

УДК 524.387-332

## ФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ GLIESE 150.2

© 2014 М. А. Аль-Вардат<sup>1\*</sup>, Ю. Ю. Балегга<sup>2,3</sup>, В. В. Леушин<sup>2,4</sup>,  
Р. Я. Жучков<sup>5</sup>, Р. М. Абуджбха<sup>6</sup>, К. С. Аль-Вакфи<sup>6</sup>, С. Масда<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Университет Аль-Хуссейн Бин Талал, Маан, 71111 Иордания

<sup>2</sup> Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,  
механики и оптики, Санкт-Петербург, 197101, Россия

<sup>4</sup> Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 334006 Россия

<sup>5</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, 420008 Россия

<sup>6</sup> Ярмукский университет, Ирбид, 21163 Иордания

Поступила в редакцию 23 октября 2013 года; принята в печать 4 марта 2014 года

Проанализирована спекл-интерферометрическая двойная система Gl 150.2 (HIP 17491), одновременно путем моделирования атмосфер и методом динамического анализа. С помощью бланкетированных моделей Куруца построены теоретические распределения энергии в спектре (РЭС) для каждого из двух компонентов системы. Эти распределения комбинируются для формирования полного потока, который итеративным методом сравнивается с наблюдаемым для получения наилучшего соответствия. Параметры компонентов, которые приводят к наилучшему соответствию, следующие:  $T_{\text{eff}}^A = 5350 \pm 50$  К,  $T_{\text{eff}}^B = 4400 \pm 50$  К,  $\log g^A = 4.40 \pm 0.05$ ,  $\log g^B = 4.68 \pm 0.05$ ,  $R^A = 0.95 \pm 0.06 R_{\odot}$ ,  $R^B = 0.58 \pm 0.06 R_{\odot}$  и  $\pi = 38.63 \pm 0.79$  mas в соответствии с модифицированным измерением спутника Hipparcos. Представлена модифицированная орбита системы и проведено сравнение с определенными ранее орбитами. Таким образом, массы двух компонентов получены как результат соответствия между моделированием атмосфер и динамическим анализом. На основе оцененных физических и геометрических параметров системы, которые подтверждаются синтетической фотометрией, найдены спектральные типы и классы светимости двух компонентов — G9.5 V и K7 V для главной и вторичной звезды соответственно, с возрастом приблизительно 8 Gyr. Положения обоих компонентов нанесены на диаграмму Герцшпрунга–Рассела, обсуждаются формирование и эволюция системы.

Ключевые слова: двойные; визуальные—звёзды; фундаментальные параметры—звёзды; индивидуальные: Gliese 150.2

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Изучение двойных звезд является важной задачей для многих областей астрофизики. Во-первых, это единственный прямой метод оценки звездных масс — одного из главных параметров звезд. Во-вторых, оно играет важную роль в изучении формирования, эволюции и потери масс звезд. В-третьих, пространственное расположение орбитальных плоскостей широких визуальных двойных в скоплениях или в малых областях в Галактике может играть роль в динамике Галактики [1]. Двойные звезды также представляют собой естественную лабораторию для исследования некоторых физических теорий и теорий звездной эволюции.

Сотни двойных систем с периодами порядка десяти лет и меньше систематически наблюдаются методами высокого разрешения, такими как спекл-интерферометрия и адаптивная оптика. Несмотря на это, количество измеренных физических и геометрических параметров компонентов этих систем все еще мало. Динамический анализ, совмещенный со спектрофотометрией и моделированием атмосфер, дает взаимодополняющее решение этой задачи, позволяя определить точные значения этих параметров вне зависимости от каких-либо статистических соотношений. Этот метод был успешно применен к некоторым двойным системам звезд главной последовательности и субгигантов, таким как ADS 11061, Cou 1289, Cou 1291, HIP 11352,

