

## ПРИЛОЖЕНИЕ

к статье "Орбиты визуально-двойных и кратных звезд, полученные методом параметров видимого движения в течение последних 40 лет". Комментарии и графики. II

Л.Г. Романенко<sup>1,\*</sup>, О.В. Кияева<sup>1</sup>, И.С. Измайлов<sup>1</sup>, Н.А. Шахт<sup>1</sup>, Д.Л. Горшанов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГАО РАН

\* *e-mail*: [lrom1962@list.ru](mailto:lrom1962@list.ru)

Февраль 2023

### Описание

В данном Приложении представлены комментарии и графики для каждой звезды. В комментариях кратко изложена история исследования системы и обоснование данного результата. Для всех графиков обозначения следующие: наблюдения из WDS (Mason et al., 2016) — зеленые кружки (в том числе, наблюдения В.Я. Струве — красные треугольники), пулковские фотографические наблюдения — (Kiselev et al., 2014; Izmailov et al., 2016) — красные крестики, пулковские ПЗС наблюдения — (Izmailov et al., 2010; Izmailov, Roshchina, 2016; Izmailov et al., 2020) — сиреневые звездочки, наблюдения Гиппаркос (Mason et al., 2016) и Gaia DR2 (Gaia Collaboration et al., 2018) — желтые ромбы, линиями обозначены эфемериды орбит в сравнении с наблюдениями, оранжевая прямая линия — направление движения по данным Gaia DR2 на момент 2015.5.

Для орбит из таблицы 3 приведены следующие зависимости:  $\rho(t)$ ,  $\theta(t)$  и  $y(x)$ . График в картинной плоскости  $y(x)$  иногда представлен в двух видах: фрагмент дуги, охваченной наблюдениями, и полная орбита за весь период. Тогда видно, насколько мала наблюденная дуга. Если известна относительная лучевая скорость, но при этом получаем 2 решения, то сплошная линия соответствует  $+\beta$ , штриховая —  $-\beta$ . Если модуль лучевой скорости подобран, то получаем 4 решения (2 пары орбит) и эфемериды каждой пары орбит совпадают.

Для всех семейств диапазон эфемерид удовлетворительных орбит в зависимости от  $\beta$ , представленный в таблице 4, ограничен красной и синей линией. Орбита, соответствующая минимальному периоду ( $\beta = 0^\circ$ ), обозначена сплошной черной линией, а орбиты, соответствующие экстремальным значениям эксцентриситета, обозначены сплошной ( $+\beta$ ) и штриховой ( $-\beta$ ) линиями.

Кроме того, графически представлена зависимость большой полуоси от эксцентриситета. Верхняя прямая линия ограничивает область, ниже которой влияние гравитационного поля Галактики несущественно. Для визуально-тройных звезд (ADS 48, ADS 7034 и ADS 10288) нижняя линия ограничивает область, выше которой тройная система устойчива (описание см. в статье Кияева, Романенко (2020)).

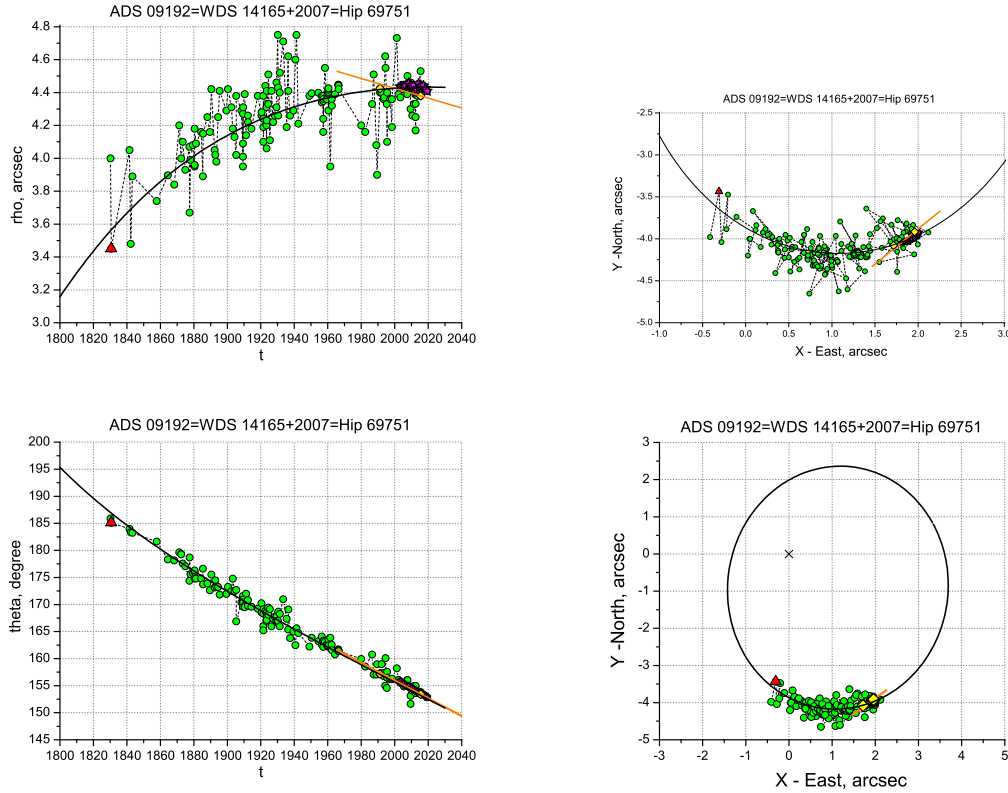


Рис. 1: ADS 09192

## 1 WDS 14165+2007=ADS 9192=Hip 69751

В работе (Кияева et al., 2017) нами была получена орбита с ПВД на среднюю эпоху 1927.0, вычисленными по всем наблюдениям 1830–2014гг. Получены все параметры, включая радиус кривизны. Использовался параллакс из каталога Hipparcos (van Leeuwen, 2007). Лучевые скорости в 2016г. наблюдались на телескопе РТТ-150 целенаправленно для получения ПВД-орбиты. Отмечена большая ошибка в наблюдениях лучевой скорости для компонента А (0.9 км/с). Поэтому относительная лучевая скорость, как и сумма масс компонентов, уточнялись по наилучшему согласию с ПЗС-наблюдениями. Независимо полученное значение суммы масс  $2.0M_{\odot}$  совпадает с оценкой  $2.08M_{\odot}$  из работы (Tokovinin, Kiyeva, 2016).

