

УДК: 524.38

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВОЙНОЙ ЗВЕЗДЫ 61 ЛЕБЕДЯ ПО
НАБЛЮДЕНИЯМ НА 26-ДЮЙМОВОМ РЕФРАКТОРЕ
ПУЛКОВСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Д.Л.ГОРШАНОВ, Н.А.ШАХТ, А.А.КИСЕЛЕВ

Поступила 29 марта 2006

Принята к печати 9 июня 2006

Представлены результаты обработки сорокалетнего ряда фотографических наблюдений двойной звезды 61 Лебеда на 26-дюймовом рефракторе Пулковской обсерватории. По относительным положениям компонент построена орбита и определена сумма масс компонент. Изучение индивидуального движения компонент 61 Лебеда относительно окружающих звезд позволило определить их отношение масс и массы главной и вторичной компоненты, которые составили 0.74 и 0.46 массы Солнца соответственно. В относительном движении компонент выявлена колебательная составляющая с периодом 6.5 года, причину появления которой можно объяснить, в частности, присутствием в системе темного маломассивного спутника.

1. *Введение.* Визуально-двойная звезда 61 Лебеда (ADS 14636 = WDS 21069 + 3845 = Gliese 820 = HR 8085 + HR 8086 = HD 201091 + HD 201092) входит в пулковскую программу наблюдений звезд с заподозренными невидимыми спутниками и наблюдается на нормальном астрографе с 1895г. и на 26-дюймовом рефракторе - с 1958г. Ее основные параметры следующие: экваториальные координаты: $\alpha_{2000} = 21^{\text{h}}06^{\text{m}}.9$, $\delta_{2000} = 38^{\circ}45'$, тригонометрический параллакс: $\pi_{\text{r}} = 0''.296$, блеск компонент в полосе V: $5^{\text{m}}.4$, $6^{\text{m}}.1$; спектральные классы компонент: K5V, K7V; относительные полярные координаты: $\rho_{2000} = 30''.5$, $\theta_{2000} = 150^{\circ}$; собственное движение: $\mu_{\alpha} = 0''.35107/\text{год}$, $\mu_{\delta} = 3''.2589/\text{год}$.

Под *невидимым спутником* в настоящей работе подразумевается объект слабой светимости и малой массы, который оказывает возмущение в орбитальном движении исследуемой звезды. В нашем случае это влияние может быть обнаружено по периодическим отклонениям от ее видимого орбитального движения.

2. *Историческая справка.* Одна из наиболее близких к Солнцу звезд, 61 Лебеда в течение многих лет была объектом исследования нескольких поколений астрономов. В настоящее время ее движение и физическая природа хорошо изучены на основе как астрометрических, так и астрофизических наблюдений. Приведем небольшую историческую справку с результатами исследований, которые были использованы нами в настоящей работе.

Данные о положении этой звезды на небе впервые были опубликованы Гевелием в его каталоге 1500 звезд, наблюдаемых без помощи зрительной трубы, в середине XVII в. В качестве двойной ее впервые отмечает Фламстид под номером 61 созвездия Лебеда в каталоге 3000 звезд, изданном в 1725г.

Относительная орбита определялась различными авторами как в XIX в., так и по более современным данным (см., например, [1,2]).

Как известно, предположение о наличии спутника у звезды 61 Лебеда было высказано Вильзингом еще в 1893г. [3], который обнаружил периодические колебания в расстояниях между звездами пары. Несмотря на то, что эти результаты впоследствии были объяснены инструментальными погрешностями, работа Вильзинга возбудила новый интерес к 61 Лебеда. В дальнейшем на основе астрометрических наблюдений неоднократно делались попытки обнаружить влияние третьего тела путем исследования отклонений от орбитального движения пары или от прямолинейного движения каждой компоненты на фоне опорных звезд. В некоторых случаях наблюдательные данные позволяли достаточно уверенно выделить периодическую составляющую, а также построить модель орбиты возможного спутника и оценить его массу [1,4].

В Пулкове эта звезда наблюдается на нормальном астрографе с 1895г., а в 1958г. были также начаты планомерные наблюдения этой звезды на 26-дюймовом рефракторе в рамках пулковской программы исследований звезд с невидимыми спутниками.

Согласно работе Дейча и Орловой [5], основанной на многолетних наблюдениях на двух пулковских астрографах и наблюдениях в обсерваториях МакКормик и Спрул, в орбитальном движении этой звезды имеются периодические отклонения, которые можно было интерпретировать как возмущения от двух невидимых спутников с периодами обращения 6 и 12 лет. При этом наиболее уверенный период 6 лет дал возможность построить модель орбиты фотоцентра, описываемой под влиянием этого гипотетического спутника: $T=1957.0$, $e=0.2$, $a=0''.006$, $i=\pm 34^\circ$, $\Omega=108^\circ$, $\omega=301^\circ$. Нижний предел массы предполагаемого спутника составил $0.004 M_\odot$.