\*E-mail: mwardat@ahu.edu.jo

**Таблица 1.** Данные по Gl 150.2 из SIMBAD и NASA/IPAC, а также из каталогов Hipparcos и Tycho

Параметр	Значение	Ссылка
$\alpha_{2000}$	03 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> .833	SIMBAD
$\delta_{2000}$	+46°02'09".04	SIMBAD
Сп. тип	K2	SIMBAD
$E(B - V)$	0.467	NASA/IPAC*
$A_V$	1 <sup>m</sup> 451	NASA/IPAC*
$V_J$	7 <sup>m</sup> 72	Hipparcos
$(B - V)_J$	0 <sup>m</sup> 864 ± 0.004	Hipparcos
$B_T$	8 <sup>m</sup> 819 ± 0.014	Tycho
$V_T$	7 <sup>m</sup> 809 ± 0.010	Tycho
$(B - V)_J$	0 <sup>m</sup> 874 ± 0.014	Tycho
$\pi_{Hip}$ , mas	37.58 ± 1.09	Hipparcos (старый)
$\pi_{Hip}$ , mas	38.63 ± 0.79	Hipparcos (новый)*
$\pi_{Tycho}$ , mas	40.8 ± 6.20	Tycho

\* <http://irsa.ipac.caltech.edu>

\*\* van Leeuwen [9].

HIP 11253, HIP 70973, HIP 72479, HD 25811 и HD 375 [2–8].

Двойная система Gl 150.2 (HD 23140, HIP 17491) известна как близкий красный карлик на расстоянии 25.89 пк [9]. Поэтому она была включена в каталог близких звезд [10] и является близким соседом Солнца [11].

Таблица 1 содержит основные данные системы из SIMBAD и NASA/IPAC, а также из каталогов Hipparcos и Tycho [12].

Звезда была включена в обзор маломассивных карликов солнечной окрестности на основании наблюдений с корреляционным измерителем лучевых скоростей звезд [13]. Несмотря на то, что изначально она не была классифицирована как спектральная двойная (первое измерение сочли вероятно ошибочным), последующие измерения ясно показали, что это спектрально-двойная система.

Первое спекл-интерферометрическое измерение системы было выполнено в 1993 г. [14] с помощью 6-м телескопа БТА. С тех пор было проведено несколько наблюдений с целью измерения положения вторичной звезды относительно главной и разности их блеска (см. таблицу 2). Эти измерения, а также полное наблюдаемое распределение энергии в спектре (РЭС), полученное в [15], будут использоваться в данной работе для

**Таблица 2.** Наблюдательные данные из четвертого каталога интерферометрических измерений и новые точки из работы [16]. В таблице приведена разность блеска двух компонентов системы ( $\Delta m$ ), а также указаны фильтры, использовавшиеся в наблюдениях

Эпоха	$\theta^\circ$	$\rho''$	$\Delta m$	Фильтр ( $\lambda/\Delta\lambda$ , nm)	Ref.
1993.8418	107.0	0.186	2 <sup>m</sup> 2	667/20	[12]
1994.7130	102.2	0.249	2 <sup>m</sup> 49	656/30	[12]
1996.7500	92.2	0.2437	1 <sup>m</sup> 67 ± 0.12	1238/276	[17]
1998.7746	71.6	0.125	2 <sup>m</sup> 69 ± 0.11	545/30	[18]
1999.8213			2 <sup>m</sup> 68 ± 0.07	545/30	[19]
1999.8912	25.7	0.067	2 <sup>m</sup> 64 ± 0.08	545/30	[18]
2000.8649	320.2	0.096	2 <sup>m</sup> 64 ± 0.08	600/30	[20]
2000.8649	320.1	0.096	2 <sup>m</sup> 55 ± 0.08	610/20	[11]
2001.7582	300.4	0.155	1 <sup>m</sup> 84 ± 0.04	850/75	[20]
2001.7582	300.2	0.155	2 <sup>m</sup> 09 ± 0.04	750/35	[20]
2001.7582	300.0	0.156	2 <sup>m</sup> 65 ± 0.03	600/30	[20]
2001.7582	299.9	0.157	2 <sup>m</sup> 74 ± 0.06	545/30	[20]
2001.7582	299.9	0.157	2 <sup>m</sup> 70 ± 0.06	545/30	[11]
2001.7582	300.0	0.156	2 <sup>m</sup> 67 ± 0.04	600/30	[11]
2001.7582	300.2	0.155	2 <sup>m</sup> 08 ± 0.04	750/35	[11]
2001.7582	300.4	0.155	1 <sup>m</sup> 86 ± 0.04	850/75	[11]
2003.9251	282.0	0.219		545	[16]
2003.9251	282.2	0.217		800	[16]

анализа системы упомянутым выше методом с целью получения полного набора ее физических и геометрических параметров.