Орбита хорошо проходит через все наблюдения, и улучшение не требуется. Однако движение Gaia DR2 противоречит орбите. Это позволяет считать, что у компонента А есть спутник, и объясняет большую ошибку в наблюдениях лучевой скорости.

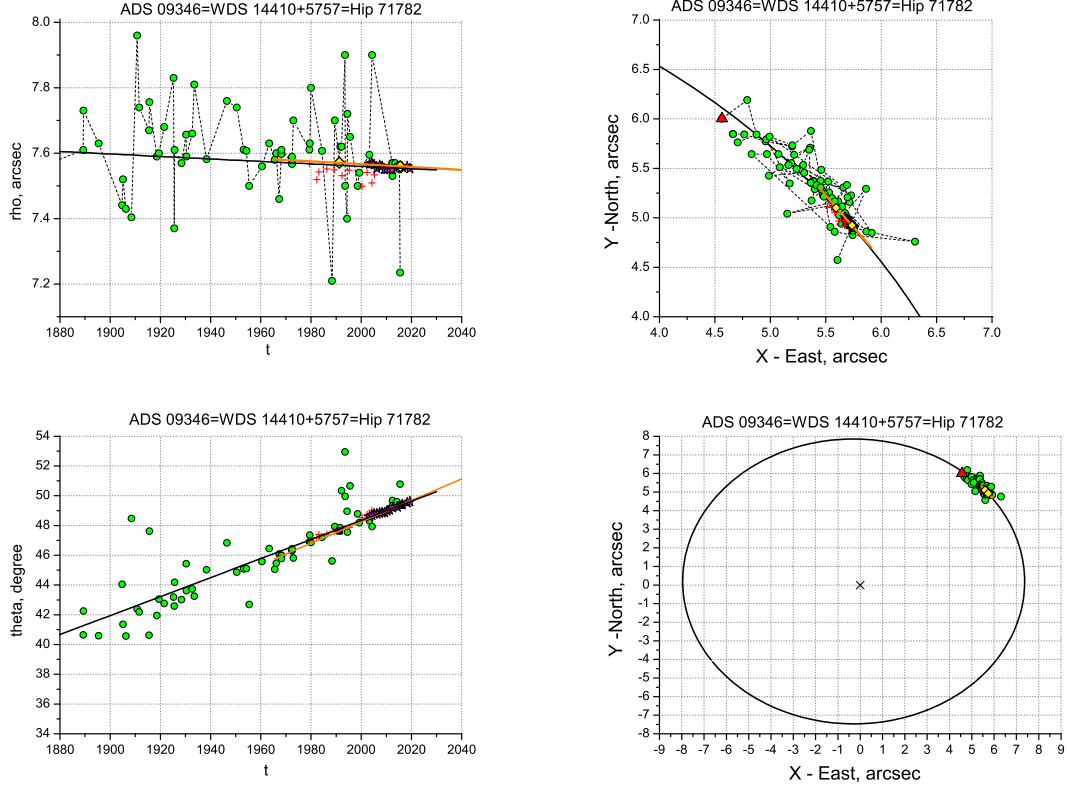


Рис. 2: ADS 09346

## 2 WDS 14410+5757=ADS 9346=Hip 71782

Первая ПВД-орбита (Кияева et al., 2010) была получена на основе пулковских фотографических наблюдений и специально выполненных наблюдений лучевой скорости с помощью ИЛС (Токовинин, 1987), установленного на 1-м телескопе Симеизской обсерватории НИИ КрАО. Было отмечено, что ориентация орбиты близка к картинной плоскости и имеется значительный избыток массы в системе.

Новая ПВД-орбита (Кияева et al., 2021), полученная на основе ПЗС-наблюдений 2003–2019 гг. и параллакса Gaia DR2, согласуется с предыдущим результатом. Подозрение о спутниках малой массы возникло из-за анализа многолетних позиционных, спектроскопических и фотометрических наблюдений. Движение Gaia DR2 не противоречит орбите и наблюдению Hipparcos.

Лучшее решение соответствует суммарной массе  $4M_{\odot}$ , но мы приводим орбиту с ожидаемой массой  $2.4M_{\odot}$  с учетом маломассивного спутника у компонента А, так как у компонента В спутник пока не подтвержден (подробности — в работе Кияева et al. (2021)). Так как  $\beta \approx 0^{\circ}$  и  $\Delta V_r \approx 0$  км/с, плоскость орбиты ориентирована вблизи картинной плоскости, и поэтому значения  $\Omega$  и  $\omega$  определяются формально с большими ошибками.

