S/N > 200$. На Рис. 1 мы сравниваем два спектральных участка θ^1 Ori C между собой и с соответствующим спектром O7 III звезды HD 163800. Спектры были получены 2 января 2013 г. (JD 2456295.31) на эшелле-спектрометре НЭС 6-м телескопа БТА и взяты из [20] соответственно. На участке $\lambda\lambda$ 4430–4458 (верхняя панель) выделяются абсорбции O III, принадлежащие главному компоненту C1, тогда как в диапазоне между λ 4550 и λ 4578 (нижняя панель) локализованы наиболее сильные абсорбции Si III от второго компонента. Как линии O III, так и Si III не глубоки, $r \sim 0.98$ – 0.99 . Линии от компонента C1 значительно уже, чем от C2. Линии O III в спектре θ^1 Ori C уже, а линии Si III шире, чем соответствующие абсорбции HD 163800. Вдобавок линии Si III у θ^1 Ori C неестественно глубоки для звезды спектрального класса O6 V. Можно было ожидать, что у θ^1 Ori C абсорбции слабее, чем у HD 163800, поскольку HD 163800 относится к более позднему спектральному классу, однако это не соответствует наблюдениям.

Быстрые периодические вариации параметров линий были впервые описаны Stahl et al. [21],

Таблица 2. Измерения линий в спектрах θ^1 Ori C (JD 2454759.5 и JD 2456295.3) и HD 163800 [20], их центральные остаточные интенсивности r и измеренные гелиоцентрические скорости V_r в км с⁻¹. Обозначено: IS — межзвездная линия; C2 — линия второго компонента; em — эмиссионная линия или эмиссионный компонент; bc — голубой компонент линии. Неуверенные измерения отмечены двоеточием

Line	λ , Å	Note	θ^1 Ori C		HD 163800		Line	λ , Å	Note	θ^1 Ori C		HD 163800	
			r	V_r	r	V_r				r	V_r	r	V_r
O III (1)	3071.61		0.90	23.0	0.93	—	O III (22)	3332.91		0.96	20.0	0.98	—
S IV (1)	3097.27		0.87	28.0	0.84	4.3	Ne II (22)	3334.84	C2	0.95	24.5	0.93	2.7
S IV (1)	3117.61		0.88	26.0	0.86	5.0	O III (3)	3340.77		0.84	23.5	0.81	5.4
O III (12)	3121.64		0.97	27.0	0.94	3.5	Ne II (2)	3344.40	C2	0.98	25.0	0.98	0.0:
O III (12)	3132.79		0.93	26.0	0.87	3.0	O III (28)	3347.96		0.97	29.0	0.99	-1.0
Si IV (2)	3149.56		0.89	25.0	0.92	-3.3	O IV (4)	3349.11		0.97	22.6	—	—
Si IV (2)	3165.71		0.91	18.0	0.96	-1.5	O III (22)	3350.77		0.92	27.0	0.93	2.8
He I (3)	3187.75		0.92	18.0	0.91	-1.7	N III (5)	3354.15		0.96	25.0	—	—
		em		23.0	—	—	He I (8)	3354.55		—	—	0.94	4.0:
He II (1)	3203.10		0.75	22.0	0.76	2.8	Ne II (2)	3355.01		—	—	—	—
Ti II (2)	3209.19	IS	0.98	24.0	0.99	-6.6	N III (7)	3355.46		—	—	—	—
O IV (7)	3209.65		0.98	—	—	—	O III (28)	3355.86		—	—	—	—
O III (9)	3238.53		0.94	22.0	0.95	3.9	Ne II (2)	3360.60	C2	0.98	26.0	0.98	—
Ti II (2)	3241.98	IS	0.95	23.5	0.81	-6.6	O III (22)	3362.31		0.97	26.0	—	—
		bc			0.96	-15.0:	P IV (1)	3364.47		0.99	21.0	—	—
O III (8)	3260.85		0.91	23.0	0.88	2.6	N III (5)	3365.80		—	—	0.97	2.5
O III (8)	3265.32		0.89	24.0	0.83	2.7	N III (5)	3367.34		0.97	24.0	0.94	-2.0
O III (8)	3267.20		0.93	23.0	0.90	2.4	P IV (1)	3371.12		0.99	32.0	—	—
O III (8)	3281.85		0.97:	21.0	0.97	—	N III (5)	3374.06		0.99	—	0.97	0.0:
O III (8)	3284.46		0.98	19.0	0.97	2.0	O III (27)	3376.69		0.98	26.0	—	—
O II (23)	3287.59		0.95	23.0	0.98	1.5:	O IV (4)	3378.06		0.97	—	—	—
O III (3)	3299.40		0.95	23.0	0.94	6.8	O IV (3)	3381.20		0.94	26.0	0.99	3.0
Na I (2)	3302.37	IS	0.98	23.9	0.40	-5.8	O III (27)	3382.68		0.97	21.0	0.99	3.0
		bc			0.96	-12.0	Ti II (1)	3383.75	IS	0.94	26:	0.72	-5.2
Na I (2)	3302.98	IS	—	—	0.50	-5.8			bc			0.97	-15.0
		bc			0.97	-12.0	O III (27)	3384.90		0.96	25.0	0.96	—
O III (3)	3312.32		0.88	24.0	0.90	1.9	O IV (3)	3385.52		0.93	22.0	—	—
Ne II (7)	3323.74	C2	0.98	27.0	0.98	—	O II (9)	3390.21		0.98	22.0	0.99	—
Ne II (2)	3327.15	C2	0.97	21.0	0.98	-0.8	O IV (2)	3403.52		0.93	22.0	0.97	—
N II (22)	3328.72	C2	0.96	26.0	0.97	-5.0:	O III (15)	3408.13		0.98	24.0	0.99	0.0:
O III (22, 28)	3330.31		0.95	21.0	0.97	-1.6	O IV (3)	3409.66		0.98	22.0	—	—