Комбинированная спектрально-интерферометрическая орбита системы была вычислена Балегой и др. [11]. Авторы показали, что разность блеска компонентов в инфракрасном диапазоне меньше, чем в оптическом, что хорошо видно из измерений, приведенных в таблице 2 и будет полезно при построении индивидуальных синтетических РЭС. Для точного определения масс компонентов они рекомендовали спектроскопические наблюдения с высоким разрешением или повторную обработку данных Hipparcos и уточнение параллакса с помощью новой орбиты.

## 2. ОРБИТА СИСТЕМЫ

Предварительные элементы орбиты системы были вычислены в 1999 г. и модифицированы теми же авторами в 2002 г. [11]. В данной работе представлена небольшая корректировка орбиты с помощью точек, перечисленных в таблице 2, которая содержит два новых позиционных измерения. Использовалась аппроксимация методом наименьших квадратов с весами, обратно пропорциональными квадратам ошибок наблюдений. Новые орбитальные элементы вместе с теми, что соответствуют старой орбите, представлены в таблице 3. Новая орбита с соответствующим позиционным измерениям восходящим движением вторичной звезды показана на рис. 1.

Сумма масс системы и соответствующая ошибка вычислены с помощью уравнений

$$(M^A + M^B) / M_{\odot} = a^3 / \pi^3 p^2,$$

$$\frac{\sigma_M}{M} = \sqrt{\left(3 \frac{\sigma_{\pi}}{\pi}\right)^2 + \left(3 \frac{\sigma_a}{a}\right)^2 + \left(2 \frac{\sigma_p}{p}\right)^2} \quad (1)$$

как  $(M^A + M^B) / M_{\odot} = 1.425 \pm 0.105$  для орбитальных элементов из данной работы (таблица 3) и нового параллакса спутника Hipparcos  $38.63 \pm 0.79$  mas, или как  $(M^A + M^B) / M_{\odot} = 1.548 \pm 0.149$  для старого параллакса Hipparcos  $37.58 \pm 1.09$  mas. Какое значение лучше представляет систему? — Ответ зависит от результатов анализа системы путем моделирования атмосфер (раздел 3).

## 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ АТМОСФЕР

Совмещая измеренную разность блеска двух компонентов с полной визуальной величиной и параллаксом, измеренным спутником Hipparcos, мы можем вычислить индивидуальные абсолютные величины и спектральные классы обоих компонентов. Это дает предварительные параметры для моделирования атмосферы каждого из них.

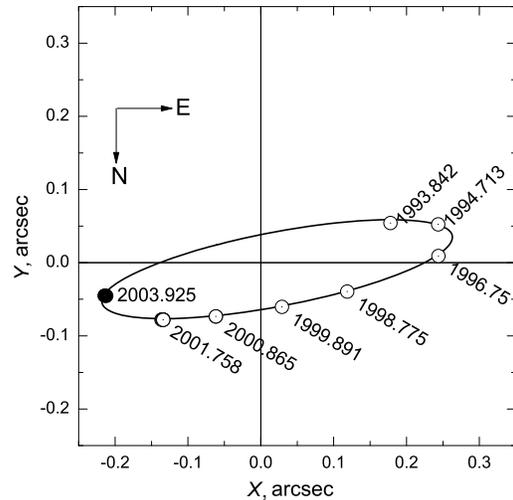
Используя полную визуальную величину системы  $m_V = 7^m72$  из более ранних данных (таблица 1) и  $\Delta m = 2^m69$  как среднее по всем измерениям в фильтре 545 nm/30 nm (самый близкий к VJ фильтр), из уравнений

$$m_V^A = m_V + 2.5 \log(1 + 10^{-0.4 \Delta m}), \quad (2)$$

$$m_V^B = m_V^A + \Delta m$$

мы получили индивидуальные видимые величины  $m_V^A = 7^m81$  и  $m_V^B = 10^m49$ . Таким образом, из уравнения

