

УДК 524.386:520.844

ПАРАМЕТРЫ ВИДИМОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОРБИТЫ ТРЕТЬЕГО ТЕЛА В СИСТЕМЕ SZ Cam

© 2007 С. Ю. Горда¹, Ю. Ю. Балега², Е. А. Плужник³, З. У. Шхагошева²

¹Астрономическая обсерватория Уральского государственного университета

²Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия

³Телескоп Субару, Национальная астрономическая обсерватория, Япония

Поступила в редакцию 8 августа 2007 г.; принята в печать 17 сентября 2007 г.

На основе новых спеклинтерферометрических и фотометрических наблюдений затменной двойной SZ Cam, выполненных на 6-м телескопе САО РАН и 0.5-м телескопе АО Уральского государственного университета, а также данных из литературы, впервые определен полный набор параметров видимой относительной орбиты третьего тела. Получены оценки массы третьего тела ($M_3 = 23.4M_{\odot}$) и расстояния до SZ Cam ($d = 1125$ кпк). Подтверждена двойственность третьего тела. Высказано предположение, что SZ Cam, возможно, не является членом рассеянного звездного скопления NGC 1502, на центр которого она проектируется. Приведены 16 новых моментов минимумов SZ Cam.

1. ВВЕДЕНИЕ

Затменная переменная SZ Cam с массивными компонентами раннего спектрального класса O9–B0 является северным компонентом визуально-двойной звезды ADS 2984. Тесная двойная SZ Cam и ее визуальный спутник, имеющий такой же блеск ($\sim 7^m$) и находящийся на угловом расстоянии $18''$, являются самыми яркими членами рассеянного звездного скопления NGC 1502. Переменность SZ Cam была установлена Гутником и Прагером [1], а первые фотографические кривые блеска очень высокого качества получены Веселинком [2] в 40-х годах. В 1970–1971 гг. Китамурой и Ямаками [3] в Японии и Полушиной [4] в Гиссарской обсерватории получены первые фотоэлектрические кривые блеска SZ Cam. В последующие годы были получены еще несколько электрофотометрических кривых блеска системы [5–8]. Практически на всех кривых блеска отмечались депрессии небольшой амплитуды, особенно в районе вторичного минимума.

Первые спектральные фотографические наблюдения SZ Cam были проведены Хохолом [9] в 1975 г. В полученных спектрах он обнаружил только линии главного компонента. Основываясь на величине отношения светимостей главного и вторичного компонентов, полученных из решения кривой блеска, он оценил отношение масс компонентов — SZ Cam $q = 0.25$.

Основываясь на этих данных, затменную SZ Cam отнесли к классу полуразделенных систем, в которых главный компонент заполняет свою

полость Роша. Особенности на кривых блеска, отмеченные выше, объяснялись истечением вещества от вторичного компонента на более массивный главный с образованием дискообразной оболочки и потерей вещества системой [6, 10].

Взгляд на эволюционный статус системы существенно изменился после опубликования работ Майера, Лоренца и др. [11, 12] по исследованию высокодисперсионных спектров SZ Cam, полученных в 1993–1995 гг. с использованием электронных приемников излучения. В блендах HeI, HeII, SiIII авторы легко выделили линии первого и второго компонентов и, построив кривые лучевых скоростей, нашли новое отношение их масс $q = 0.69$. Это позволило отнести SZ Cam к классу разделенных систем.

Помимо линий основных компонентов в спектре SZ Cam наблюдались линии, положение которых также менялось со временем, но сдвиги были гораздо меньше, чем у линий основных компонентов SZ Cam. Авторы предположили, что эти линии принадлежат третьему телу в системе SZ Cam, которое, возможно, также является тесной двойной системой. По своим двухлетним наблюдениям они определили для него световые элементы и построили малоамплитудную сильно зашумленную кривую лучевых скоростей предположительно главного компонента третьего тела и определили его суммарную массу [12].

Проанализировав далее кривую изменения периода SZ Cam, они пришли к выводу, что SZ Cam участвует в орбитальном движении вокруг общего

с третьим телом центра масс. Единственное на тот момент спеклинтерферометрическое исследование SZ Cam проведено Мэйсоном [13], который обнаружил на угловом расстоянии $0''.071$ от SZ Cam визуальный спутник. Используя результат Майер и др. [11], мы вычислили четыре варианта визуальной орбиты третьего тела для двух периодов, 50.7 и 60.1 года, и двух углов наклона, $i = 60^\circ$ и $i = 90^\circ$ [12].