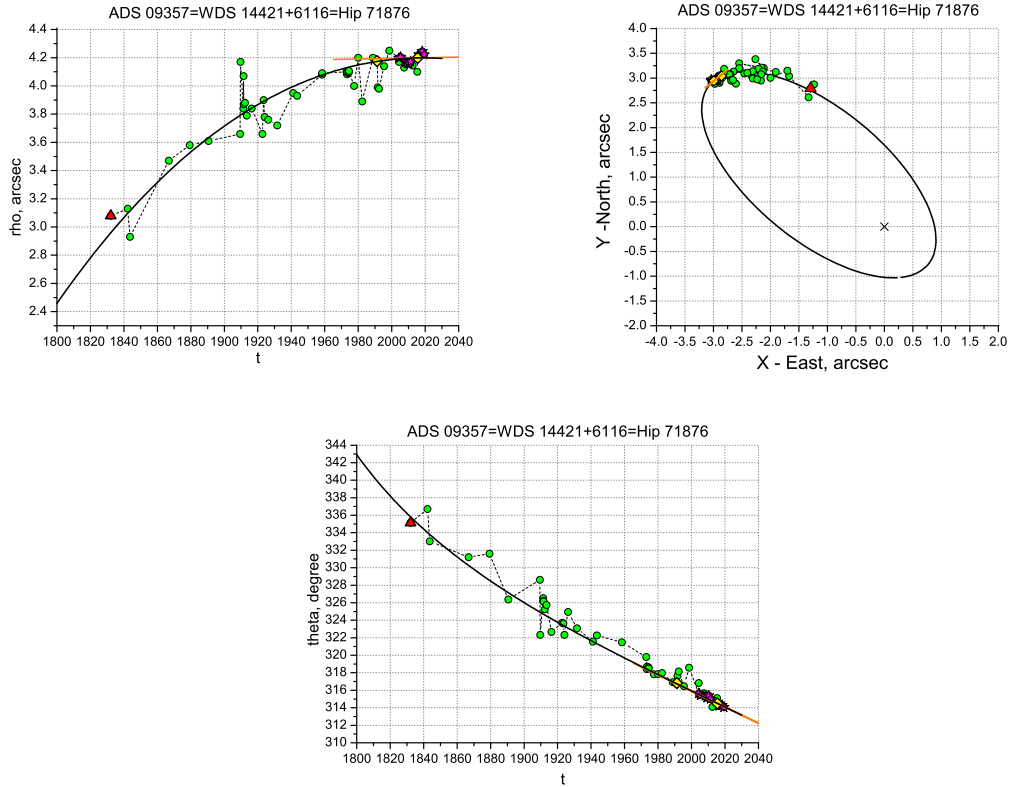


Рис. 3: ADS 09357

### 3 WDS 14421+6116=ADS 9357=Hip 71876

Компонент А — переменная типа  $\delta$  Щита, и согласно каталогу MSC (Tokovinin, 2018) возможно присутствие маломассивного спутника. Орбита впервые получена на основе данных Gaia DR2 (Кияева, Романенко, 2020) и хорошо согласуется со всем рядом. Найденная масса системы  $2.4M_{\odot}$  немного превышает ожидаемую  $2.2M_{\odot}$  согласно MSC. С учетом возможного спутника превышение незначительное.

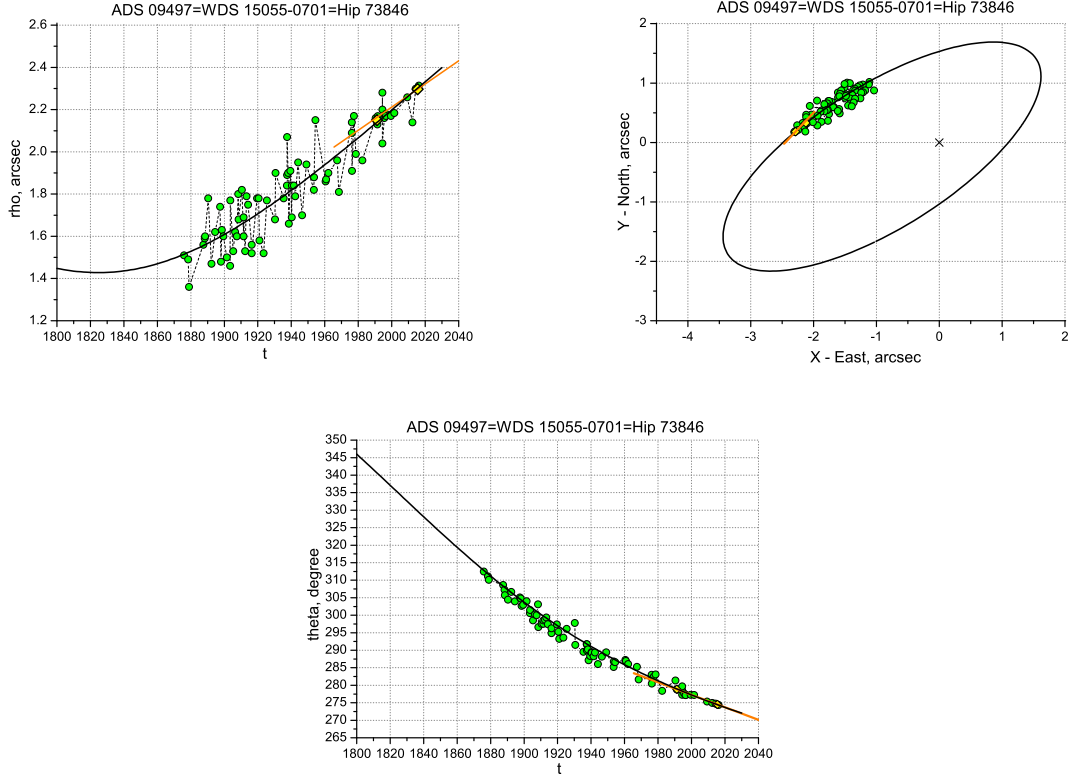


Рис. 4: ADS 09497

#### 4 WDS 15055-0701=ADS 9497=Hip 73846

В работе (Кияева et al., 2017) были получены 2 орбиты с двумя наборами ПВД: на момент 1950.0 (по всему ряду 1873–2014 гг.) и на момент 2005.5 (по 5 высокоточным наблюдениям из WDS — Hipparcos, SOAR, USNO (1999г)). Обе орбиты в пределах ошибок совпадают и хорошо согласуются со всеми наблюдениями. Мы использовали параллакс Hipparcos, сумму масс  $2.0M_{\odot}$  из статьи (Tokovinin, Кияева, 2016) и подобранную лучевую скорость. Сравнение эфемерид с наблюдениями в разные эпохи позволило однозначно определить отрицательный знак угла  $\beta$ . Движение Gaia DR2 немного расходится по  $\rho$ .

В Gaia DR2 есть все данные для обоих компонентов. Подобранная величина  $|\Delta V_r| = 0.8$  км/с на момент 2005.5 согласуется с наблюдаемой  $\Delta V_r = +0.4 \pm 0.4$  км/с. Параллаксы из космических наблюдений отличаются существенно:  $21.0 \pm 1.1$  мсд для Hipparcos (van Leeuwen, 2007) и  $18.9588 \pm 0.0827$  мсд для Gaia DR2. С параллаксом Hipparcos  $M_{A+B} = 2.0M_{\odot}$ , с параллаксом Gaia DR2  $M_{A+B} = 2.7M_{\odot}$ . Оценка суммарной массы по эффективной температуре Gaia DR2 —  $2.3M_{\odot}$ . Получить удовлетворительную орбиту на основе данных Gaia DR2 не удалось. Следовательно, можно сделать вывод, что расхождение в движении Gaia DR2 с остальным рядом не случайно, и в системе может быть спутник, который искажает ПВД на момент 2015.5.