$$M_V = m_V + 5 - 5 \log d - A_V \quad (3)$$



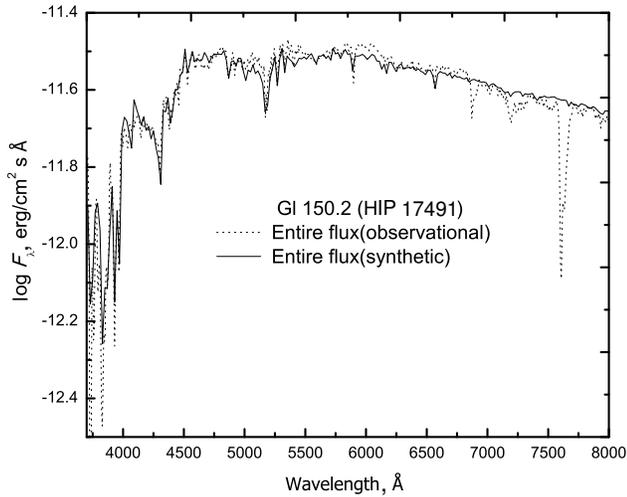
**Рис. 1.** Скорректированная относительная визуальная орбита системы с эпохой позиционных измерений. Начало координат соответствует положению главного компонента. Заполненные кружки представляют собой новые точки, использовавшиеся для корректировки орбиты (см. таблицу 2).

получаем индивидуальные абсолютные величины  $M_V^A = 5^m74$  и  $M_V^B = 8^m42$ , пренебрегая межзвездным поглощением  $A_V$  системы, так как она близкая. Это не совпадает со значением NASA/IPAC (таблица 1), но подтверждается полученными в данной работе спектральными классами компонентов и их показателем цвета ( $B - V$ ), которые совпадают со значениями, приведенными в таблицах работы [21].

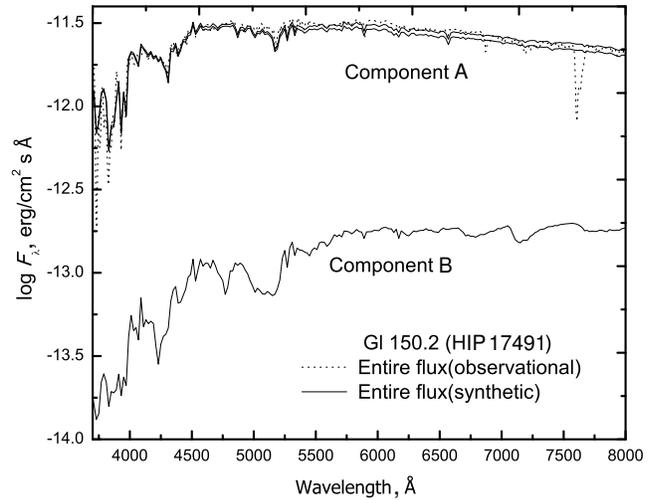
Основываясь на вычисленных индивидуальных абсолютных величинах и таблицах из работы [21], получаем предварительные параметры для построения моделей атмосфер с помощью сетки бланке-

**Таблица 3.** Элементы орбиты, полученные в данной работе, в сравнении с приведенными в [11]

Параметр	Данная работа	Balega et al. [11]
$P$ , yr	$14.039 \pm 0.05$	$13.92082 \pm 0.043$
$T_0$ , yr	$1991.877 \pm 0.049$	$1992.0661 \pm 0.036$
$e$	$0.2689 \pm 0.013$	$0.2855 \pm 0.012$
$a$ , arcsec	$0.253 \pm 0.0034$	$0.2575 \pm 0.003$
$i$ , deg	$101.58 \pm 0.57$	$101.07 \pm 0.52$
$\Omega$ , deg	$281.05 \pm 0.53$	$281.09 \pm 0.47$
$\omega$ , deg	$72.65 \pm 0.92$	$74.93 \pm 0.76$



**Рис. 2.** Полное синтетическое РЭС, построенное с использованием  $d = 23.75$  pc,  $T_{\text{eff}}^A = 5350 \pm 50$  K,  $\log g^A = 4.40 \pm 0.05$ ,  $R^A = 0.95 \pm 0.06 R_{\odot}$ ,  $T_{\text{eff}}^B = 4400 \pm 50$  K,  $\log g^B = 4.68 \pm 0.05$ ,  $R^B = 0.58 \pm 0.06 R_{\odot}$ , в сравнении с наблюдаемым, взятым из работы [15].