Таким образом, анализ данных спектральных наблюдений SZ Cam, полученных по высококачественным спектрам, позволил пересмотреть эволюционный статус системы, обнаружить третье тело и заподозрить его двойственную природу. Тем не менее, недостаток на тот момент как фотометрических, так и спеклинтерферометрических данных не позволил упомянутым выше авторам однозначно определить параметры орбиты третьего тела.

Целью данной работы является определение параметров орбиты близкого спутника, отождествляемого с третьим телом в системе SZ Cam, на основе новых фотометрических и спеклинтерферометрических данных, полученных в период с 1996 по 2005 гг.

2. ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ

Задачу определения параметров относительной орбиты тесного визуального спутника (третьего тела) в системе затменно-двойной звезды, в случае недостаточного количества позиционных определений, можно решить, привлекая данные о моментах минимумов блеска, полученные на временном интервале, сравнимом с периодом обращения третьего тела. Учитывая, что эллипсы взаимных орбит затменной системы и третьего тела подобны [14], определение полного набора параметров орбит можно провести в два этапа. Сначала по кривой изменения периода (О-С) затменной двойной находится часть параметров ее общей с третьим телом орбиты, определяющих вид этой кривой. Затем находится часть параметров видимой относительной орбиты третьего тела с привлечением данных позиционных (в нашем случае спеклинтерферометрических) наблюдений. Принимая далее во внимание, что углы, определяющие ориентацию орбит третьего тела и затменной пары в пространстве, будут одинаковые, либо отличаться на 180° , а эксцентриситеты иметь одну и ту же величину, можно окончательно найти все шесть параметров видимой относительной орбиты третьего тела.

Соответствующие уравнения [15], описывающие наблюдательные данные как функции параметров орбит, приведены ниже.

$$\operatorname{tg}(\theta - \Omega) = \operatorname{tg}(v + \omega) \cos i, \quad (1)$$

$$\rho = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos v} \cdot \frac{\cos(v + \omega)}{\cos(\theta - \Omega)}, \quad (2)$$

$$z = a'(1 - e \cos E') \sin i \sin(v + \omega), \quad (3)$$

$$\delta t = \frac{z}{c}, \quad (4)$$

где Ω — позиционный угол линии узлов, ω — долгота периастра, v — истинная аномалия, i — угол наклона плоскости орбиты к картинной плоскости, a — большая полуось видимой относительной орбиты третьего тела, выраженная в секундах дуги, e — эксцентриситет, a' — большая полуось орбиты затменной системы в а.е. относительно барицентра системы затменная — третье тело, E' — эксцентричная аномалия, ω — долгота периастра, c — скорость света.

В нашем случае уравнения (1,2) отражают связь позиционных измерений — углового разделения ρ и позиционного угла θ — с элементами видимой относительной орбиты третьего тела. Уравнение (3) описывает изменение проекции радиуса-вектора орбиты затменной двойной z на луч зрения, а уравнение (4) — время запаздывания или опережения наблюдаемых явлений в затменной системе по мере ее движения по орбите вокруг общего с третьим телом центра масс. Величина δt соответствует, например, разности между наблюдаемым и истинным моментом минимума блеска затменной системы.

3. НОВЫЕ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

3.1. Фотометрические наблюдения моментов минимумов SZ Cam

В период с 1996 по 2005 гг. в Астрономической обсерватории Уральского государственного университета на электрофотометре телескопа АЗТ-3 ($D = 0.5\text{м}$) проводились фотометрические наблюдения затменной системы SZ Cam [7, 8]. Наличие близкого визуального спутника, имеющего такой же блеск, как и затменная система, не позволило использовать электрофотометр в классической схеме. Поэтому все наблюдения проводились методом сканирования изображений. Сканирование осуществлялось покачиванием плоскопараллельной пластинки, введенной в оптическую схему фотометра. Сканы изображений SZ Cam и визуального спутника в реальном времени суммировались до достижения приемлемого для дальнейшей обработки отношения сигнал/шум. Аналогично наблюдалась звезда сравнения. Дальнейшая обработка проводилась по схеме, описанной в работе [16]. Время интегрирования для получения отдельной

точки скана составляло 0.01с, суммировалось до 100 сканов. Наблюдения проводились в UBVR-фильтрах.

За время мониторинга неоднократно были получены фотометрические данные затменных участков кривой блеска SZ Cam. Для решения поставленной задачи в равной степени были использованы моменты как главного, так и вторичного минимумов SZ Cam, поскольку они имели практически одинаковую глубину [7].