Однако известно, что спекл-интерферометрические исследования не подтвердили существование спутников вблизи главной и вторичной компонент 61 Лебеда [6]. Правда, в [6] речь идет о спутниках звездной природы с блеском, отличающимся от блеска видимых компонент не более чем на 2^m , и отстоящих от них не менее чем на $0''.038$. Астрометрические наблюдения в Морской обсерватории США также не обнаружили периодических колебаний, превышающих уровень

шума, во взаимных расстояниях между компонентами 61 Лебеда [7]. Марси и Чен [8] пришли к выводу, что история эволюции звезды и малая скорость вращения каждого из ее компонент вокруг своей оси не допускают образования спутников.

В то же время теоретические небесно-механические расчеты (см., например, [9]), показывают, что планетные орбиты в двойных системах могут быть квазистабильными, т.е., менять в некоторых пределах свои параметры: эксцентриситет, величину полуосей и т.д. Это обстоятельство может затруднить обнаружение планет в таких системах. Если предположить, что невидимый спутник в системе 61 Лебеда находится на квазистационарной орбите, этим, возможно, можно объяснить изменяющуюся амплитуду колебаний в движении видимых компонент и сложности с определением их периода, полученную по нашим данным (см. ниже).

Исследование лучевой скорости компоненты А, опубликованное в статье [10], не показало ее изменения на величину более чем 50 м/с, что свидетельствует об отсутствии около главной компоненты спутников с величиной $M \sin i$ в несколько масс Юпитера. Однако в работах [10,11] имеется доказательство циклической хромосферной активности обеих компонент 61 Лебеда с периодами около 7 лет.

При наблюдениях системы 61 Лебеда на космическом телескопе им. Хаббла спутники, в том числе планетоподобные, не были обнаружены [12]. Правда, эти наблюдения продолжались в течение сравнительно короткого периода (около полутора лет).

В связи с тем, что наш ряд наблюдений является достаточно протяженным и однородным, основной задачей настоящей работы являлось динамическое исследование движения 61 Лебеда, определение параметров относительной орбиты и оценка масс составляющих. Теоретические расчеты и практика наблюдений на 26-дюймовом рефракторе показали, что за достаточно продолжительный интервал наблюдений у близких звезд типа 61 Лебеда возможно выявить колебания в движении, вызываемые притяжением спутника с массой более $0.01 M_{\odot}$ и с периодами обращения от 3 до 20 лет. Поэтому дополнительной нашей задачей была также проверка гипотезы о наличии спутника с параметрами, соответствующими возможностям и точности наших наблюдений.

3. Наблюдения и измерения. 61 Лебеда фотографически наблюдается на 26-дюймовом рефракторе Пулковской обсерватории (диаметр объектива 65 см, фокусное расстояние 10.412 м, масштаб в фокальной плоскости 19.807"/мм) с 1958г. по настоящее время. Каждый год в течение наблюдательного сезона, длящегося для этой звезды с августа

по ноябрь, получается около 10 фотопластинок, содержащих в среднем около 20 экспозиций исследуемой пары на фоне окружающих звезд.

С 1976г. для контроля каждую ночь сразу после 61 Лебеда наблюдается заведомо далекая визуально-двойная звезда ADS 14710 ($\alpha_{2000} = 21^{\text{h}}10^{\text{m}}.5$; $\delta_{2000} = 22^{\circ}27'$; $\mu_{\alpha} = 0^{\circ}.0017$; $\mu_{\delta} = 0^{\circ}.013$; $\pi_{\text{pr}} = 0^{\circ}.002$; $\rho_{2000} = 18^{\text{m}}.1$; $\theta_{2000} = 119^{\circ}$; $6^{\text{m}}.9$, $7^{\text{m}}.7$; A1V, A0), наблюдения которой также были нами обработаны [13]. Дополнительно также был обработан ряд наблюдений двойной звезды - ADS 7251 ($\alpha_{2000} = 9^{\text{h}}14^{\text{m}}.4$; $\delta_{2000} = +52^{\circ}41'$; $\mu_{\alpha} = -0^{\circ}.1714$; $\mu_{\delta} = -0^{\circ}.615$; $\pi_{\text{pr}} = 0^{\circ}.166$; $\rho_{2000} = 17^{\text{m}}.3$; $\theta_{2000} = 82^{\circ}$; $7^{\text{m}}.8$, $7^{\text{m}}.9$; K2, K2), имеющий с 61 Лебеда почти общий интервал наблюдений (наблюдается с 1962г.). Обнаружение одинаковых периодов в движении компонент этих трех двойных звезд явилось бы свидетельством их общего инструментального или астроклиматического происхождения, что заставило бы исключить гипотезу о наличии спутника у 61 Лебеда.