Таблица 2. (Продолжение)

Line	$\lambda, \text{\AA}$	Note	θ^1 Ori C		HD 163800		Line	$\lambda, \text{\AA}$	Note	θ^1 Ori C		HD 163800	
			r	V_r	r	V_r				r	V_r	r	V_r
O IV (2)	3411.69		0.88	26.0:	0.96	–	He I (28)	3634.25		0.97	26.0:	0.94	–4.5
O IV (2)	3413.64		0.97	23.3	0.99	–	Ne II (5)	3643.93	C2	0.99	–	0.99	–2.0:
O III (15)	3415.26		0.99	28.0:	0.99	0.0:	He I (27)	3652.02		0.99	–	0.99	6.0:
O IV (3)	3425.57		0.99	22.0	–	–	Ne II (1)	3664.07	C2	0.98	26.0:	0.98	–2.5
O III (15)	3428.65		0.98	27.0:	0.99	3.0	Ne II (1)	3694.21	C2	0.98	20.0	0.97	2.0
O III (15)	3430.57		0.98	21.0	0.99	0.5	O III (21)	3695.36		0.98	23.0	0.99	2.0
O III (13)	3440.36		0.96	24.0	0.96	–	O III (21)	3698.73		0.94	21.6	0.95	–
O III (15)	3444.05		0.95	22.0	0.95	–1.0:	O III (1)	3703.36		0.92	23.5	–	–
O III (25)	3446.75		0.98	–	–	–	O III (21)	3704.76		0.94	22.0	0.87	–1.0:
O III (25)	3447.96		0.97	23.9	0.97	–	He I (25)	3705.02		–	–	–	–
O III (25)	3450.92		0.97	22.7	0.97	–2.5	O III (14)	3707.25		0.97	24.0	0.94	0.5
O III (25)	3455.05		0.96	21.0	0.96	2.0	Ne II (1)	3709.62		0.97	–	–	–
O III (25)	3459.95		0.99	24.0	0.98	–	O III (3)	3712.51		0.95	23.0	0.90	–1.6
N IV (7)	3461.36		0.99	23.0	–	–	O III (14)	3715.08		0.95	20.0	0.92	–3.0:
N IV (7)	3463.37		0.98	24.0	0.99	–	Fe I (5)	3719.94	IS	0.96	18.0	–	–
O III (25)	3466.11		0.99	–	0.99	–	H 14	3721.94		0.95	–	0.89	–
N IV (1)	3478.71		0.91	23.2	0.94	1.0	[O II] 1F	3726.03	em	2.00	24.0	–	–
N IV (1)	3482.99		0.93	24.2	0.95	1.6	[O II] 1F	3728.82	em	1.46	21.0	–	–
N IV (1)	3484.96		0.96	23.0	0.97	1.0	H 13	3734.37		0.95	24.0	0.83	3.2
O III	3500.42		0.99	27.0:	–	–			em	–	19.0	–	–
O III	3513.90		0.99	22.0	0.99	4.0	O IV (6)	3736.85		0.98	21.0:	–	–
He I (36)	3530.49		0.99	–	0.99	2.0	H 12	3750.15		0.92	23.0	0.80	0.0
He I (34)	3554.43		0.98	–	0.97	0.5			em	–	19.0	–	–
O IV (12)	3563.33		0.99	–	0.98	0.3	O III (2)	3754.69		0.85	23.1	0.84	1.8
Ne II (9)	3568.50	C2	0.99	25.0:	0.97	–0.5	O III (2)	3757.24		0.89	22.1	0.85	1.3
Ne II (31)	3571.23	C2	0.99	–	0.99	3.0	O III (2)	3759.87		0.82	23.0	0.76	1.0
Ne II (9)	3574.61	C2	0.98	22.0	0.99	–	Si IV (3)	3762.44		0.97	22.0	0.99	4.0:
He I (31)	3587.29		–	–	0.96	–6.0:	Ne II (1)	3766.26	C2	0.99	26.0:	–	–
He I (30)	3599.33		–	–	0.99	–3.0	H 11	3770.63		0.89	24.0	0.73	2.1
C III (10)	3608.81		–	–	–	–			em	–	19.0	–	–
C III (10)	3609.06		0.98	27.0:	0.99	4.0:	O III (2)	3774.02		0.92	21.5	–	–
C III (10)	3609.63		–	–	–	–	Ne II (1)	3777.13	C2	0.99	21.0	0.99	–2.0
He I (6)	3613.64		0.98	25.0:	0.99	–4.0	O III (2)	3791.27		0.91	23.5	0.87	3.0
O IV	3628.74		0.99	–	–	–	H 10	3797.90		0.84	22.0	0.69	1.5

Таблица 2. (Продолжение)