Определение моментов минимумов проводилось путем аппроксимации затменных участков кривой блеска полиномом четвертой степени. Затем определялась абсцисса, соответствующая минимальному значению полинома. Такой подход был оправдан, т.к. минимумы блеска SZ Cam имеют достаточно симметричную форму. Пример полиномиальной аппроксимации участка затменной кривой блеска приведен на рис.1. Данные, полученные в каждом из фильтров в одну дату, усреднялись. Точность среднего оценивалась по разбросу моментов минимумов, полученных в каждом из четырех фильтров. В табл.1 приведены моменты минимумов SZ Cam, вычисленные по наблюдениям, выполненным в Астрономической обсерватории Уральского университета в 1985 г.(первые две строчки) и в период с 1996 по 2005 гг.

3.2. Спекл-интерферометрия SZ Cam

Спекл-интерферометрические наблюдения SZ Cam были проведены в период с 31 марта по 4 апреля 2002 г. с использованием цифрового спекл-интерферометра [17], установленного в главном фокусе 6-м телескопа САО РАН. Измерения проводились в двух узкополосных фильтрах, центрированных на длины волн 545 нм и 750 нм. В общей сложности было получено порядка 4500 спекл-интерферограмм SZ Cam с экспозицией 20 мс. Обработка данных проводилась методом, применяемым в САО РАН для редукиции спекл-интерферометрических наблюдений [18]. В результате получены новые оценки углового разделения и позиционного угла очень близкого спутника SZ Cam на вторую эпоху $T_2 = 2002.2485$. Имеющиеся на сегодняшний момент результаты спекл-интерферометрических наблюдений SZ Cam приведены в табл. 2, где в первом столбце указана эпоха наблюдений, выраженная в долях года, во втором — величина разделения ρ , в третьем столбце — угол θ , в четвертом столбце — длина волны применяемого фильтра/ширина полосы пропускания, в пятом — количество измерений в данном фильтре, в шестом — диаметр объектива используемого телескопа и в седьмом столбце — источник данных. Усредненные величины полученных нами

Таблица 1. Моменты минимумов блеска SZ Cam, полученные по электрофотометрическим наблюдениям на телескопе АЗТ-3 (D=0.5м) Астрономической обсерватории Уральского государственного университета в 1984–2005 гг.

| N | Дата | JD_{\odot} 2400000.0+ | Тип минимума |
|----|------------|----------------------------|-----------------|
| 1 | 02.03.1985 | 46127.3300 ± 0.0030 | II |
| 2 | 25.03.1985 | 46150.2684 ± 0.0025 | I |
| 3 | 17.02.1999 | 51227.3523 ± 0.0007 | II |
| 4 | 21.02.1999 | 51231.3966 ± 0.0010 | I |
| 5 | 09.10.1999 | 51463.4560 ± 0.0009 | I |
| 6 | 28.11.1999 | 51501.2366 ± 0.0010 | I |
| 7 | 07.12.2001 | 52251.3602 ± 0.0016 | I |
| 8 | 15.12.2001 | 52259.4873 ± 0.0018 | I |
| 9 | 05.12.2002 | 52614.3289 ± 0.0021 | II |
| 10 | 20.12.2002 | 52629.1658 ± 0.0059 | I |
| 11 | 12.02.2003 | 52683.1434 ± 0.0018 | I |
| 12 | 14.10.2003 | 52927.3461 ± 0.0055 | II |
| 13 | 24.03.2004 | 53089.2600 ± 0.0030 | II |
| 14 | 09.04.2004 | 53105.4676 ± 0.0072 | II |
| 15 | 12.02.2005 | 53406.3244 ± 0.0061 | I |
| 16 | 03.03.2005 | 53433.3094 ± 0.0022 | I |

позиционных параметров и их погрешностей приведены в последней строке табл. 2. Как можно видеть, есть существенное отличие позиционных параметров тесного спутника, полученных на 6-м телескопе, от данных Мейсона и др. [13] 1994 года, что с большой долей вероятности может свидетельствовать о наличии физической связи затменной системы и ее близкого визуального спутника.

К сожалению, из-за больших, порядка $3'' - 4''$, размеров изображений при наблюдениях не удалось определить разность блеска SZ Cam и ее спекл-интерферометрического спутника.

Проведенные в это же время спекл-интерферометрические наблюдения визуального спутника SZ Cam ($\rho = 18''$) не выявили у него наличие близкого соседа, по крайней мере в пределах расстояния до $1''$.