В конце 90-х годов XX в. фотопластины этих рядов были измерены на автоматическом измерительном комплексе "Фантазия" в Пулковской обсерватории [13]. Средняя ошибка измерения одной экспозиции составила $0^{\circ}.028$. Ошибки одного среднегодового положения составили $0^{\circ}.007$, $0^{\circ}.008$ и $0^{\circ}.004$ для 61 Лебеда, ADS 14710 и ADS 7251, соответственно. Обработка измерений фотопластинок для получения расстояния ρ и позиционного угла θ проводилась по стандартной методике, описанной, например, в [14].

Полученные в результате обработки ряды относительных положений компонент были использованы для построения орбиты двойной звезды и выявления возможных периодических отклонений от орбитального движения. Относительные расстояния ρ и позиционные углы θ 61 Лебеда, полученные по наблюдениям в Пулкове в 1958-1997гг., предварительные значения отношения масс компонент А и В и соответствующая методика опубликованы в наших работах [13,15].

4. Относительная орбита и сумма масс компонент 61 Лебеда.

Относительная орбита (движение компоненты В относительно А) была определена методом параметров видимого движения (ПВД), разработанным в Пулковской обсерватории (см. [16,17]). Этот метод позволяет построить орбиту по короткой дуге наблюдений с привлечением одной удаленной по времени точки и одного измерения разности лучевых скоростей вблизи середины наблюдаемой дуги.

Исходными данными для 61 Лебеда явились пять параметров видимого движения, определяемых из имеющейся у нас дуги орбиты на средний момент наблюдений ($t_0 = 1978.3$). К ним относятся: расстояние между компонентами ρ , позиционный угол θ , относительное движение

μ , его направление ψ и радиус кривизны дуги ρ_c . Из этих величин из наблюдений наименее надежно определяется радиус кривизны ρ_c .

Дополнительными необходимыми параметрами для определения орбиты являются тригонометрический параллакс π_{tr} , относительная лучевая скорость ΔV_r (разность лучевых скоростей компонент) и сумма масс компонент M_{A+B} . Из них наиболее надежным является параллакс этой пары, определенный по наблюдениям HIPPARCOS. Для определения относительной лучевой скорости были использованы ее определения за последние десятилетия. В работе [18] приведены результаты некоторых таких определений для нескольких широких двойных звезд, включая 61 Лебеда, а также результаты, полученные самими авторами указанной статьи в середине 80-х годов XX в. на 6-м телескопе БТА. Помимо определения лучевых скоростей звезд по стандартной методике (*), ими был применен специальный метод для более точного непосредственного измерения разности лучевых скоростей компонент (**). В табл.1 приведена сводка значений из указанной статьи, дополненная результатом из работы [10].

Таблица 1

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЛУЧЕВОЙ СКОРОСТИ 61 ЛЕБЕДЯ

Годы измерений	V_{ra} (км/с)	V_{rb} (км/с)	ΔV_r (км/с)	Авторы
1982	-66.08	-65.01	1.07	Киселев и др., 1987
1983-1985	-64.96 ± 0.05	-63.88 ± 0.04	1.08 ± 0.06	Марси, Бениц, 1989
1982-1987	-65.14	-64.07	1.07 ± 0.12 (*) 1.10 ± 0.08 (**)	Романенко, Ченцов, 1994
1986.5			1.169 ± 0.118	Кэмпбелл и др., 1988
1989-1992	-66.06 ± 0.12	-64.58 ± 0.17	1.48 ± 0.21	Токовинин, 1994

Массы компонент можно предварительно оценить по их спектральным классам (см., например, справочник [19]): первичная А – K5V-0.7 M_{\odot} , вторичная В – K7V-0.6 M_{\odot} . Таким образом, сумма масс компонент оценивается как $M_{A+B} = 1.3 M_{\odot}$.