**Рис. 3.** То же, что и на рис. 2, но с индивидуальными РЭС компонентов А и В.

тированных моделей Куруца 1994 г. [22]:

$$\begin{aligned} T_{\text{eff}}^A &\simeq 5350 \text{ K}, \quad \log g^A \simeq 4.50, \\ T_{\text{eff}}^B &\simeq 4250 \text{ K}, \quad \log g^B \simeq 4.70. \end{aligned} \quad (4)$$

Теперь для построения индивидуальных распределений энергии в спектре (РЭС) по этим моделям воспользуемся определением полного потока энергии от двойной звезды как потока, создаваемого суммарной светимостью компонентов А и В, расположенных на расстоянии  $d$  от Земли [6]. Это можно записать в виде:

$$F_{\lambda} d^2 = H_{\lambda}^A \times (R^A)^2 + H_{\lambda}^B \times (R^B)^2, \quad (5)$$

откуда

$$F_{\lambda} = (R^A/d)^2 \left( H_{\lambda}^A + H_{\lambda}^B \times (R^B/R^A)^2 \right), \quad (6)$$

где  $H_{\lambda}^A$  и  $H_{\lambda}^B$  — потоки от единичной поверхности соответствующего компонента, а  $F_{\lambda}$  представляет собой полное РЭС системы.

В рамках критерия наилучшей аппроксимации следующих величин:

- (1) максимальные значения абсолютного потока (представлены видимыми величинами, вычисленными с помощью синтетической фотометрии),
- (2) наклон континуума полного спектра (представлен показателями цвета  $(U - B)$ ,  $(B - V)$  и  $(v - b)$ ),
- (3) профили линий поглощения,

начиная итерацию с вычисленными предварительными параметрами (4), при расстоянии  $d = 25.887$  пк ( $\pi = 38.63$  mas) по данным Hipparcos мы получили хорошее соответствие между наблюдаемым и полным синтетическим РЭС со следующим набором параметров (рис. 2 и 3):

$$\begin{aligned} T_{\text{eff}}^A &= 5350 \pm 50 \text{ K}, & T_{\text{eff}}^B &= 4400 \pm 50 \text{ K}, \\ \log g^A &= 4.40 \pm 0.05, & \log g^B &= 4.68 \pm 0.05, \\ R^A &= 0.95 \pm 0.06 R_{\odot}, & R^B &= 0.58 \pm 0.06 R_{\odot}. \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом, из соотношения

$$\log(R/R_{\odot}) = 0.5 \log(L/L_{\odot}) - 2 \log(T/T_{\odot}), \quad (8)$$

получаем светимости компонентов:

$$L^A = 0.66 \pm 0.03 L_{\odot}, \quad L^B = 0.11 \pm 0.03 L_{\odot}. \quad (9)$$

Оценки радиусов совпадают (в пределах ошибок) с теми, что даны в таблицах [23] и [21]. Кроме того, массы, вычисленные по уравнениям (1), и новое измерение параллакса Hipparcos соответствуют положениям компонентов на эволюционных треках (рис. 4), которые дают  $M^A \simeq 0.83 M_{\odot}$  и  $M^B \simeq 0.60 M_{\odot}$ .

Окончательные физические и геометрические параметры перечислены в таблице 4.

На основании оцененных параметров, которые подтверждают, что оба компонента — звезды главной последовательности, и таблиц из работ [23] и [21] мы оценили спектральные классы компонентов А и В системы как G9.5 и K7 соответственно.

#### 4. СИНТЕТИЧЕСКАЯ ФОТОМЕТРИЯ

Задача синтетической фотометрии — вычисление величин и показателей цвета звезды по ее РЭС. Она также используется как инструмент обратной связи для проверки наилучшего соответствия между синтетическими и наблюдаемыми РЭС путем их сравнения с наблюдаемыми от разных источников. Синтетические величины и показатели цвета вычисляются с помощью подпрограмм IDL (Interactive Data Language, ITT Visual Information Solutions Corporation), которые используются для интегрирования РЭС (полных потоков) в каждой полосе пропускания разных фильтров по следующему соотношению [24, 25]:

$$m_p F_{\lambda,s}(\lambda) = -2.5 \log \frac{\int P_p(\lambda) F_{\lambda,s}(\lambda) \lambda d\lambda}{\int P_p(\lambda) F_{\lambda,r}(\lambda) \lambda d\lambda} + ZP_p, \quad (10)$$

где  $m_p$  — синтетический блеск полосы  $p$ ,  $P_p(\lambda)$  — безразмерная функция чувствительности полосы  $p$ ,  $F_{\lambda,s}(\lambda)$  — синтетическое РЭС объекта, а  $F_{\lambda,r}(\lambda)$  — РЭС опорной звезды (Веги). Нулевые точки ( $ZP_p$ ) взяты из работы [25] и ссылок в ней.

В таблице 5 указаны синтетические величины и показатели цвета в фотометрических системах Johnson, Strömgren и Tycho, которые были вычислены в [26] с помощью наблюдаемых РЭС.