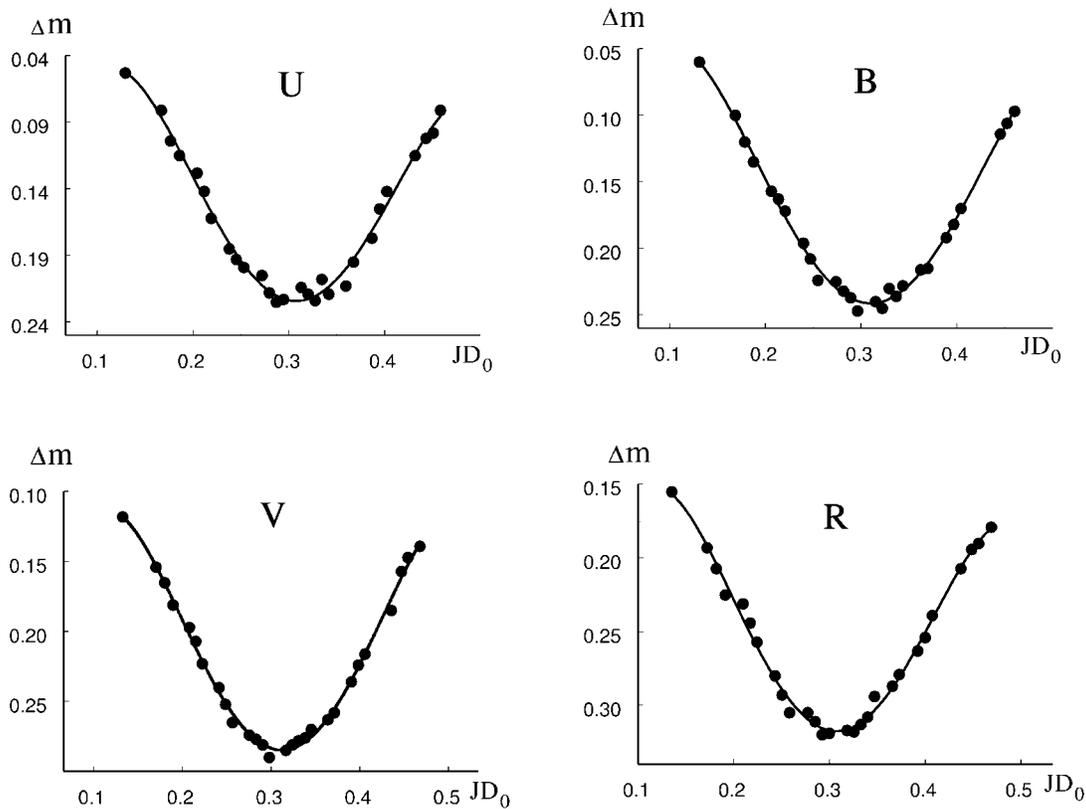


Рис. 1. Пример аппроксимации затненного участка кривой блеска SZ Cam, полученного 3 марта 2005г. ($JD = 2453433$), полиномом 4-ой степени. По оси абсцисс отложена величина $JD_0 = JD - 2453433$.

Таблица 2. Данные спекл-интерферометрических измерений близкого спутника в системе SZ Cam

| Эпоха | ρ'' | θ° | Фильтр (нм) | Кол-во кадров | Телескоп | Источник |
|-----------|-------------------|-----------------|-------------|---------------|----------|-------------------|
| 1994.7035 | 0.071 | 300 | 549/22 | | 3.8-м | Мейсон и др. [13] |
| 2002.2485 | 0.076 | 295.107 | 545/25 | 1500 | 6-м | данные авторов |
| 2002.2485 | 0.076 | 295.806 | 750/35 | 1500 | 6-м | данные авторов |
| 2002.2486 | 0.075 | 295.453 | 750/35 | 1500 | 6-м | данные авторов |
| 2002.2485 | 0.076 ± 0.001 | 295.6 ± 0.5 | | 4500 | 6-м | данные авторов |

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИДИМОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОРБИТЫ ТРЕТЬЕГО ТЕЛА

4.1. Аппроксимация кривой $O-C$

Для построения световой кривой мы использовали по-возможности все известные на сегодняшний момент данные о моментах минимумов SZ Cam. Кроме табл. 1, привлекались данные фотографической фотометрии SZ Cam, приведенные в пионерской работе Веселинка [2], а также измерения из работ Китамуры и Ямасаки [3], Полушиной [4], Хохола [9], Майера и др. [11]. В

общей сложности были использованы 93 момента минимумов SZ Cam.

Значения $(O - C)$ вычислялись согласно световому уравнению:

$$O - C = JD_{min}^{obs} - (JD_{\odot} I_{min} + P \cdot E), \quad (5)$$

где JD_{min}^{obs} — момент минимума блеска, определенный из наблюдений, $JD_{\odot} I_{min}$ — момент главного минимума на определенную эпоху, P — истинный период затменной системы, E — число циклов, протекших с момента $JD_{\odot} I_{min}$ до заданного момента минимума. В качестве начального приближения $JD_{\odot} I_{min}$ мы использовали первый момент

минимума, приведенный в работе Веселинка [2], а в качестве P — истинный периода SZ Cam из работы Лоренца и др. [12].