Использование наблюдения, удаленного по времени от дуги наших наблюдений, позволяет сделать выбор между двумя равноценными орбитами, выводимыми методом ПВД из имеющейся орбитальной дуги и отличающимися геометрическими элементами (но тождественными с динамической точки зрения). Если же имеется множество таких удаленных по времени наблюдений, то, несмотря на их неоднородность и, возможно, меньшую точность, из сравнения с ними полученной орбиты можно

точнее оценить правильность выбранных значений входных параметров. Варьируя эти параметры, можно добиться наилучшего соответствия построенной орбиты всем известным наблюдениям.

Таким образом, нами были приняты следующие начальные значения параметров: $\rho_c = 20''.5$, $\Delta V_r = 1.1$ км/с, $M_{A+B} = 1.3 M_\odot$. Эти параметры варьировались вокруг указанных начальных значений, а построенные орбиты сравнивались со всей совокупностью позиционных наблюдений 61 Лебеда, выполненных в мире и собранных на сайте каталога WDS Вашингтонской Морской обсерватории США (<http://ad.usno.navy.mil/ad/wds/wds.html>). Эти данные были очищены от слишком далеко "вылетающих" точек, а в значения позиционного угла были введены поправки за собственное движение и прецессию для приведения их к эпохе и равноденствию 2000.0. При этом для каждого момента

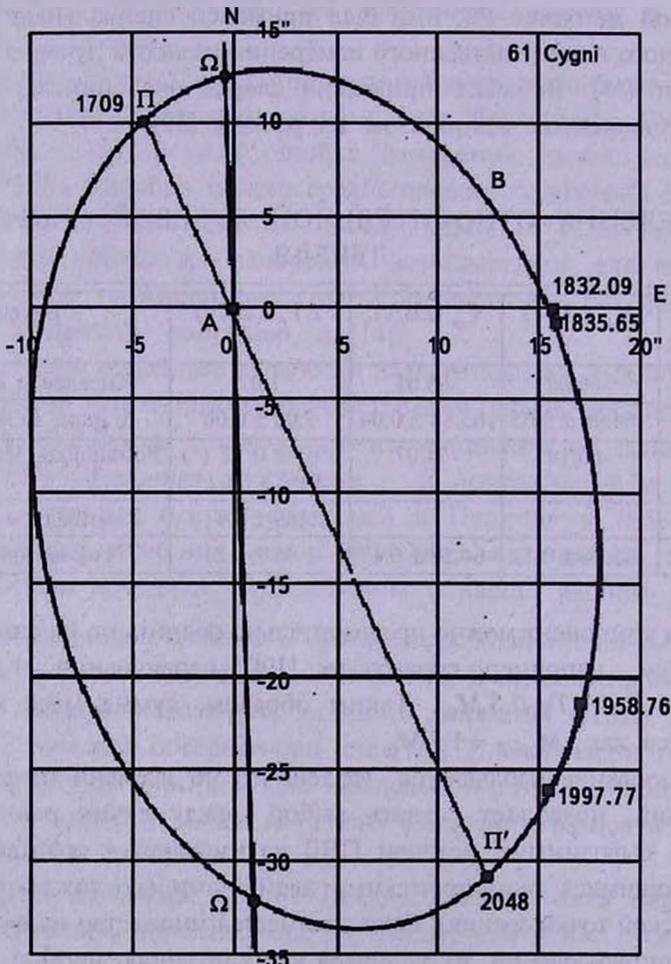


Рис.1. Видимая относительная орбита 61 Лебеда, построенная методом ПВД по наблюдениям на 26-дюймовом рефракторе Пулковской обсерватории.

времени из общего списка наблюдений по полученной орбите вычислялись эфемеридные значения расстояний и позиционных углов, из сравнения которых с наблюдаемыми значениями определялись разности О-С. Три упомянутые параметра метода ПВД при вычислении орбитальных элементов подбирались так, чтобы минимизировать среднее значение О-С всех имеющихся наблюдений.

В результате, минимум среднего О-С был найден при следующих значениях этих параметров (на момент $t_0 = 1978.3$): $\rho_c = 24''.5$, $M_{A+B} = 1.2 M_\odot$, $\Delta V_r = 0.9$ км/с (линейная экстраполяция значений ΔV_r из табл.1 дает близкое значение $\Delta V_r = 0.8$ км/с). Этим значениям соответствуют следующие орбитальные элементы: $a = 82 \pm 2$ а.е.; эксцентриситет $e = 0.49 \pm 0.03$; наклонение $i = 129^\circ \pm 2^\circ$; долгота периастра $\omega = 149^\circ \pm 6^\circ$; долгота восходящего узла $\Omega = 178^\circ \pm 2^\circ$; период $P = 678 \pm 34$ г.; момент прохождения периастра $T_0 = 1709 \pm 16$ г. На рис.1 изображена найденная орбита, соответствующая указанным элементам, отмечена дуга, соответствующая пулковским наблюдениям, и для примера приведены две точки из списка наблюдений 61 Лебеда, выполненных ранее (из каталога WDS), которые послужили контролем для нашей орбиты.