Line	$\lambda, \text{\AA}$	Note	θ^1 Ori C		HD 163800		Line	$\lambda, \text{\AA}$	Note	θ^1 Ori C		HD 163800	
			r	V_r	r	V_r				r	V_r	r	V_r
		em	—	17.0	—	—				0.72:	7.5	—	-24.0
Si III (5)	3806.54	C2	0.99	25.0:	0.99	1.5						—	-28.0
O III (2)	3810.99		0.98	27.0:	0.98	3.0						—	-35.0
He I (22)	3819.64		0.88	21.0	0.85	-4.2	H ϵ	3970.07		0.71	39.0	0.62	3.0
		em	—	19.0	—	—			em	—	19.3	—	—
H 9	3835.38		0.78	24.0	0.67	1.5	N II (12)	3995.00		0.99	—	—	—
		em	—	19.0	—	—	N III (16)	3998.63		0.98	—	0.98	4.0
O III	3848.87		0.96	21.0	0.97	-2.0:	N III (16)	4003.58		0.98	31.0:	0.98	3.0
He II (4)	3858.08		—	—	0.95	2.5	He I (55)	4009.27		0.98	—	0.97	1.5
Fe I (4)	3859.91	IS	0.98	20.0	0.94	-5.6	He I (18)	4026.23		0.82	25.0	0.75	-3.0
He I (20)	3867.50		0.97	25.0:	0.96	—	C III (24)	4056.06		0.985	36.0	—	—
[Ne III] 1F	3868.71	em	1.30	24.0:	—	—	N IV (3)	4057.76		0.98	36.0	0.98	4.0:
He I (2)	3888.65		0.57	—	—	—	C III (16)	4067.94		0.94	38.0:	0.92	—
		em	—	25.0:	—	—	C III (16)	4068.91		0.92	—	0.92	—
H 8	3889.05		0.70	24.0	0.64	2.5	O III (16)	4070.26		0.93	—	0.92	—
		em	—	19.0	—	—	O III (23)	4081.04		0.98	—	0.98	—
O II (17)	3911.96		0.99	19.0	—	—	Si IV (1)	4088.85		0.93:	37.0	0.83	4.0
He II (4)	3923.49		0.98	—	0.91	4.0:	N III (1)	4097.33		—	37.0	—	4.0
He I (58)	3926.53		—	—	0.98	-2.0:	H δ	4101.74		0.66	40.0	0.61	5.9
Ca II (1)	3933.66	IS	0.71:	19.7	0.57	1.5	Si IV (1)	4116.10		—	—	0.91	1.9
		bc	0.78:	11.0:	0.10	-5.6	He I (16)	4120.82		0.95	36.0	0.95	-1.0
			0.79:	7.5	0.86	-24.0	O III	4125.51		0.98	37.0	0.99	—
					0.86	-27.0	He I (53)	4143.76		0.96	—	0.95	-1.0
					0.91	-36.0	C III (21)	4152.51		0.97	37.0	0.98	5.0:
O III	3934.81		0.99	22.0	—	—	C III (21)	4156.50		0.97	—	0.97	4.0:
O III	3948.02		0.99	—	0.99	3.0:	C III (21)	4162.86		0.97:	38.0	0.97	3.0
O III	3949.55		0.99	—	—	—	He I (52)	4168.97		0.97	29.0:	0.97	-2.0
Fe III (120)	3954.33		0.98	20.0:	—	—	O III	4177.60		0.99	—	0.99	6.0
O II (6)	3954.36		—	—	—	—	O III	4184.89		0.96:	38	0.98	1.9
O III (17)	3961.57		0.95:	—	0.93	—	C III (18)	4186.90		0.98	—	0.96	2.0
He I (5)	3964.73		0.94:	39.5	0.98	2.0	He II (3)	4199.83		0.89:	42.0	0.84	5.0:
[Ne III] 1F	3967.41		—	22.0	—	—	Si IV (5)	4212.41		0.95:	36.0	0.96	1.0
Ca II (1)	3968.47	IS	0.67	20.5	—	2.0:	C II (6)	4267.14	C2	0.99	-1.0	0.99	1.3
		bc	0.71:	12.7	—	-5.9	O III (3)	4311.70		0.99	38.0	—	—

Таблица 2. (Продолжение)

Line	$\lambda, \text{\AA}$	Note	θ^1 Ori C		HD 163800		Line	$\lambda, \text{\AA}$	Note	θ^1 Ori C		HD 163800	
			r	V_r	r	V_r				r	V_r	r	V_r
O III	4314.64		0.99	—	0.99	−4.0:	[O III] 1F	5006.84	em	1.98	25.2	—	—
H γ	4340.47		0.68	41.0	0.60	4.3	He I (4)	5015.68		0.93	33.0	0.89	−4.6
[O II] 2F	4363.21	em	1.03	21.0	—	—	He I (47)	5047.74		0.97	33.0	0.97	−3.6
O III	4369.64		0.98	—	0.99	0.8	C III (4)	5253.58	em	1.01	42.0	—	—
O III	4376.54		0.98	40.0	0.99	2.0	O III (19)	5268.30	em	1.02	37.0	0.99	4.7
N III (17)	4379.11		0.97	46.0	0.94	5.0	C III (4)	5272.53	em	1.01	40.0	—	—
He I (51)	4387.93		0.94	—	0.93	−2.0	N III	5320.82	em	1.01	33.0	—	—
O III	4434.60		0.972	38.0	0.98	0.0:	N III	5327.18	em	1.01	39.0	—	—
He I (50)	4437.55		0.98	40.0	0.99	−4.0	He II (2)	5411.52		0.82	40.0	0.76	3.2
O III (33)	4440.08		0.98	40.0	—	—	O III (16)	5508.25		0.99	38.0	—	—
O III	4454.03		0.99	42.0	0.98	4.0	O III (5)	5592.24		0.92	38.0	0.85	2.3
He I (14)	4471.52		0.78	35.0	0.72	−2.0	C III (2)	5695.92	em	1.05	34.0	1.14	2.9
Mg II (4)	4481.22		0.96	33.0	0.96	−3.7	DIB	5780.37		0.97	43.0	—	—
S IV (16)	4485.61	em	1.01	46.0:	1.04	5.0:	DIB	5796.96		0.99	39.0:	—	—
S IV (16)	4504.30	em	—	—	1.03	4.0:	C IV (1)	5801.33		0.86	42.0	—	—
N III (3)	4510.91		0.99	—	0.95	0.5	C IV (1)	5811.98		0.89	39.0	—	—
N III (3)	4514.86		0.98	35.0	0.94	2.5	He I (11)	5875.72		0.71	34.0	0.65	−4.7
He II (2)	4541.59		0.84	40.0	0.80	5.0:	Na I (1)	5889.95		0.26	20.7	0.02	−6.5
Si III (2)	4552.62	C2	0.98	−2.0	0.99	−3.7			bc	0.68	6.7	0.87	−24.0
Si III (2)	4567.82	C2	0.99	1.0:	0.99	−0.5				—	—	0.83	−29.5
Si III (2)	4574.76	C2	0.99	—	0.99	−4.5:				—	—	0.91	−38.7
Si IV (6)	4631.24		0.95	—	0.95	—	Na I (1)	5895.92		0.41	20.8	0.03	−6.0
N III (2)	4634.14	em	1.02	40.0	1.05	−4.8			bc	0.82	6.7	0.94	−23.7
N III (2)	4640.64	em	1.01	38.0	1.07	−9.0				—	—	0.92	−29.3
Si IV (7)	4654.32		0.96	38.0	0.96	3.0				—	—	0.95	−38.8
O II (1)	4661.64		0.99	—	0.99	−3.7	DIB	6195.98		0.99	25	—	—
He II (1)	4685.71	em	1.04	−152.0	—	—	N IV (2)	6380.77		0.981	41.0	0.98	4.0
He I (12)	4713.18		0.93	30.0	0.90	−3.2	[N II] 1F	6548.03	em	1.08	26.5	—	—
O IV (9)	4783.42		0.99	42.0	—	—	H α	6562.81		0.93	186.0:	0.03	−6.0
O IV (9)	4798.27		0.99	43.0	—	—			em	1.98	21.8	—	—
H β	4861.33		0.75	44.0:	0.62	—			bc	1.03	−200.0	—	—
		em	—	20.5	—	—	[N II] 1F	6583.45	em	1.3	26.5	—	—
He I (51)	4921.93		0.92	34.0	0.89	0.9	He I (46)	6678.15		0.94	27.0:	0.85	−2.3
[O III] 1F	4958.92	em	1.32	24.5	—	—							