Аппроксимация ($O - C$) теоретической световой кривой δt (3)-(4), с целью определения параметров орбиты SZ Cam, проводилась методом наименьших квадратов. В процессе аппроксимации методом случайного поиска подбирались значения $a' \sin(i)$, e , ω , а также T_0 — момент прохождения перигелия и P_{orb} — период обращения SZ Cam вокруг третьего тела. Кроме того уточнялись $JD_{\odot} \ominus I_{min}$ и P , при этом на каждом шаге, когда менялись эти величины, ($O - C$) пересчитывались согласно выражению (5).

4.2. Определение полного набора параметров относительной орбиты третьего тела

Три недостающих параметра — долгота восходящего узла, Ω , большая полуось орбиты, a тесного спутника (третьего тела) SZ Cam и наклонение орбиты i — найдены по данным спекл-интерферометрических наблюдений. Первоначально был сделан переход от величин ρ и θ к прямоугольным координатам x и y , где ось x соответствует направлению на восток, а y — на север. Затем, путем варьирования значений искоемых параметров Ω , a и i , минимизировалась сумма квадратов отклонений координат двух положений спутника, полученных из наблюдений, от соответствующих им точек вычисляемой орбиты. При этом в выражения (1) и (2), которые для работы в прямоугольных координатах были соответствующим образом преобразованы, подставлялись найденные ранее по световой кривой P_{orb} , ω , и e .

Следует отметить, что построенная по вычисленным параметрам видимая относительная орбита третьего тела недостаточно хорошо аппроксимировала данные спекл-интерферометрических наблюдений. Поэтому, несмотря на то, что в данном случае сумма квадратов отклонений вычислялась только по четырем слагаемым (по две координаты на каждую точку), для улучшения аппроксимации мы вынуждены были помимо трех упомянутых выше параметров варьировать еще один. Наименьшие суммы квадратов отклонений получались при варьировании P_{orb} . Естественно, после определения новой величины P_{orb} заново проводилась аппроксимация кривой $O - C$ при фиксированном значении данного параметра. При этом сумма квадратов отклонений получаемой световой кривой от $O - C$, вычисленным по данным наблюдений, имела несколько большее значение, чем в случае варьирования всех параметров, определяющих ее вид. Учитывая тот факт, что масштаб отклонений координат наблюдаемых величин от соответствующих точек аппроксимирующих кривых как в случае

Таблица 3. Параметры орбиты затменной системы SZ Cam, полученные по кривой $O - C$

| | |
|---------------------------------------|----------------------------|
| P_{orb} | 53.5 ± 1.5 года |
| $(\delta t_{max} - \delta t_{min})/2$ | 0^d093 |
| e | 0.78 ± 0.05 |
| ω | $26^\circ.3 \pm 1^\circ.6$ |
| Эпоха периастра $T_0(JD)$ | 2444400 ± 30 |
| $a' \sin i$ | -22.8 ± 1.2 a.e. |
| a' | 23.86 ± 1.8 a.e. |
| P_0 (SZ Cam) | $2^d6984688$ |
| $JD_{\odot} I_{min}$ | 2426286^d7644 |

световой кривой, так и видимой орбиты, имел приблизительно одинаковое значение, окончательный подбор всех параметров проводился по минимуму объединенной суммы квадратов отклонений S вида:

$$S = S_{O-C} + kS_{orb}, \quad (6)$$

где S_{O-C} и S_{orb} — суммы квадратов отклонений для световой кривой и относительной орбиты соответственно, $k = 20$ — весовой коэффициент, пропорциональный отношению числа слагаемых S_{O-C} (количество использованных минимумов) к числу слагаемых S_{orb} . Данный весовой коэффициент вводился для уравнивания значимости обеих слагаемых, а следовательно и параметров орбиты, получаемых по той или другой кривой.

Найденные значения варьируемых параметров световой кривой приведены в табл. 3, а ее графическое представление с нанесенными величинами ($O - C$) на рис.2. Соответственно, в табл. 4 приведены параметры видимой относительной орбиты третьего тела, гравитационно связанного с SZ Cam, а на рис.3 изображено положение вычисленной орбиты относительно двух измерений третьего тела, полученных по данным спекл-интерферометрических наблюдений.