Таким образом, описанная методика позволила построить новый вариант относительной орбиты компонент 61 Лебеда и оценить сумму их масс. Ошибка суммы масс составила $\pm 0.15 M_\odot$. Полученное значение суммы масс не превышает оценки, сделанной на основе спектральных классов компонент, что свидетельствует об отсутствии скрытой массы порядка 0.1 и более массы Солнца.

5. Исследование уклонений от орбитального движения. После определения параметров орбиты были вычислены эфемериды положений на каждый момент наблюдений и затем получены разности О-С в смысле "наблюдения минус эфемерида". Эти разности были проанализированы и исследованы, в частности, с помощью метода периодограммы Скаргла (см. [20]) и метода CLEAN [21].

Наряду с 61 Лебеда, были исследованы и О-С контрольных звезд ADS 14710 и ADS 7251. Значимые пики на периодограммах выявились только у двойной звезды 61 Лебеда по координате X (в проекции на прямое восхождение: $X = \rho \sin \theta$). Это два пика, соответствующие периодам 6.5 и 11.2 года (см. рис.2). Пунктирная линия соответствует уровню значимости периодов. При исследовании первой и второй половин нашего ряда по отдельности выявленные пики сохраняются. Полученные периоды близки к результатам Дейча и Орловой [5]. Однако, возможно, что меньший пик (около 12 лет) может быть объяснен инструментальными или астроклиматическими причинами,

которые, как указано в работе [22], вызывают незначительные периодические колебания масштаба инструмента.

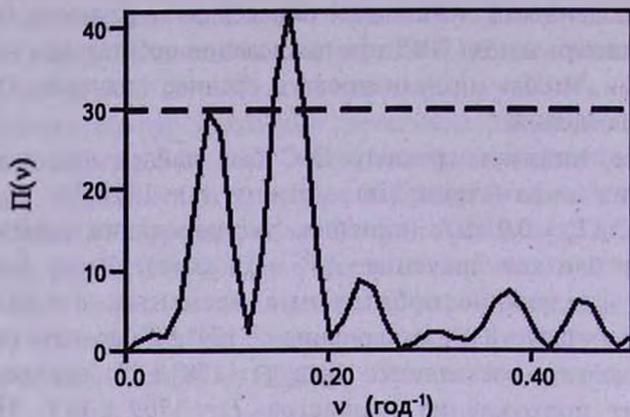


Рис.2. Периодограмма, построенная по (O-C)_x - отклонениям от относительного движения 61 Лебеда.

Объяснением главного периода в 6.5 лет может быть наличие невидимого маломассивного спутника, обращающегося, возможно, по квазистационарной орбите около одной из компонент. Если принять это предположение, то можно усреднить наши невязки с этим периодом и попытаться построить эллипс, описываемый фотоцентром. На рис.3 приведены результаты такого усреднения. Так как волна с периодом 6.5 лет выявляется только по координате X, эллипс движения фотоцентра строится неуверенно. На рис.4 дан один из вариантов сглаженной кривой, полученной по наблюдениям. Обозначенные на ней точки соответствуют наблюдениям, однако, определяются с большими ошибками. Все же мы попытались построить модель и вычислить параметры орбиты фотоцентра (см. [23]), большая полуось

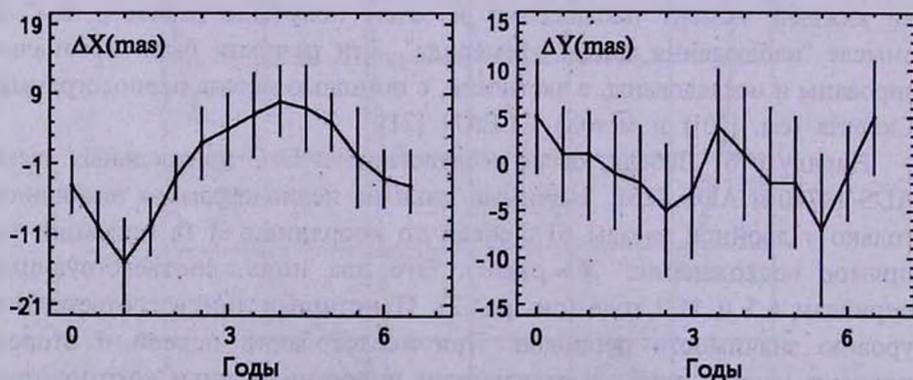


Рис.3. Уклонения (O-C) в относительном движении компонент 61 Лебеда по координатам X и Y, усредненные по фазам периода 6.5 года. Вертикальными отрезками обозначены среднеквадратичные ошибки одной точки.