В настоящую статью мы включаем орбиту с ПВД на момент 2005.5, с параллаксом и лучевой скоростью из Gaia DR2, и с ожидаемой массой  $2.3M_{\odot}$ . Орбита получена однозначно, так как известен знак угла  $\beta$  и лучевой скорости. В пределах ошибок ее элементы согласуются с предыдущими орбитами.

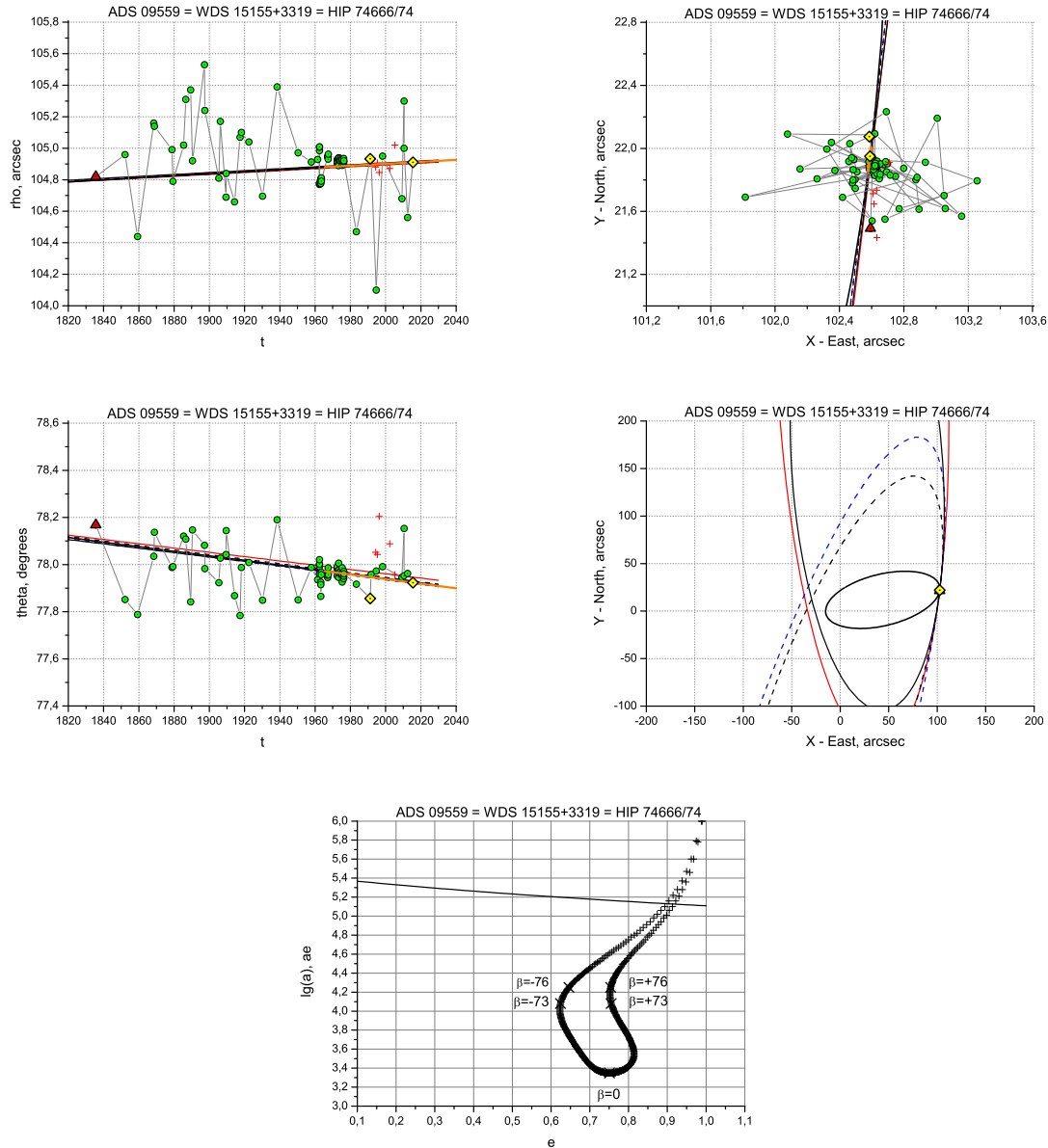


Рис. 5: ADS 09559

## 5 WDS 15155+3319 = ADS 9559 = Hip 74666/74 (delta Boo)

Яркий компонент этой широкой пары (с разделением  $\sim 105''$ ) — один из немногих гигантов в пулковской программе, спектральные классы пары G8III и G0V. В соответствии с зависимостью “масса–светимость” (см. Allen (1999)) мы оценили сумму масс компонентов, как  $3.7M_{\odot}$ . С этой оценкой методом ПВД было получено семейство орбит (Киселев et al., 2009a) с использованием лучевых скоростей из статьи (Tokovinin, Smekhov, 2002).

В настоящей работе мы взяли эти же лучевые скорости (они постоянны) и оценку, а также данные из Gaia DR2 (положения, собственные движения и параллаксы). И определили новое семейство ПВД-орбит, хорошо согласующихся с наблюдениями и совпадающих на участке (1835–2015 гг.). Минимальный период  $P_{min} \sim 55000$  лет.