которые установили период 15.4 дня для эмиссии $\text{H}\alpha$ и $\text{He II } \lambda 4686$. Момент максимальной силы $\text{H}\alpha$ эмиссии был привязан ими к нулевой точке фазы вращения $\varphi = 0$. Caillault et al. [22] нашли, что рентгеновская эмиссия звезды также имеет максимум вблизи $\varphi = 0$. Позднее Stahl et al. [7] использовали более длинный ряд данных, чтобы получить точный вращательный период главного компонента $P = 15.424 \pm 0.001$ дней, с $\varphi = 0$ в JD 2448833.0. Они также показали, что долгопериодические изменения лучевых скоростей вызваны орбитальным движением θ^1 Ori C. Однако из-за большого разброса измерений они не смогли объединить данные спектроскопии с существующими орбитальными решениями.

Точность и воспроизводимость кривой вращения звезды сильно зависят от параметров используемой линии. Существует общая практика разделять линии в спектре θ^1 Ori C на “линии ветра” ($\text{He II } \lambda 4686$, бальмеровские линии, сильные линии He I) и “фотосферные” линии (C III, IV, N III, IV; O III, IV; Si IV). Профили $\text{H}\alpha$ и $\text{He II } \lambda 4686$ являются самыми устойчивыми индикаторами фазы. Эти конкретные линии были использованы для определения периода вращения главной звезды, а точка максимальной интенсивности сдвинутых в синюю сторону компонентов была принята за нулевую фазу вращения.

В то же время изменения радиальных скоростей сильно зависят от цикла вращения. Это можно видеть на Рис. 1 работы [7], на котором прослеживаются изменения дублета C IV $\lambda\lambda 5801, 5812$ в течение 90 дней (шесть оборотов). Амплитуды средних глубин линий поглощения в соседних циклах отличаются менее чем на 15%, в то время как средние радиальные скорости, найденные по тем же самым линиям, могут различаться в три раза, от 3 до 10 km s^{-1} . Stahl et al. [23] и Reiners et al. [24] интерпретируют искажения фотосферных линий в спектре C I как переменный избыток поглощения в плотном межзвездном веществе, сконцентрированном в основном на пересечении вращательного и магнитного экваторов звезды. Вариации линий поглощения делают “действительную” лучевую скорость звезды весьма неопределенной [23]. Новейшее 3D магнитогидродинамическое моделирование магнитного течения и сжатия звездного ветра C I, вызванного излучением, показывает, что они могут быть причиной формирования сгустков вещества в плоскости магнитного экватора [25]. Возможно, что эти сгустки достаточно плотные, чтобы поглощать свет от некоторых частей звездного диска, что приводит к генерации стохастических вариаций абсорбционных линий. Принимая во внимание то обстоятельство, что вторая звезда C 2 в системе θ^1 Ori C все еще может находиться

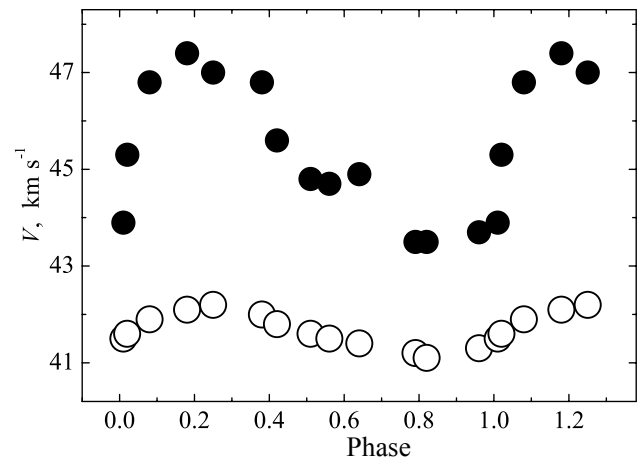


Рис. 2. Зависимость лучевой скорости главного компонента от фазы вращения по профилям линии O III $\lambda 5592$. Темные кружки — измерения лучевых скоростей по ядру линий, светлые кружки — измерения по верхней части профиля на уровне $r = 0.98$. Данные MuSiCoS (JD 2451595.2) взяты из [9]. Размеры символов соответствуют ошибкам измерений лучевых скоростей.