Ниже приведены световые элементы, которые можно использовать для вычисления наблюдаемого периода SZ Cam на ближайшую эпоху. Для их определения использовались моменты минимумов за последние 20 лет. На рис.2 им соответствует нисходящая ветвь световой кривой. Эти данные хорошо аппроксимируются следующей параболической зависимостью:

$$JD_{\odot} = 2451922.1883 + 2.69841927 \cdot E + 0.457 \cdot 10^{-8} \cdot E^2. \quad (7)$$

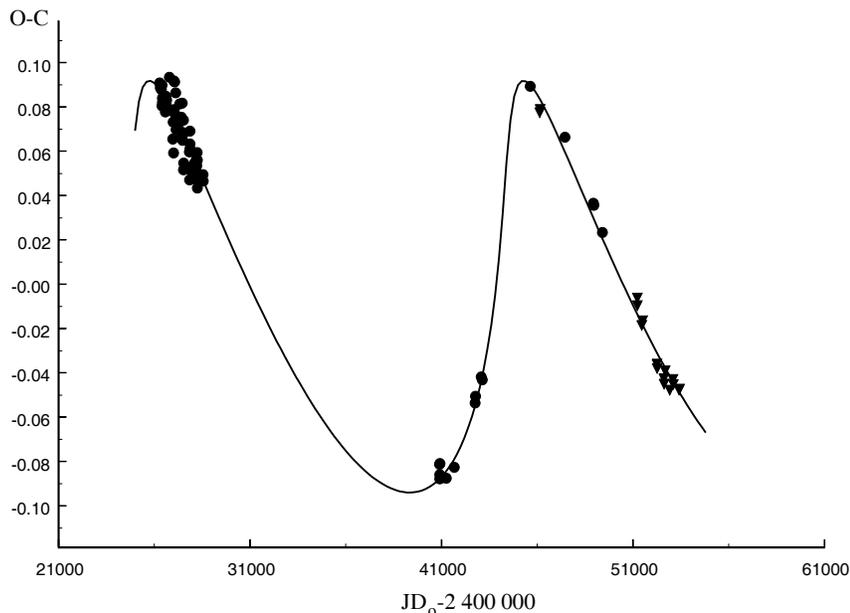


Рис. 2. Теоретическая световая кривая (непрерывная линия); треугольники — значения $O - C$, вычисленные по данным, полученным в Астрономической обсерватории Уральского госуниверситета, кружки — данные других наблюдателей (подробности в тексте).

Таблица 4. Параметры видимой относительной орбиты третьего тела

| P_{orb} (год) | T_0 | e | a | i | Ω | ω |
|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 53.5 ± 1.5 | 1980.437 ± 0.082 | 0.78 ± 0.05 | $0''.047 \pm 0''.002$ | $72^\circ.9 \pm 2^\circ.1$ | $302^\circ.0 \pm 2^\circ.1$ | $26^\circ.3 \pm 1^\circ.6$ |

Отсюда световые элементы, пригодные для вычисления моментов минимумов SZ Cam в настоящее время, имеют следующий вид:

$$JD_{\odot} I_{min} = 2453676.1628 + 2.6984222 \cdot E. \quad (8)$$

5. ОЦЕНКИ МАССЫ ТРЕТЬЕГО ТЕЛА И РАССТОЯНИЯ ДО SZ Cam

Масса третьего тела M_3 оценивалась с использованием функции масс $f(M_3)$ системы SZ Cam — спекл-интерферометрический спутник, которую в данном случае можно записать следующий образом:

$$f(M_3) = \frac{(M_3 \sin i)^3}{(M_{12} + M_3)^2}, \quad (9)$$

где M_{12} — суммарная масса первого и второго компонентов затменной системы. Как известно, функцию масс можно также выразить через элементы орбиты, используя следующее соотношение:

$$f(M_3) = \frac{a' \sin^3 i}{P_{orb}^2}. \quad (10)$$

Приравнивая правые части выражений (9) и (10), получаем уравнение относительно M_3 . Подставив в него найденные значения a', i и P_{orb} , а также $M_{12} = 28.5 \pm 0.5 M_{\odot}$ из работы [19], получаем следующую оценку массы третьего тела: $M_3 = 23.4 \pm \pm 2.4 M_{\odot}$. Большая масса третьего тела, как было отмечено ранее в работе [12], скорее всего, говорит о двойственной природе этого объекта. Возможно, третье тело, подобно SZ Cam, является тесной двойной системой.