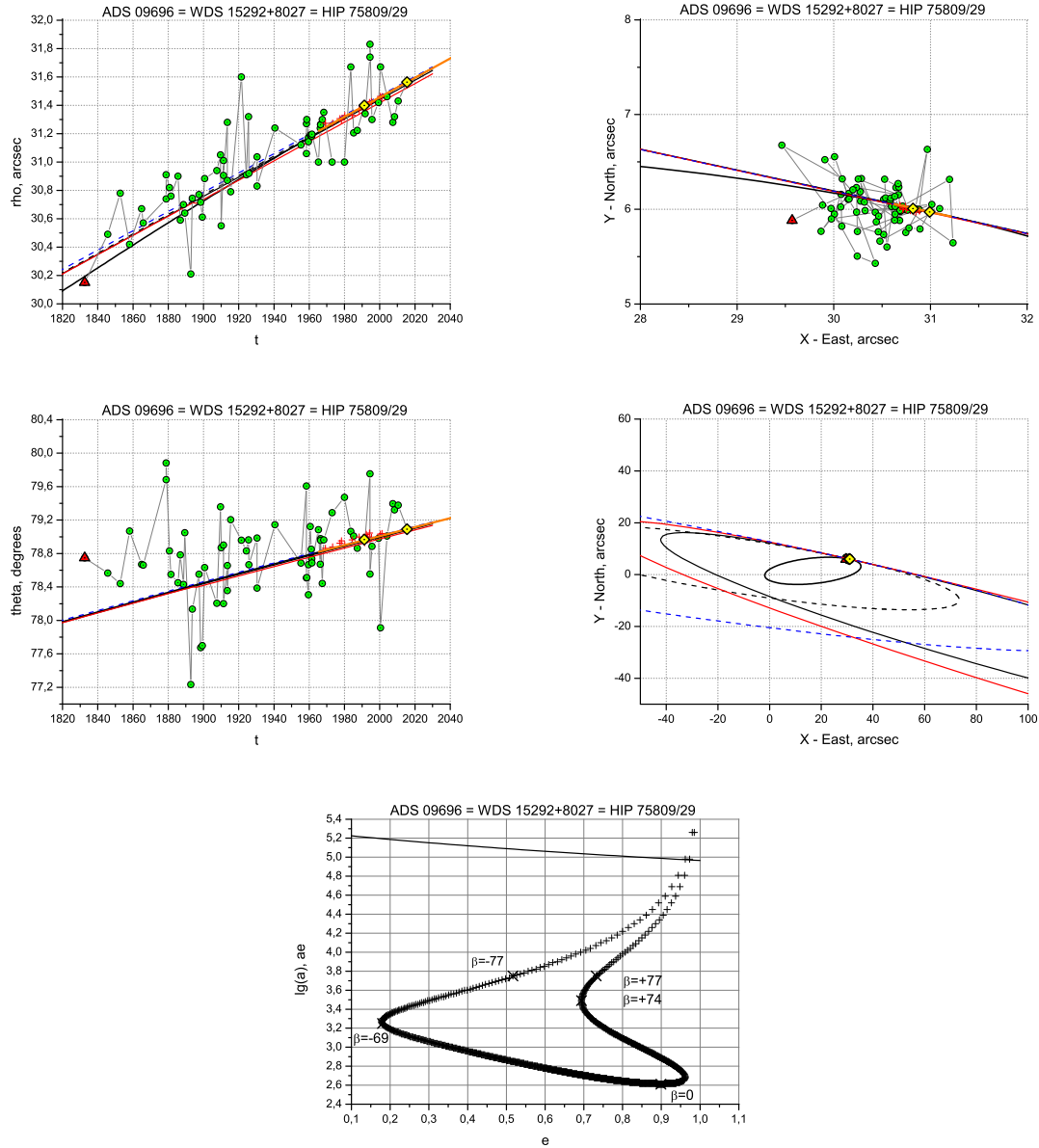
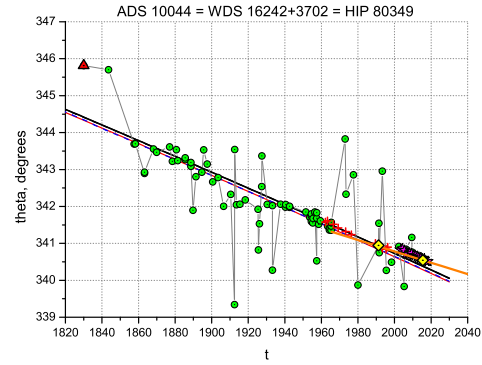
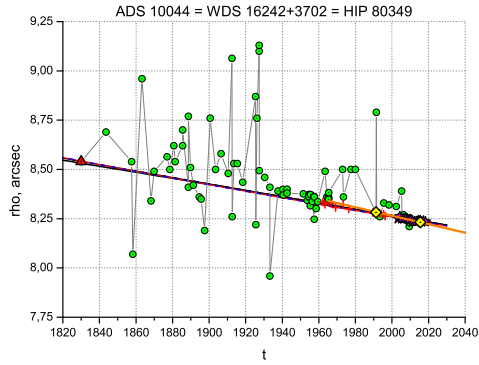


Рис. 6: ADS 09696

## 6 WDS 15292+8027 = ADS 9696 = Hip 75809/29

Ранее методом ПВД было получено два орбитальных решения (Грошева, 2006) с использованием лучевых скоростей из статьи Tokovinin, Smekhov (2002).

В соответствии с обновленной спектральной классификацией компонентов (не субгиганты, а карлики G1.5V и G9V) их сумма масс составляет не  $3.6M_{\odot}$ , а  $1.84M_{\odot}$ . Данных о спектральной двойственности нет. Поэтому в настоящей работе только по данным из Gaia DR2 (положения, собственные движения, параллаксы, эффективная температура и лучевые скорости компонентов) мы определили новое семейство ПВД-орбит. Орбиты хорошо согласуются с наблюдениями и совпадают на всем участке (1832–2015 гг.). Минимальный период  $P_{min} = 6153$  года.



## 7 WDS 16242+3702 = ADS 10044 = Hip 80349

Известно, что компонент А — спектроскопическая двойная с  $P_A \sim 21.6$  дня (Tokovinin, 1999). Ранее методом ПВД было определено семейство орбит по базису пулковских фотографических наблюдений (Киселев et al., 2000), лучевым скоростям и оценке масс из статьи Токовинина (1999). Пулковский плотный ряд ПЗС-наблюдений показывает возмущения по  $\rho$  с периодом порядка 8 лет, необходимо продолжение этого ряда. Направление движения по данным Gaia DR2 не согласуется с наблюдениями по  $\theta$ , что является отражением наличия спутника в этой системе. Лучевые скорости нужной точности в данных Gaia DR2 отсутствуют.

Здесь мы даем семейство ПВД-орбит с использованием параллакса Gaia DR2, тех же параметров видимого движения из статьи 2000 г., лучевых скоростей из (Tokovinin, 1999) и суммы масс компонентов согласно новой версии MSC (Tokovinin, 2018).  $P_{min} \sim 11000$  лет. Эфемериды всех орбит семейства практически совпадают между собой на всем участке, покрытом наблюдениями (1830–2018 гг.). Остальные графики см. на следующей странице.