на эволюционной стадии движения к главной последовательности, ее спектральная переменность также не исключена.

Как было сказано выше, все параметры линий главного компонента меняются с периодом вращения. Профили линий эмиссионного и абсорбционного ветров полностью перестраиваются в течение нескольких дней, и измеренные лучевые скорости приближаются к скорости звезды только в узком диапазоне периода вращения, в то время как все наши спектры принадлежат к случайным фазам. Линии He I показывают меньшую переменность, но на их профиль влияет присутствие второй звезды. Поэтому и линии ветра, и линии He I были исключены из анализа спектроскопической орбиты данной двойной. Фотосферные линии поглощения также подвержены изменениям вследствие вращения. Все анализируемые спектры демонстрируют одинаковую картину: после прохождения фазы вращения $\varphi = 0$ наблюдается усиление абсорбций. Ядра абсорбций сдвигаются из синей области в красную, как и следовало ожидать при осевом вращении. Крылья линий остаются стабильными и асимметричными с протяженным синим крылом. Амплитуда искажений изменяется с фазой вращения. На Рис. 2 это показано для O III $\lambda 5592$, полученной из серии спектров, покрывающих полный цикл вращения (спектры взяты из [9]). Фазово-зависимые лучевые скорости были измерены по ядру линии и на уровне $r = 0.98$.

Основываясь на вращательном происхождении переменности лучевой скорости, мы предполагаем,

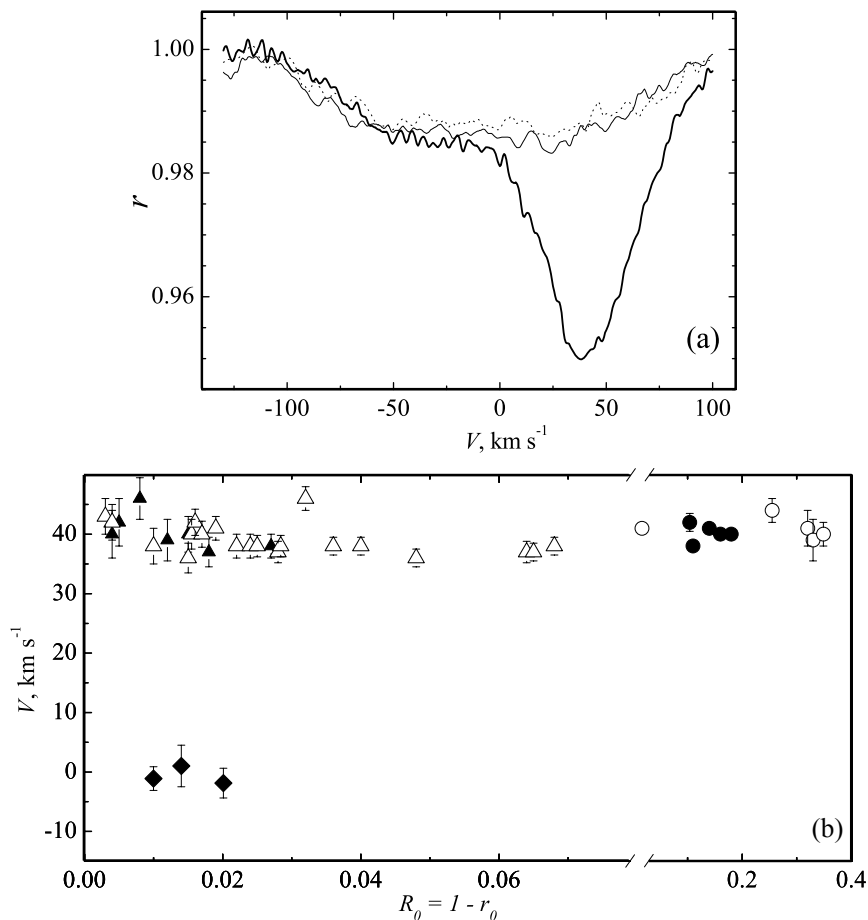


Рис. 3. (а) Профили линий Si III $\lambda 4553$ (тонкая линия), Si III $\lambda 4568$ (пунктирная линия) и Mg II $\lambda 4481$ (жирная линия) для JD 2456295.3. Линии Si III принадлежат вторичной звезде, тогда как линия Mg II возникает в обоих компонентах. (б) Скорости компонентов для орбитальной фазы $\Phi = 0.93$, полученные из индивидуальных слабых (треугольники и ромбы, глубина линии меньше 0.07) и сильных (кружки, глубина линии более 0.1) абсорбций: светлые кружки — линии водорода, темные — сильные линии He II, C IV. Темные треугольники — скорости по эмиссионным линиям главной звезды, ромбы — скорости по линиям второго компонента.

что ее минимальное отклонение от скорости звезды наблюдается для вращательных фаз $\varphi = 0$ и $\varphi = 0.5$. Возможно, что значение скорости, полученное по верхней части профиля линии, количественно ближе к искомому. Однако с приближением к континууму градиент интенсивности уменьшается, и становится возможной систематическая ошибка в связи с неправильным проведением континуума и блендированием линий. Два последних фактора менее значимы для слабых линий и частично компенсируются их многочисленностью. Поэтому, в отличие от других исследований, в которых для измерения лучевой скорости использовались только несколько самых сильных абсорбций, в Таблице 1 мы даем скорости всех имеющихся фотосферных линий главного компонента, включая набор слабых линий с $r \sim 0.98$ – 0.99 .

Как отмечалось выше, спектр вторичной звезды C2 в комбинированном спектре θ^1 Ori C прояв-

ляется только в нескольких слабых линиях поглощения. На Рис. 3а компонент C2 представлен широкими неглубокими ($r > 0.985$) абсорбциями Si III $\lambda\lambda 4553$, 4568 и широким компонентом Mg II $\lambda 4481$. Смещенный в красную сторону узкий компонент линии Mg II $\lambda 4481$ принадлежит C1.