которой оказалась равной $0''.018$ и, следовательно, нижний предел массы предполагаемого спутника составил $0.014 M_{\odot}$.

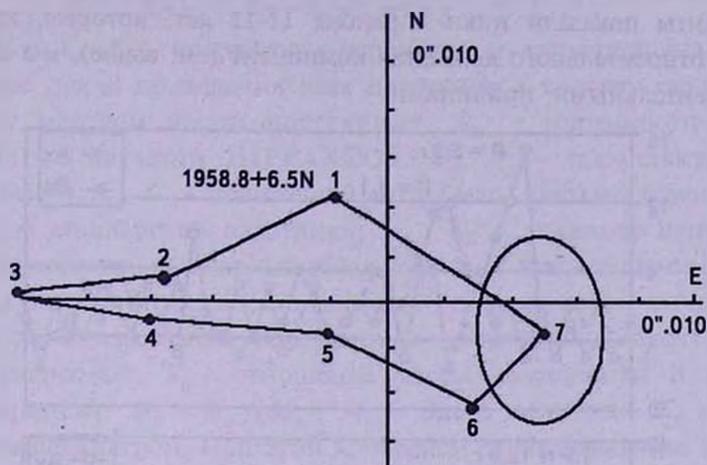


Рис.4. Сглаженная кривая, отражающая возможное движение фотоцентра системы "61 Суг А + спутник" с периодом 6.5 года. Около точки 7 приведен эллипс ошибок.

6. *Исследование движения компонент 61 Лебеда относительно звезд фона, определение отношения масс.* На фотопластинках с изображениями двойной звезды 61 Лебеда были получены также изображения окружающих звезд. Используя их, можно изучать движение каждой компоненты в отдельности, что может позволить нам определить, какая именно компонента совершает периодические движения. Следует отметить, что здесь на точность такого исследования, помимо измерений компонент двойной звезды, будут влиять ошибки измерений и собственные движения опорных звезд.

Были выбраны пластинки, на которых имелись шесть звезд фона, близкие по спектральному классу к исследуемому объекту и имеющие небольшие собственные движения. По ним, методом шести постоянных, координаты компонент пары на всех пластинках были приведены к системе координат одной из пластинок, выбранной в середине ряда. Были получены X_{Ai} , Y_{Ai} и X_{Bi} , Y_{Bi} - относительные координаты каждой компоненты по отношению к нуль-пункту стандартной пластинки для момента времени t_i ; $i = 1, 2, \dots, N$. Эти координаты содержат собственное движение μ_X , μ_Y , параллактическое смещение $\pi_{tr} P_X$, $\pi_{tr} P_Y$, квадратичный член Q , а также член, зависящий от отношения масс. Величина Q представляет собой перспективное ускорение, которое можно вычислить по формуле $Q = -1''.024 \cdot 10^{-6} \mu_{\alpha} \pi_{tr} V_r$. После исключения указанных величин остаточные разности были исследованы методом Скаргла для выявления возможных периодов. На рис.5 приведены периодограммы для рядов координат X и Y обеих компонент. Небольшой

пик, соответствующий периоду 6.2 года, выявился на периодограмме координаты X главной компоненты пары. По координате Y обе компоненты показали пики в районе 11-12 лет, которые, как и при анализе относительного движения компонент (см. выше), мы объяснили инструментальными причинами.