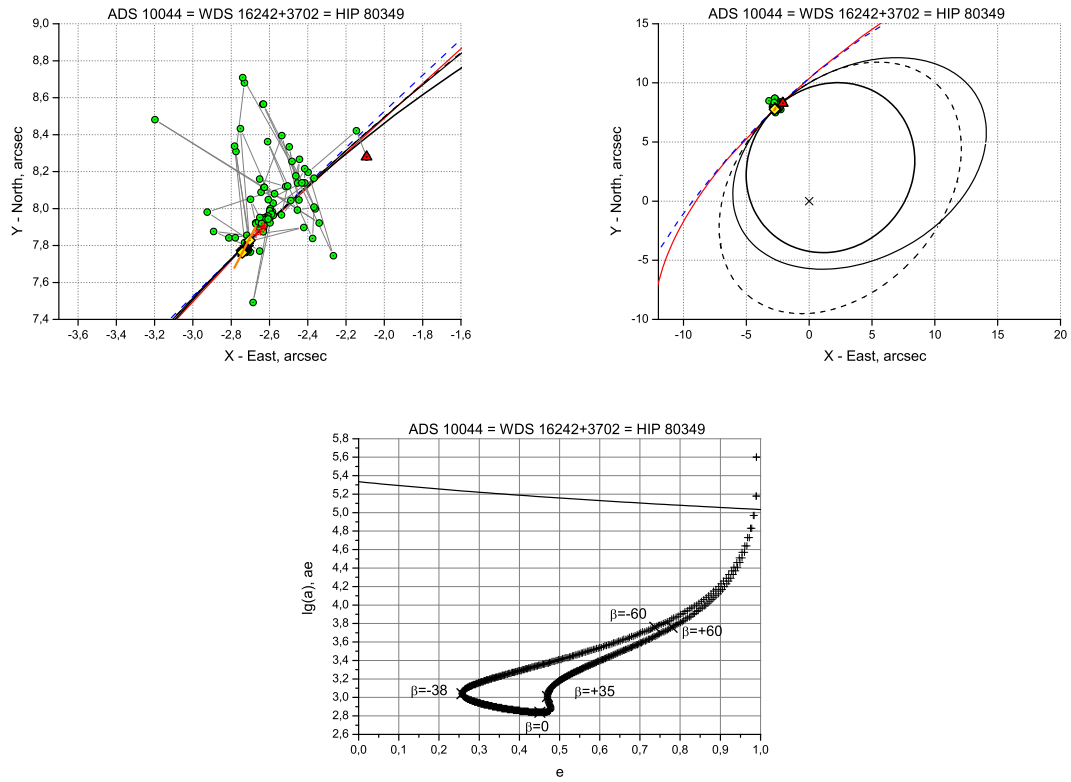


Рис. 7: ADS 10044

Пояснения см. на предыдущей странице.

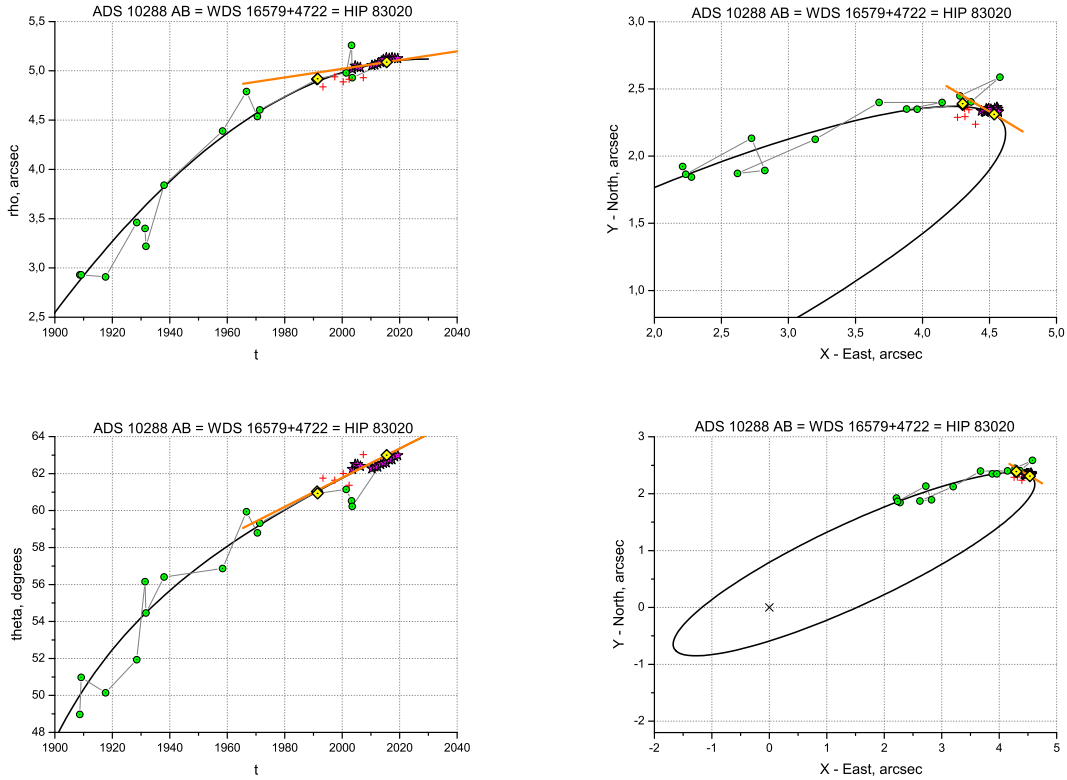


Рис. 8: ADS 10288 AB

## 8 WDS 16579+4722 = ADS 10288 AB = Hip 83020

Эта тройная система состоит из двух ярких и почти одинаковых компонентов А и С ( $m_V \sim 8^m$ ) с разделением  $\sim 110''$  и слабого компонента В ( $m_V \sim 11^m$ ) на удалении  $\sim 4''$  от компонента А. Такая конфигурация привела к тому, что слабый компонент долго не имел не только наблюдений лучевых скоростей, но и окончательной спектральной классификации.