На Рис. 3б представлены гелиоцентрические лучевые скорости компонентов для орбитальной фазы $\Phi = 0.93$ (спектр получен на спектрографе НЭС телескопа БТА 2 января 2013 г., JD 2456295.31). Каждая точка на Рис. 3б соответствует одной линии. На рисунке нанесены как слабые, так и сильные линии. Разброс точек на Рис. 3б дает представление о величине случайных ошибок измерений. Несмотря на разброс точек вдоль вертикальной оси, видно, что для этого значения фазы мы можем оценить средние скорости: $V_{r1} = 40.0 \pm 2.0$ km s^{-1} и $V_{r2} = 0.0 \pm 2.5$ km s^{-1} для компонентов C1 и C2 соответственно.

Фурье-анализ скоростей из Таблицы 1 дает полный спектроскопический период орбитального движения $P = 11.5 \pm 0.5$ лет, который согласуется с астрометрическим орбитальным периодом [3]. Мы представляем соответствующие фазовые кривые $V(\Phi)$ на Рис. 4.

На этом этапе 21 значение V_{r1} и 18 значений V_{r2} не позволяют нам определить единую интерферометрическую-SB2 орбиту θ^1 Ori C. Как следует из Рис. 4, представляющем результаты измерений, разброс скоростей очень велик. Однако общий ход зависимостей $V(\Phi)$ можно проследить. В этой части мы ограничились только приближительными первыми оценками полуамплитуд радиальных скоростей компонентов K_1 и K_2 и скорости системы γ . Мы получили $K_1 = 15.0 \pm 2.0$ км с⁻¹, $K_2 = 43.0 \pm 3.0$ км с⁻¹ и $\gamma = 31.0 \pm 2.0$ км с⁻¹. При суммарной массе системы $M_1 + M_2 = 44 M_\odot$ результирующие отдельные массы компонентов таковы: $M_1 = 33 \pm 5 M_\odot$, $M_2 = 11 \pm 5 M_\odot$. Здесь масса вторичного компонента соответствует массе типичной звезды B0 V [11]. Однако соотношение масс $q = 0.33$ существенно отличается от $q = 0.23$, полученного из астрометрических данных Kraus et al. [3].

В спектре звезды, полученном с высоким отношением S/N , видны многочисленные эмиссии Туманности Ориона. Они образовались в ионизационном ударном фронте, расположенном примерно в 0.3 пк за θ^1 Ori C и в основном теле туманности. В нашем спектре самые сильные эмиссии [O III] в направлении θ^1 Ori C находятся на $V_N = 24.5 \pm 0.5$ км с⁻¹. Эмиссии [N II] показывают чуть более высокую скорость газа, $V_N = 27.0 \pm 1.0$ км с⁻¹. Скорость родительской туманности, оцененная по максимуму эмиссионных линий H α и He I, составляет $V_N = 22.0 \pm 1.0$ км с⁻¹. Профили линий имеют асимметрию в голубом крыле на $V_N = 12.0$ км с⁻¹, возможно, принадлежащую вторичной зоне ионизации перед θ^1 Ori C.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Двойная система θ^1 Ori C является важным ориентиром для построения эволюционных моделей молодых массивных звезд. Нами впервые были измерены лучевые скорости обоих компонентов θ^1 Ori C по серии слабых фотосферных линий, отобранных из 21 спектра, полученного с высоким отношением S/N на различных телескопах. Предварительные кривые скоростей не позволяют нам вычислить точные значения полуамплитуд скоростей, но они дают возможность сделать первоначальные оценки: $K_1 = 15.0 \pm 2.0$ км с⁻¹,

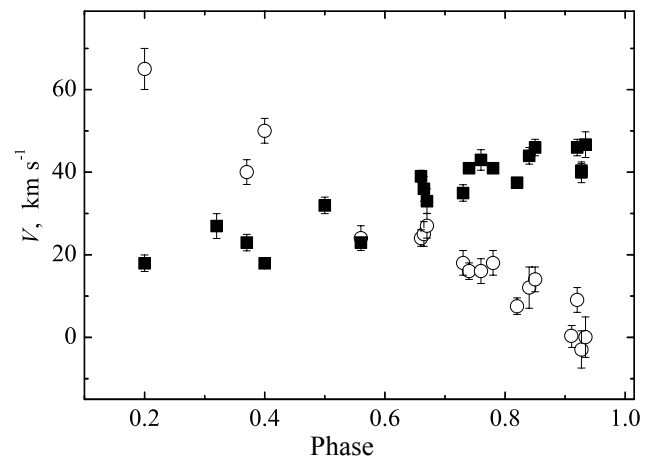


Рис. 4. Кривые лучевых скоростей для компонентов C1 (темные квадраты) и C2 (светлые кружки), соответствующие следующим параметрам: $P = 11.5 \pm 0.5$ лет; начальная фаза $T_0 = 2002.57$ [3]; $\gamma = 31.0 \pm 2.0$ км с⁻¹; полуамплитуды скоростей компонентов $K_1 = 15.0 \pm 2.0$ км с⁻¹ и $K_2 = 43.0 \pm 3.0$ км с⁻¹.

$K_2 = 43.0 \pm 3.0$ км с⁻¹. Вытекающее соотношение масс $q = 0.35 \pm 0.06$ соответствует оценке, полученной ранее путем моделирования отношения зависимых от длины волны потоков в двойной системе θ^1 Ori C ($q = 0.45 \pm 0.15$ [26]). Однако это значение существенно превышает величину q , найденную по уточненной орбите ($q = 0.23 \pm 0.05$ [3]), указывая на то, что найденное значение K_2 не согласуется с принятой моделью системы.