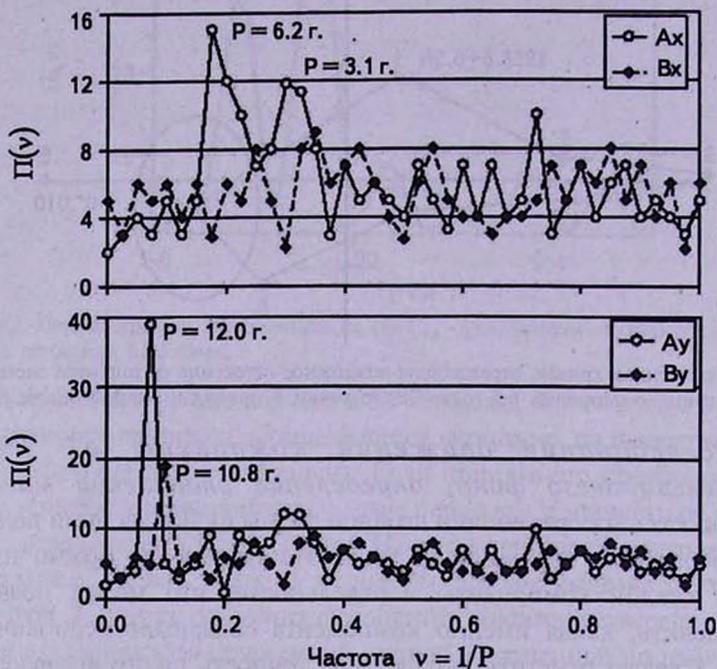


Рис.5. Периодограммы для рядов остаточных разностей в движении главной (А) и вторичной (В) компонент 61 Лебеда по координатам X и Y .

Изучение движения каждой компоненты двойной звезды (на фоне опорных звезд) может дать возможность определения отношения масс компонент из сопоставления кривизны их траекторий на небесной сфере. Наши наблюдения охватывают сравнительно небольшую часть орбиты 61 Лебеда, имеющую очень малую кривизну, поэтому непосредственное сравнение кривизны траектории каждой компоненты в нашем случае неприменимо.

В настоящей работе отношение масс было определено методом, реализующим предположение, что центр масс двойной звезды движется в пространстве равномерно и прямолинейно, т.е. его движение в картинной плоскости (после учета перспективного ускорения) будет происходить по прямой с постоянной угловой скоростью. В этом методе решаются избыточные системы, составленные из уравнений вида (1), относительно S , μ и Q :

$$\begin{aligned} X_A(1 - K_B) + X_B K_B - \pi_{\alpha} P_X &= C_X + \mu_X t + Q_X t^2, \\ Y_A(1 - K_B) + Y_B K_B - \pi_{\delta} P_Y &= C_Y + \mu_Y t + Q_Y t^2, \end{aligned} \quad (1)$$

где X_A, Y_A и X_B, Y_B - координаты первичной и вторичной компонент, полученные после приведения всех пластинок в систему стандартной пластинки методом шести постоянных; π_{α} - тригонометрический параллакс из каталога HIPPARCOS, P_X, P_Y - параллактические коэффициенты, C_X, C_Y - положение центра масс системы относительно нуля-пункта стандартной пластинки; μ_X, μ_Y - движение центра масс системы относительно опорных звезд, Q_X, Q_Y - вековое перспективное ускорение звезды относительно системы опорных звезд, вычисляемое по формуле с известным собственным движением, параллаксом и лучевой скоростью; K_B - отношение массы компоненты В к сумме масс компонент: $K_B = M_B / (M_A + M_B)$. Здесь величина K_B является свободным параметром. При этом критерием ее оптимального значения является минимум ошибки единицы веса σ_0 при решении уравнений (1). В табл.2 приведены полученные результаты.

Таблица 2

ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС И ОТНОШЕНИЕ МАСС В СИСТЕМЕ 61 ЛЕБЕДЯ

	X	Y
ζ	$6''.2107 \pm 0''.0073$	$-9''.1541 \pm 0''.0077$
μ	$+4''.1113 \pm 0''.0005$	$+3''.2268 \pm 0''.0006$
Q	$0''.00007 \pm 0''.00005$	$0''.00012 \pm 0''.00005$
K_B	0.38 ± 0.04	0.38 ± 0.05
σ_0	$0''.0829$	$0''.0869$

Здесь все уравнения для координаты X были решены указанным способом, и приведенная величина σ_0 соответствует ее минимальному значению. Однако оказалось, что в нашем случае перспективное ускорение в проекции на координату Y коррелирует с орбитальным движением, и неизвестные K_B и Q_Y плохо разделяются. Поэтому при решении уравнений (1) по Y мы использовали фиксированное значение K_B , полученное по X и равное 0.38. Исключив K_B из левой части уравнений, мы определили остальные величины, которые приведены в последнем столбце табл.2.

Ошибку отношения масс мы оценили в нашей работе [15] путем прямого вычисления K_B из систем уравнений, подобных (1). Ошибки остальных неизвестных вычислены согласно решению по способу наименьших квадратов.

Сопоставление полученных суммы масс ($M_{A+B} = 1.20 \pm 0.15 M_{\odot}$) и отношения масс ($K_B = 0.38 \pm 0.04$) компонент 61 Лебеда позволяет определить массу каждой компоненты: $M_A = 0.74 \pm 0.13 M_{\odot}$, $M_B = 0.46 \pm 0.07 M_{\odot}$.

7. *Выводы.* 1. По новым наблюдательным данным получены относительная орбита и динамические и кинематические параметры двойной звезды 61 Лебеда, а также положение и движение ее центра масс.