Ранее нами были получены как лучевые скорости компонентов, так и ПВД-орбиты внутренней и внешней пар (Киселев et al., 2009b). В настоящее время мы переопределили эти орбиты по данным Gaia DR2 с использованием оценки масс компонентов согласно новой версии MSC (Tokovinin, 2018). Направление движения во внутренней паре АВ по данным Gaia DR2 идет по касательной к наблюдениям и эфемерида хорошо согласуется с ними. Получено 2 решения, но после их учета для определения орбиты внешней пары АВ-С (см. следующую страницу), стало ясно, что лучшее согласие соответствует единственной внутренней орбите, соответствующей  $\beta = +10^\circ$ .

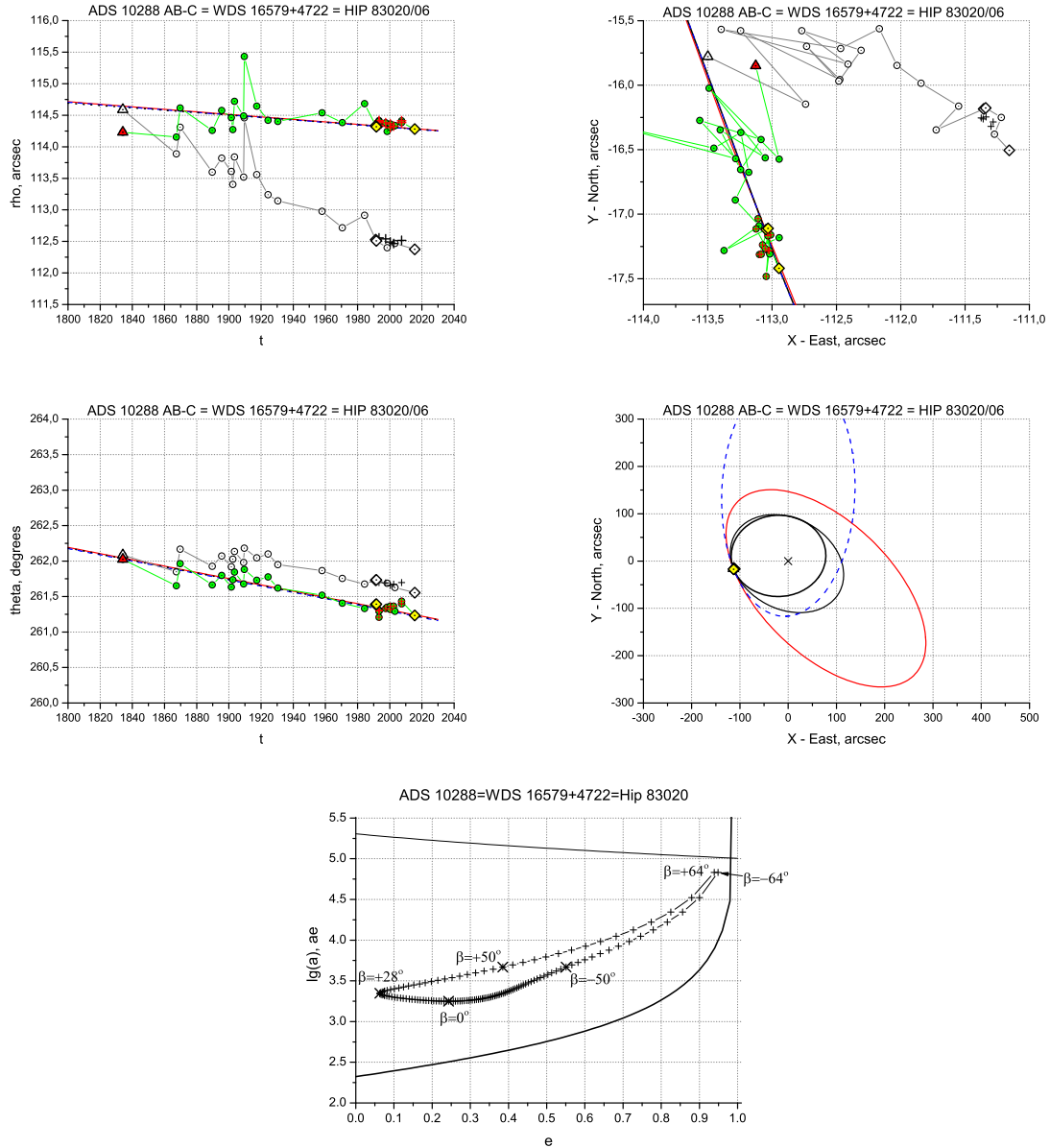


Рис. 9: ADS 10288 AB-C

## 9 WDS 16579+4722 = ADS 10288 AB-C = Hip 83020/06

Эта тройная система состоит из двух ярких и почти одинаковых компонентов А и С ( $m_V \sim 8^m$ ) с разделением  $\sim 110''$  и слабого компонента В ( $m_V \sim 11^m$ ) на удалении  $\sim 4''$  от компонента А. Ранее нами были получены как лучевые скорости компонентов, так и ПВД-орбиты внутренней и внешней пар (Киселев et al., 2009b).

В настоящее время мы переопределили эти орбиты по данным Gaia DR2, используя оценку массы компонентов по новой версии MSC (Tokovinin, 2018). Для широкой пары АВ-С мы получили семейство орбит с  $P_{min} = 52000yr$ , совпадающих на всем участке (1834–2015 гг.). На графиках наблюдения внешней пары АС без учета внутренней подсистемы обозначены открытыми кружками, после учета орбиты АВ — зелеными. Остальные пояснения см. на предыдущей странице.