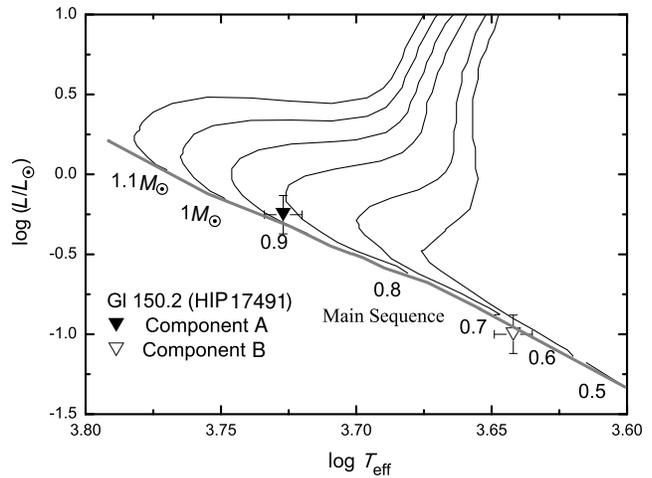
Результаты вычисления звездных величин и показателей цвета для всей системы и для индивидуальных компонентов в разных фотометрических системах показаны в таблице 6.

**Таблица 4.** Физические и геометрические параметры системы

Параметр	Комп. А	Комп. В
$T_{\text{eff}}$ , К	$5350 \pm 50$	$4400 \pm 50$
Радиус, $R_{\odot}$	$0.95 \pm 0.06$	$0.58 \pm 0.06$
$\log g$	$4.40 \pm 0.05$	$4.68 \pm 0.05$
$L, L_{\odot}$	$0.56 \pm 0.01$	$0.10 \pm 0.02$
$M_V$	$5^{\text{m}}74 \pm 0.10$	$8^{\text{m}}43 \pm 0.10$
Масса,* $M_{\odot}$	$0.83 \pm 0.05$	$0.60 \pm 0.05$
Сп. тип*	G9.5	K7
Параллакс,** mas	$38.63 \pm 0.79$	
Возраст, Гуг	$8 \pm 2$	

\* По таблицам [21].

\*\* По данным Hipparcos (таблица 1).



**Рис. 4.** Компоненты системы на эволюционных треках из работы [27].

#### 5. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Добавление двух новых спекл-интерферометрических позиционных измерений к орбите системы привело к небольшой корректировке орбитальных параметров системы Gl 150.2 (таблица 3), что важно для вычисления масс ее индивидуальных компонентов.

Использование измерений разности блеска для разделения потока системы на два субпотока способствовало вычислению предварительных параметров для моделирования атмосфер индивидуальных компонентов и, таким образом, построению синтетических индивидуальных и полного РЭС для сравнения с полным наблюдаемым РЭС, которое бралось в качестве опорного.

Наилучшее соответствие между полными синтетическими РЭС и наблюдаемыми (рис. 2 и 3) достигается при параметрах, перечисленных в таблице 4.

**Таблица 5.** Полные синтетические величины и показатели цвета Gl 150.2 в фотометрических системах Johnson, Strömgren и Tycho [26]

Фильтр	Значение	Фильтр	Значение
$B_J$	$8^{\text{m}}62$	$y$	$7^{\text{m}}68$
$V_J$	$7^{\text{m}}71$	$v - b$	$0^{\text{m}}89$
$R_J$	$7^{\text{m}}26$	$b - y$	$0^{\text{m}}56$
$(B - V)_J$	$0^{\text{m}}91$	$B_T$	$8^{\text{m}}87$
$v$	$9^{\text{m}}12$	$V_T$	$7^{\text{m}}81$
$b$	$8^{\text{m}}24$	$(B - V)_T$	$1^{\text{m}}05$

**Таблица 6.** Величины и показатели цвета синтетических спектров системы

Система	Фильтр	Полный ( $\sigma = \pm 0.02$ )	Комп. А	Комп. В
Johnson– Cousins	$U$	9.06	9.09	12.87
	$B$	8.58	8.64	11.74
	$V$	7.72	7.81	10.49
	$R$	7.24	7.36	9.74
	$U - B$	0.48	0.45	1.13
	$B - V$	0.86	0.83	1.25
	$V - R$	0.48	0.45	0.76
	Strömgren	$u$	10.21	10.24
$v$		9.05	9.10	12.47
$b$		8.18	8.25	11.17
$y$		7.68	7.77	10.43
$u - v$		1.16	1.14	1.79
$v - b$		0.87	0.85	1.30
$b - y$		0.50	0.48	0.75
Tycho	$B_T$	8.81	8.87	12.05
	$V_T$	7.82	7.90	10.66
	$B_T - V_T$	1.00	0.97	1.39