2. Получены также сумма и отношение масс компонент А и В, при этом масса вторичной компоненты оказалась несколько меньше ее оценки, сделанной по спектральному классу.

3. При оценке масс и исследовании отклонений от орбитального движения не обнаружено влияние невидимого спутника с массой более чем $0.015 M_{\odot}$ в доступном для нас диапазоне периодов (от 3 до 20 лет). По всему ряду выявлена волна с периодом 6.5 лет, но с амплитудой не более $0''.015$ на интервале наблюдений 1958-1976гг. и с понижением амплитуды до $0''.010$ на интервале 1977-1997гг.

Главная астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург,
Россия, e-mail: dengorsh@mail.ru shakht@gao.spb.ru

INVESTIGATION OF DOUBLE STAR 61 CYGNI BY MEANS OF 26-INCH REFRACTOR OF PULKOVO OBSERVATORY

D.L.GORSHANOV, N.A.SHAKHT, A.A.KISSELEV

The results of forty-years-long series of photographic observations of double star 61 Cygni by 26" refractor of Pulkovo Observatory are represented. The relative orbit is constructed and total mass is calculated by the relative positions of the components. Mass ratio of secondary and main components is calculated by means of investigation of individual motion of the components. Masses of components are 0.74 and 0.46 of solar mass for main and secondary component respectively. The periodicity of 6.5 year was discovered in relative motion of the components. It may be interpreted as influence of invisible low-mass satellite.

Key words: *stars: double: masses - individual: 61 Cygni*

ЛИТЕРАТУРА

1. *K.A.Strand*, Publ. Astron. Soc. Pacif., 55, 322, 1943.
2. *А.А.Киселев, Л.Г.Романенко*, Известия ГАО, №213, 155, 1998.
3. *J.Wilsing*, Sitzungber. Academ. zu Berlin, 2, 879, 1893.
4. *А.Н.Дейч*, Известия ГАО, №166, 138, 1960.
5. *А.Н.Дейч, О.Н.Орлова*, Астрон. ж., 54, 327, 1977.
6. *Н.А.McAlister, W.I.Hartkopf, D.J.Hutter, M.M.Shara, O.G.Franz*, Astron. J., 93, 183, 1987.
7. *P.J.Jostis*, Low. Observ. Bull., №167, 16, 1983.
8. *G.W.Marcy, G.H.Chen*, Astrophys. J., 390, 550, 1992.
9. *N.P.Pitjev, L.L.Sokolov*, In Proc. Of Meeting "Order and Chaos in Stellar and Planetary Systems" (Saint Petersburg, Russia, 17-24 August 2003), 76, 2003.
10. *B.Campbell, G.A.H.Walker, Yang S.*, Astrophys. J., 331, 902, 1988.
11. *O.C.Wilson*, Astrophys. J., 226, 379, 1978.
12. *D.J.Schroeder, D.A.Golimowski, R.A.Bruckardt et al.*, Astron. J., 119, 906, 2000.
13. *Д.Л.Горшанов, Н.А.Шахт, Е.В.Поляков, А.А.Киселев, И.И.Канаев*, Известия ГАО, №216, 100, 2002.
14. *А.А.Киселев, О.А.Калиниченко, Г.А.Плюгин и др.*, "Каталог относительных положений и движений 200 визуально-двойных звезд по наблюдениям в Пулковке на 26" рефракторе в 1960-1986гг.", Наука, Л. с.1-39, 1988.
15. *Д.Л.Горшанов, Н.А.Шахт, А.А.Киселев, Е.В.Поляков*, Известия ГАО, №217, 182, 2004.
16. *А.А.Киселев, О.А.Кияева*, Астрон. ж., 57, 1227, 1980.
17. *А.А.Киселев*, "Теоретические основания фотографической астрометрии", Наука, М., с.260, 1989.
18. *Л.Г.Романенко, Е.Л.Ченцов*, Астрон. ж., 71, №2, 278, 1994.
19. *К.У.Аллен*, "Астрофизические величины" Мир, М., с.446, 1977.
20. *D.C.Black, J.D.Scargle*, Astrophys. J., 263, 854, 1982.
21. *В.В.Витязев*, Анализ неравномерных временных рядов. Изд-во С.-Петерб. ун-та. с.68, 2001.
22. *Д.Л.Горшанов*, Известия ГАО, №217, 485, 2004.
23. *D.L.Gorshanov, N.A.Shakht, A.A.Kisselev, E.V.Poliakow*, Proc. Coll. IAU, 197, 91, 2005.