Наша оценка скорости системы θ^1 Ori C, $\gamma = 31.0 \pm 2.0$ км с⁻¹, на 5–6 км с⁻¹ превышает среднюю гелиоцентрическую скорость звезд в скоплении Туманность Ориона (ОНС), полученную с мультиобъектным эшелле спектрометром Hectochelle на 6.5-м телескопе MMT [27, 28]. Также она на 7.0 км с⁻¹ превышает системную скорость, определенную в более раннем исследовании, основанном на интерферометрическом решении [3] и в объемной серии спектроскопических данных [7]. Однако для зоны склонения системы θ^1 Ori C (-5° – 5°) максимум распределения лучевых скоростей звезд ОНС лежит в области 28.5 км с⁻¹ с дисперсией около 3.0 км с⁻¹ (см. Рис. 10 в [28]). Это значит, что скорость θ^1 Ori C согласуется со скоростями звезд ОНС.

В M42 существует множество эмиссионных систем, характеризующихся разными скоростями и эквивалентными ширинами линий. Они могут быть измерены со значительно более высокой точностью, чем линии поглощения, и поэтому используются для изучения структуры M42. Наиболее

интенсивные из них дают значения скоростей от $V_N = 23-25 \text{ км с}^{-1}$ для частично ионизированного газа (эмиссии [O I], [S II]) до $V_N = 18 \text{ км с}^{-1}$ для зон с высокой ионизацией (эмиссии [O II], [O III], [N II], [S III], $\text{H}\alpha$) [29–31]. Goudis [32] приводит для молекулярного облака гелиоцентрическую скорость $25.8 \pm 1.7 \text{ км с}^{-1}$, найденную для тяжелых молекул. Наша оценка скорости для газа туманности $V_N = 22.0 \pm 1.0 \text{ км с}^{-1}$, полученная по эмиссиям $\text{H}\alpha$ и He I , которые являются показателями сильно ионизированного газа, больше, чем указанное выше значение. Сравнивая скорость системы $\theta^1 \text{ Ori C}$ с этой величиной V_N и скоростями газа в Молекулярном Облаке Ориона мы пришли к выводу, что звезда имеет компоненту скорости около 5 км с^{-1} в направлении родительского облака. Будущие спектроскопические и интерферометрические наблюдения $\theta^1 \text{ Ori C}$ очень важны для лучшего понимания кинематической истории системы.

Хотя измеренные лучевые скорости S_1 и S_2 имеют невысокую точность, результат может быть улучшен в ближайшем будущем на базе новых высокоточных однородных спектроскопических данных. “Момент истины” для спектроскопии $\theta^1 \text{ Ori C}$ наступит в конце 2013 г., когда система будет проходить периастр. В этот период очень желателен мониторинг данной системы в разных обсерваториях с высоким спектральным разрешением и с большим отношением S/N . В обработку также должны быть включены данные спектральных наблюдений, выполненных ранее [7]. Это позволит построить точную комбинированную орбиту для двойной типа $\text{O6 V} + \text{B0}$ и определить массы и светимости компонентов до 3–5%.

В компилятивном списке фундаментальных определений звездных масс и радиусов для разделенных двойных систем, определенных с точностью 2–3%, Torres et al. [11] приводят только одну звезду с массами компонентов, приближающимися к массе главной звезды в системе $\theta^1 \text{ Ori C}$, а именно $\text{V3903 Sgr} = \text{HD 165921}$ ($\text{O7 V} + \text{O9 V}$, $27 M_\odot + 19 M_\odot$, $T_{\text{eff}} = 38000 + 34100 \text{ K}$, $\log L = 4.058 + 4.143$). Ее главный компонент на порядок старше, чем $\theta^1 \text{ Ori C}$. Поэтому за счет эволюции данная звезда расположена выше теоретической главной последовательности нулевого возраста. Очень быстрое вращение компонентов V3903 Sgr ($v \sin i > 200 \text{ км с}^{-1}$) и короткий орбитальный период (1.7 дня) могут быть причинами отклонения от эволюционной модели одиночной изолированной звезды. После уточнения параметров главная звезда в системе $\theta^1 \text{ Ori C}$ будет самой горячей, самой молодой и наиболее массивной звездой, чьи свойства определены в результате наблюдений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы благодарим астрономов Е. Семенко, Д. Кудрявцева и М. Юшкина за помощь в наблюдениях на 6-м телескопе БТА и обработке данных. Авторы очень признательны сотруднику Специальной астрофизической обсерватории В. Е. Панчуку, сотрудникам Крымской астрофизической обсерватории Д. Н. Баклановой и С. И. Плачинде, а также сотруднику Уральского федерального университета С. Ю. Горде за предоставление спектров $\theta^1 \text{ Ori C}$. Данная работа поддержана Министерством образования и науки РФ (госконтракты № 16.552.11.7028, 14.518.11.7070, 16.518.11.7073). Это исследование также стало возможным благодаря ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” 2009–2013 гг. (гранты № 8406 и 8416), грантам Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ (№ НШ-4308.2012.2, НШ-2043.2014.2) и гранту № 13-02-00419-а Российского фонда фундаментальных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. G. Weigelt, Yu. Balega, Th. Preibisch, et al., *Astronom. and Astrophys.* **347**, L15 (1999).
2. D. Schertl, Yu. Yu. Balega, Th. Preibisch, and G. Weigelt, *Astronom. and Astrophys.* **402**, 267 (2003).
3. S. Kraus, G. Weigelt, Yu. Yu. Balega, et al., *Astronom. and Astrophys.* **497**, 195 (2009).
4. S. Simon-Diaz, F. Herrero, C. Esteban, and F. Najarro, *Astronom. and Astrophys.* **448**, 351 (2006).
5. F. Martins, D. Schaerer, and D. J. Hillier, *Astronom. and Astrophys.* **436**, 1049 (2005).
6. Yu. Yu. Balega, E. L. Chentsov, J. Docobo, et al., *Astrophysical Bulletin* (in press).
7. O. Stahl, G. Wade, V. Petit, et al., *Astronom. and Astrophys.* **487**, 323 (2008).
8. J. F. Donati, J. Babel, T. J. Harries, et al., *Monthly Notices Royal Astronom. Soc.* **333**, 55 (2002).
9. G. A. Wade, A. W. Fullerton, J. F. Donati, et al., *Astronom. and Astrophys.* **451**, 195 (2006).
10. Yu. Yu. Balega, V. V. Leushin, and G. Weigelt, in *Proc. Int. Conf. on Magnetic Stars*, Ed. by I. I. Romanyuk and D. O. Kudryavtsev (SAO RAS, Nizhny Arkhyz, 2011), p. 179.
11. G. Torres, J. Andersen, and A. Gimenez, *Astronom. Astrophys. Rev.* **18**, 67 (2010).
12. V. E. Panchuk, V. G. Klochkova, M. V. Yushkin, and I. D. Najdenov, *Journal Optical Technology* **76**, 87 (2009).
13. F. A. Musaev, *Astronomy Letters* **22**, 715 (1996).
14. F. A. Musaev, G. A. Galazutdinov, A. V. Sergeev, et al., *Kinematics Phys. Celest. Bodies* **15**, 216 (1999).