Сравнение синтетических звездных величин и цветов с наблюдаемыми (таблица 7) показывает очень хорошее соответствие в трех фотометрических системах: Johnson–Cousins, Strömgren и Tycho (см. таблицу 6). Это хороший индикатор надежности вычисленных РЭС и оцененных параметров индивидуальных компонентов. Также, согласие суммы масс, вычисленной по орбитальным параметрам, с той, что оценена с помощью моделирования атмосфер, доказывает, что наша оценка параллакса системы более точна, чем значения, приведенные в каталоге Hipparcos.

На рис. 4 показаны положения компонентов на эволюционных треках из работы [27]; величина ошибок на рисунке включает неопределенность параллакса. Из параметров компонентов системы и их положений на эволюционных треках ясно, что они являются звездами главной последовательности с возрастом приблизительно между 6 и 10 Gyr.

Наиболее вероятным механизмом формирования такой системы является фрагментация. Как

**Таблица 7.** Сравнение наблюдаемых и синтетических звездных величин, цветов и разности блеска системы

Параметр	Набл.	Синт. (данная работа)
$V_J$	$7^m72$	$7^m72$
$B_T$	$8^m819 \pm 0.014$	$8^m81 \pm 0.02$
$V_T$	$7^m81 \pm 0.010$	$7^m82 \pm 0.02$
$(B - V)_J$	$0^m864 \pm 0.004$	$0^m86 \pm 0.02$
$\Delta m$	$2^m68 \pm 0.07$	$2^m68 \pm 0.04$

было показано в [28], фрагментация диска, вращающегося вокруг зарождающейся центральной протозвезды возможна, пока продолжается приток масс, а в [29] указано, что иерархическая фрагментация при ротационном коллапсе может вызывать формирование двойных и кратных систем.

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для анализа близкой двойной системы красных карликов Gl 150.2 (HD 23140, HIP 17491), а также для оценки полного набора ее физических и геометрических параметров, применен динамический анализ и моделирование атмосфер. Корректировка орбиты системы проводилась по спекл-интерферометрическим измерениям относительных положений, а для построения синтетических индивидуальных и полных РЭС ее компонентов использовались измерения разности блеска, полное наблюдаемое распределение энергии в спектре и моделирование атмосфер.

В результате анализа получены новые орбитальные параметры, индивидуальные синтетические РЭС, а также полные и индивидуальные синтетические величины и показатели цвета в системах  $UBVR$  Johnson–Cousins,  $uvby$  Strömgren и  $BV$  Tycho.

Из соответствия суммы масс, вычисленной по орбитальным параметрам, и той, что получена из моделирования атмосфер, оценен новый параллакс системы.

Основываясь на полученных параметрах компонентов системы и их положениях на эволюционных треках, мы полагаем, что компоненты являются звездами G9.5 и K7 главной последовательности.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Часть данной работы была выполнена во время исследовательской поездки первого автора в