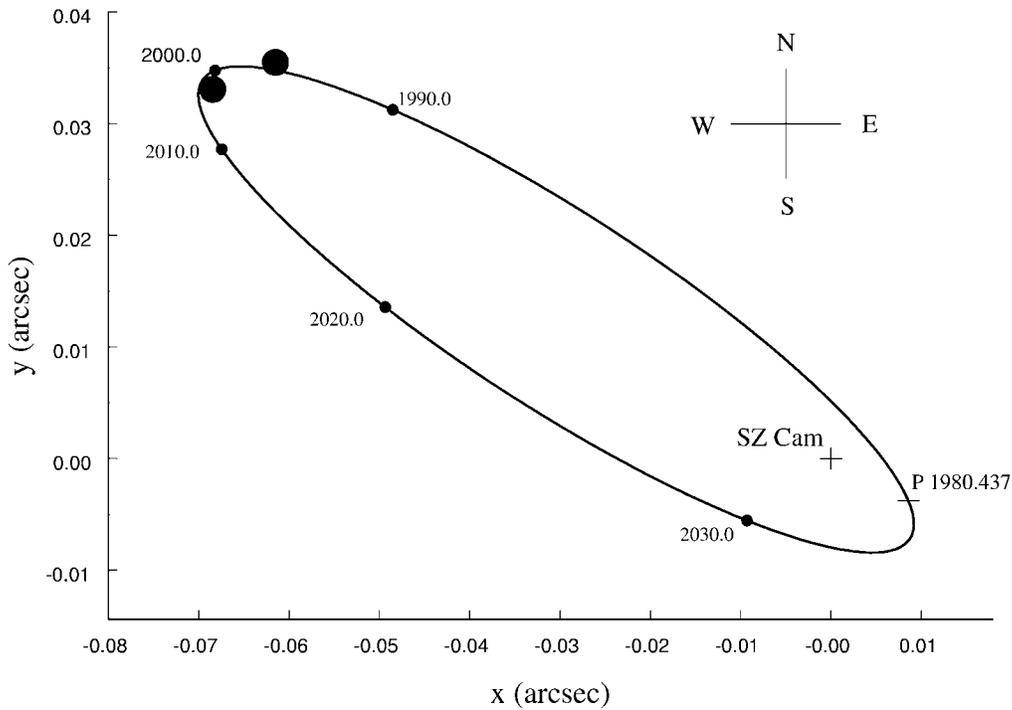


Рис. 3. Видимая относительная орбита третьего тела (непрерывная линия); большие кружки — данные спеклинтерферометрических наблюдений; маленькие кружки — вычисленные положения третьего тела на эпохи начала десятилетий.

Зная массу третьего тела, мы оценили расстояние до SZ Cam. С этой целью использовали выражение для большой полуоси относительной орбиты двух притягивающих центров, которое в нашем случае можно записать в следующем виде:

$$A = a' + a_3 = a' \frac{M_{12} + M_3}{M_3}, \quad (11)$$

где a_3 — большая полуось орбиты третьего тела. Подставив в (11) приведенные выше величины M_{12} , M_3 и a' , мы получили следующее значение большой полуоси относительной орбиты третьего тела — $A = 52.9 \pm 5.8$ а.е. Затем, зная величину a , выраженную в угловой мере (см. табл. 4), мы нашли оценку расстояния d до системы SZ Cam, используя очевидное соотношение:

$$d = \frac{A}{a} = \frac{52.9 \text{ а.е.}}{0''.047} = 1125 \pm 135 \text{ пк.} \quad (12)$$

6. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Новые фотометрические и спекл-интерферометрические данные, использованные в нашей работе, позволили обнаружить угловое смещение относительно SZ Cam тесного спутника, отождествляемого с третьим телом, а также получить однозначные оценки параметров его видимой относительной орбиты.

Существенное уточнение параметров орбиты тесного спутника возможно после получения, по крайней мере, еще нескольких спеклинтерферометрических определений его положения относительно SZ Cam. В настоящий момент, согласно полученным нами параметрам орбиты, третье тело находится в окрестности своего апоастрия, и его видимое смещение минимально. Поэтому точная орбита с использованием только позиционных данных может быть получена не ранее, чем через 5 – 10 лет.

Найденный угол наклона плоскости орбиты SZ Cam $i = 72^\circ.9$ сравним по величине с углом наклона $i = 74^\circ - 78^\circ$ орбит компонентов затменной системы [12]. Это обстоятельство позволяет предположить, что плоскости орбит компонентов этой, по всей видимости четверной, иерархической системы компланарны. По крайней мере, это справедливо для SZ Cam.

Предположение о компланарности орбиты компонентов третьего тела необходимо делать с большой оговоркой, поскольку в этом случае в системе третьего тела должны наблюдаться затмения, а т.к. суммарные массы компонентов SZ Cam и третьего тела больше $20M_\odot$ и сравнимы по величине, имеет смысл предположить, что система третьего тела подобна SZ Cam, и ее блеск, вследствие затмений, должен существенно меняться. Это, в свою очередь, должно определенным образом сказываться

на кривой блеска SZ Cam. Тем не менее, искаженный кривой блеска SZ Cam более чем на $0.^m03$ не наблюдается [8].