15. J. Moulataka, S. A. Ilovaisky, P. Prugniel, and C. Soubiran, *Publ. Astronom. Soc. Pacific* **116**, 693 (2004).
16. A. S. Vasilev, *Krymskaia Astrof. Observ. Izvestiia* **55**, 224 (1976).
17. V. E. Panchuk, V. V. Yushkin, and M. V. Yakopov, *Astrophysical Bulletin* **66**, 355 (2011).
18. G. A. Galazutdinov, Preprint No. 92 (Special Astrophysical Observatory, Nizhny Arkhyz, 1992).
19. S.-G. Pettersson, *Phys. Scripta* **26**, 296 (1982).
20. S. Bagnulo, E. Jehin, C. Ledoux, et al., *Messenger* **114**, 10 (2003).
21. O. Stahl, B. Wolf, V. Petit, et al., *Astronom. and Astrophys.* **274**, L29 (1993).
22. J.-P. Caillault, M. Gagne, and J. R. Stauffer, *Astrophys. J.* **432**, 486 (1994).
23. O. Stahl, A. Kaufer, Th. Rivinius, et al., *Astronom. and Astrophys.* **312**, 539 (1996).
24. A. Reiners, O. Stahl, B. Wolf, et al., *Astronom. and Astrophys.* **363**, 585 (2000).
25. A. ud-Daula, J. O. Sundqvist, S. P. Owocki, et al., *Monthly Notices Royal Astronom. Soc.* **428**, 2723 (2013).
26. S. Kraus, Yu. Yu. Balega, J.-P. Berger, et al., *Astronom. and Astrophys.* **466**, 649 (2007).
27. A. Sicilia-Aguilar, L. W. Hartmann, A. H. Szentgyorgyi, et al., *Astrophys. J.* **129**, 363 (2005).
28. G. Furesz, L. W. Hartmann, S. Th. Megeath, et al., *Astrophys. J.* **676**, 1109 (2008).
29. Z. Wen and C. R. O'Dell, *Astrophys. J.* **409**, 262 (1993).
30. C. R. O'Dell, A. Muench, N. Smith, and L. Zapata, in *Handbook of Star Forming Regions*, Ed. by B. Reipurth (ASP, San Francisco, 2008), Vol. 1: *The Northern Sky*, p. 544.
31. Ma. T. Garcia-Diaz, W. J. Henney, J. A. Lopez, and T. Doi, *Revista Mexicana Astronom. Astrofis.* **44**, 181 (2008).
32. C. Goudis, *The Orion Complex: A Case Study of Interstellar Matter* (D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, 1982); *Astrophys. Space Science Library*, Vol. 90.

Young Massive Binary θ^1 Ori C: Radial Velocities of Components

Yu. Yu. Balega, E. L. Chentsov, V. V. Leushin, A. Kh. Rzaev, G. Weigelt

We succeeded in separating the absorption lines of both the primary C1 and the secondary C2 component in the spectra of the young massive binary θ^1 Ori C (O6 Vp + B0 V, mass sum $44 \pm 7 M_{\odot}$), obtained during the period from November 1995 to February 2013 with different telescopes. These observations allowed us to derive, for the first time, the radial velocities of both components. The orbital motion of the secondary star is traced through its weak (the line depth is approximately 0.01–0.02) absorption lines of C II, N II, O II, Si III, which are broadened by fast rotation of the star. Silicon absorptions Si III $\lambda\lambda$ 4553, 4568, and 4575 are better suited for radial velocity measurements than the other lines. From the velocity curves, we obtained the systemic velocity of the system, $\gamma = 31 \pm 2 \text{ km s}^{-1}$, and semi-amplitudes of the C1 and C2 velocities: $K_1 = 15 \pm 2 \text{ km s}^{-1}$, $K_2 = 43 \pm 3 \text{ km s}^{-1}$. This leads to individual component masses of $M_1 = 33 \pm 5 M_{\odot}$ and $M_2 = 11 \pm 5 M_{\odot}$, based on the adopted mass sum. At present, the combined spectroscopic-interferometric orbital solution cannot be obtained because of the large scatter of velocity measurements caused by chaotic line shifts in the spectrum of the primary star and by the weakness of wide absorptions from the secondary. New spectroscopy with a resolution of $R \geq 30000$ and S/N ratio over 200 performed in the period close to the periastron passage in the second half of 2013, as well as additional long-baseline interferometry, will be decisive in refining the parameters of θ^1 Ori C. We expect that as a result of this campaign, masses and luminosities of the components will be determined with an accuracy of 2–3%.

Keywords: *binaries: spectroscopic—stars: individual: θ^1 Ori C*