Институт астрофизики общества Макса Планка в Гархинге в 2011 г., которая финансировалась Немецким научно-исследовательским сообществом (DFG). В данной работе использовались базы данных SAO/NASA, SIMBAD, IPAC и программа CHORIZOS под IDL (Interactive Data Language, ITT Visual Information Solutions Corporation) для фотометрического и спектрофотометрического анализа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. K. Lippincott, *Astronomy* (Dorling Kindersley, New York, 1994).
2. M. A. Al-Wardat, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **53**, 51 (2002).
3. M. A. Al-Wardat, *Astronomische Nachrichten* **328**, 63 (2007).
4. M. A. Al-Wardat, *Astronomische Nachrichten* **330**, 385 (2009).
5. M. A. Al-Wardat and H. Widyan, *Astrophysical Bulletin* **64**, 365 (2009).
6. M. Al-Wardat, *Publ. Astronom. Soc. Australia* **29**, 523 (2012).
7. M. A. Al-Wardat, H. S. Widyan, and A. Al-Thyabat, *Publ. Astronom. Soc. Australia* **31**, e005 (2014).
8. M. A. Al-Wardat, Y. Y. Balega, V. V. Leushin, et al., *Astrophysical Bulletin* **69**, 58 (2014).
9. F. van Leeuwen, *Astronom. and Astrophys.* **474**, 653 (2007).
10. W. Gliese and H. Jahreiss, *VizieR Online Data Catalog, yCat 5070* (1995).
11. Y. Y. Balega, A. A. Tokovinin, E. A. Pluzhnik, and G. Weigelt, *Astronomy Letters* **28**, 773 (2002).
12. ESA, “The Hipparcos and Tycho Catalogues,” *VizieR Online Data Catalog, yCat 1239* (1997).
13. A. A. Tokovinin, *Sov. Astron.* **31**, 98 (1987).
14. I. I. Balega, Y. Y. Balega, H. Falcke, et al., *Astronomy Letters* **23**, 172 (1997).
15. M. A. Al-Wardat, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **53**, 58 (2002).
16. I. I. Balega, Y. Y. Balega, L. T. Gasanova, et al., *Astrophysical Bulletin* **68**, 53 (2013).
17. I. I. Balega, Y. Y. Balega, K.-H. Hofmann, and G. Weigelt, *Astronomy Letters* **27**, 95 (2001).
18. I. I. Balega, Y. Y. Balega, K.-H. Hofmann, et al., *Astronom. and Astrophys.* **385**, 87 (2002).
19. E. A. Pluzhnik, *Astronom. and Astrophys.* **431**, 587 (2005).
20. I. I. Balega, Y. Y. Balega, A. F. Maksimov, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **59**, 20 (2006).
21. D. F. Gray, *The Observation and Analysis of Stellar Photospheres* (Cambridge University Press, Cambridge, 2005).
22. R. Kurucz, CD-ROM No. 19 (Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, 1994).
23. K. R. Lang, *Astrophysical Data I. Planets and Stars* (Springer-Verlag, New York, 1992).
24. J. Maíz Apellániz, *Astronom. J.* **131**, 1184 (2006).
25. J. Maíz Apellániz, *ASP Conf. Ser.* **364**, 227 (2007).
26. M. A. Al-Wardat, *Astrophysical Bulletin* **63**, 361 (2008).
27. L. Girardi, A. Bressan, G. Bertelli, and C. Chiosi, *Astronom. and Astrophys. Suppl.* **141**, 371 (2000).
28. I. A. Bonnell, *Monthly Notices Royal Astronom. Soc.* **269**, 837 (1994).
29. H. Zinnecker, *IAU Symp.* **200**, 1 (2001).

Перевод Е. Г. Чмырёвой

## Physical and Geometrical Parameters of the Binary System Gliese 150.2

M. A. Al-Wardat, Yu. Yu. Balega, V. V. Leushin, R. Ya. Zhuchkov,  
R. V. Abujbha, K. S. Al-Waqfi, and S. Masda

The speckle interferometric binary system Gl 150.2 (HIP 17491) is analyzed using atmosphere modeling and dynamical analysis simultaneously. A synthetic spectral energy distribution (SED) for each of the two components of the system is built using Kurucz blanketed models. These SEDs are combined together to form the total flux, which is compared with the observed one in an iterative method to get the best fit. The parameters of the individual components which lead to the best fit are:  $T_{\text{eff}}^A = 5350 \pm 50$  K,  $T_{\text{eff}}^B = 4400 \pm 50$  K,  $\log g^A = 4.40 \pm 0.05$ ,  $\log g^B = 4.68 \pm 0.05$ ,  $R^A = 0.95 \pm 0.06 R_{\odot}$ ,  $R^B = 0.58 \pm 0.06 R_{\odot}$ , and  $\pi = 38.63 \pm 0.79$  mas, as given by the modified Hipparcos measurement. A modified orbit of the system is introduced and compared with earlier orbits. Hence, the masses of the two components are derived from the coincidence between the atmosphere modeling and dynamical analysis. Based on the estimated physical and geometrical parameters of the system, which are confirmed by synthetic photometry, the spectral types and luminosity classes of the two components are found to be G9.5 V and K7 V for the primary and secondary stars respectively, with an age of about 8 Gyr. Finally, the positions of both components on the H–R diagram are plotted, and the formation and evolution of the system are discussed.

Keywords: *binaries: visual—stars: fundamental parameters—stars: individual: Gliese 150.2*