Полученная нами величина расстояния до SZ Cam более чем на 200 пк превышает расстояние до рассеянного скопления NGC 1502, которое, например, по данным однородного каталога параметров рассеянных скоплений Локтина и др. [21] составляет $d = 880$ пк. Учитывая, что максимальные радиусы рассеянных скоплений не превышают величин 10–15 пк [22], можно предположить, что затменная система SZ Cam не является членом рассеянного скопления NGC 1502, на центр которого она проектируется.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной работы впервые определен полный однозначный набор параметров видимой относительной орбиты третьего тела в системе SZ Cam, получена состоятельная оценка массы третьего тела.

Из-за большой разницы расстояний до SZ Cam и скопления NGC 1502, порядка 200 пк, сделан вывод о том, что визуально-двойная ADS 2984, компонентом которой является эта затменная, возможно, не является членом скопления NGC 1502.

Для уточнения параметров орбиты третьего тела, и определения его блеска необходимы дополнительные спекл-интерферометрические наблюдения системы SZ Cam.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. P. Guthnick and R. Prager, *Astron Nachr.* **239**, 14 (1930).
2. A. J. Wesselink, *Ann. Sterrew. Leiden.* **17**(1941).
3. M. Kitamura and A. Yamasaki, *Tokyo Astron. Bull.* No. 220, 2563 (1972).

4. Т. С. Полушина, *Переменные звезды* **20**, 473 (1977).
5. D. Chochol, *Contr. Astron. Obs. Skaltate Pleso.* **10**, 89 (1981).
6. С. Ю. Горда и Т. С. Полушина, *Меж. вуз. сб. Астрономо-геодез. исслед.* (Свердловск, 1987) р. 96.
7. S. Yu. Gorda, *Inform. Bull. of Var. Stars* No. 4839 (2000). (2002).
8. С. Ю. Горда, *Переменные звезды-ключ к пониманию строения и эволюции Галактики. Межд. конф., посвященная 90-летию Б.В.Кукаркина, 25-29 октября 1999, Москва, ГАИШ МГУ, (Сб. трудов. Нижний Архыз: изд. центр CYGNUS, 2000),* р. 127.
9. D. Chochol, *Bull. Astron. Inst. Czech.* **31**, 321 (1980).
10. T. S. Polushina and I. B. Pustyl'nik, *Astr. Astrophys. Trans.* **5**, (4) 303 (1994).
11. P. Mayer, R. Lorenz, D. Chochol and T. R. Irsamambetova, *Astronom. and Astrophys.* **288**, L13 (1994).
12. R. Lorenz, P. Mayer and H. Drechsel, *A&A* **332**, 909 (1998).
13. B. D. Mason, D. R. Gies, I. H. William et al., *Astron. J.* No. 115 (1998).
14. М. Ф. Субботин *Введение в теоретическую астрономию* (М.: Наука, 1968), р. 73.
15. П. Куто, *Наблюдения визуально-двойных звезд*, (М.: Изд. Мир, 1981), р. 115.
16. С. Ю. Горда, *Меж. вуз. сб. Астрономо-геодез. исслед.* (Свердловск, 1988), с. 131.
17. A. F. Maximov, Yu. Yu. Balega, U. Beckmann et al., *Bull. Spec. Astrophys. Observ.* **56**, 102 (2003).
18. E. A. Pluzhnik, *Astronom. and Astrophys.* **431**, 587 (2005).
19. С. Ю. Горда, *Письма в Астрон. Журн.* (в печати).
20. S. Yu. Gorda, *Inform. Bull. of Var. Stars* No. 5345 (2002).
21. A. V. Loktin, T. P. Gerasimenko, L. K. Malysheva, *Astron. Astrophys. Transactions* **20**, 607 (2001).
22. V. M. Danilov, A. F. Seleznev, *Astron. Astrophys. Transactions* **6**, 85 (1994).

THE PARAMETERS OF THE VISUAL ORBIT OF THE THIRD BODY ON THE SZ CAM

S. Yu. Gorda, Yu. Yu. Balega, E. A. Pluzhnik, Z. U. Shkhagosheva

On the basis of new speclinterferometric and photometric observations of eclipsing binary SZ Cam, executed on 6-m telescope at SAO RAS and 0.5-m telescope of Astronomical observatory of Ural State University, and data added from the literature, complete set of parameters of apparent relative orbit of the third body are determined for the first time. Mass of the third body $M_3 = 23.4M_{\odot}$ and distance up to SZ Cam $d = 1125$ ps are estimated. The conclusion confirming a duality of third body is made. The assumption is stated, that SZ Cam, probably, is not the member of open star cluster NGC 1502, on which centre it is projected. The values of 16 times of minima of SZ Cam are given.