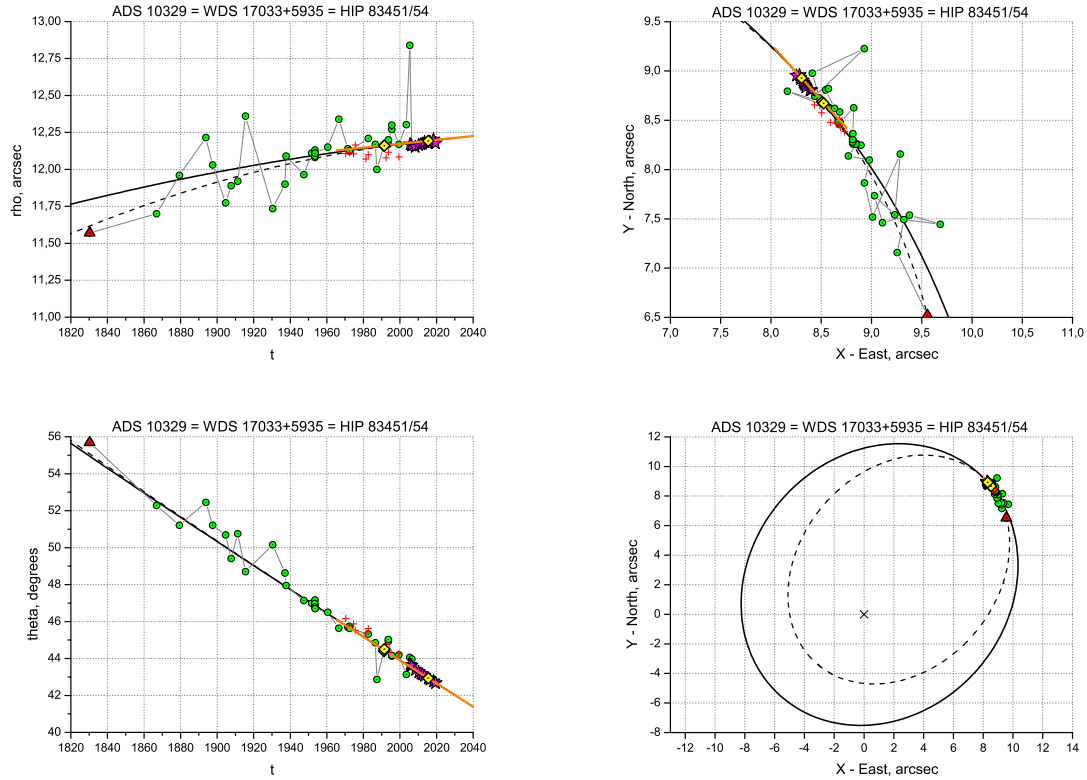


Рис. 10: ADS 10329

## 10 WDS 17033+5935 = ADS 10329 = Hip 83451/54

Ранее методом ПВД получена орбита, выявлен избыток масс  $\sim 3M_{\odot}$  (Киселев et al., 2009a). Использованы лучевые скорости из статьи (Tokovinin, Smekhov, 2002) и параллакс Гиппаркос (ESA SP-1200, 1997). Направление движения по данным Gaia DR2 не противоречит наблюдениям.

В настоящей работе мы приводим новый результат, полученный только по данным Gaia DR2, включая оценку суммы масс компонентов согласно эффективной температуре, соответствующей нормальной ( $1.4M_{\odot}$ ), и лучевые скорости. Избыток масс не менее  $0.6M_{\odot}$  возможен, если наблюдение В.Я. Струве 1830 г. не является ошибочным (на графике — пиктир).

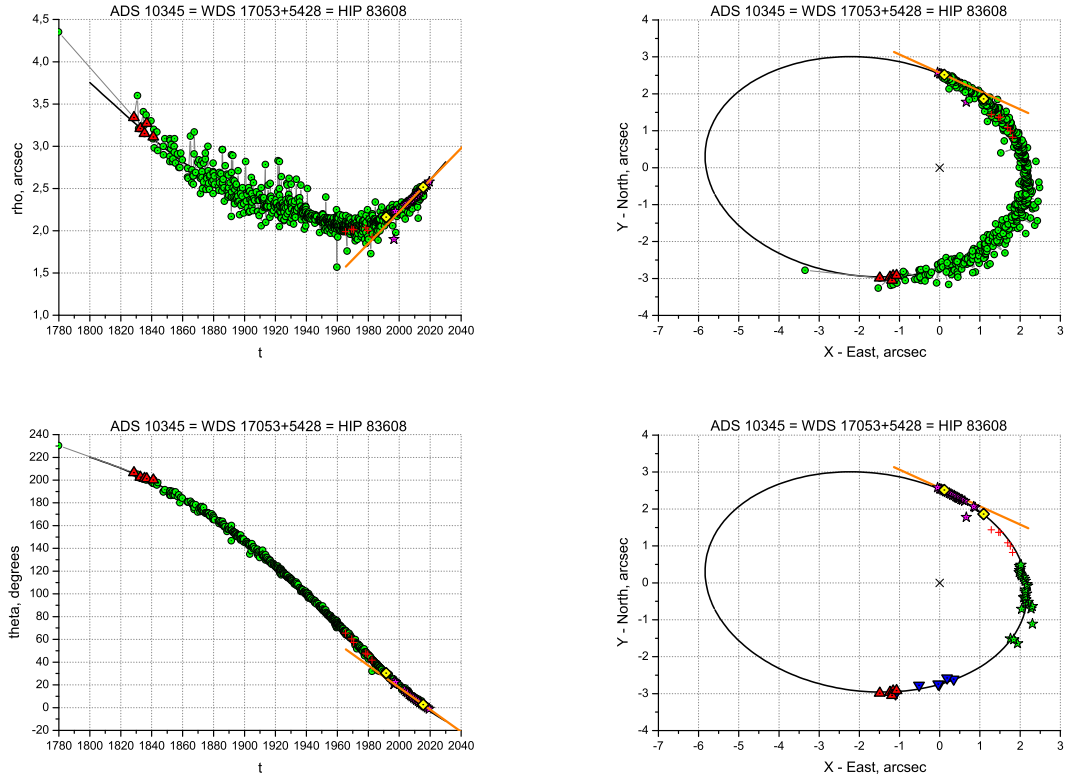


Рис. 11: ADS 10345

## 11 WDS 17053+5428 = ADS 10345 = Hip 83608 ( $\mu$ Dra)

Это яркая, тесная пара (с разделением  $\sim 2''$ ) — на пределе возможности фотографических наблюдений. Представленная здесь орбита была получена в статье (Киселев et al., 2000) с помощью дифференциальной версии метода ПВД. Эта орбита практически совпадает с орбитой (Heintz, 1981) и также хорошо описывает все наблюдения, как и орбита (Prieur et al., 2012). Сумма масс компонентов всех трех вышеупомянутых орбит соответствует их спектральным классам F7V и F7V. Относительная лучевая скорость в 2000 году была подобрана таким образом, чтобы полученная ПВД-орбита прошла через самые далекие наблюдения начала XIX-го века. Использован параллакс Гиппаркос (ESA SP-1200, 1997).

Направление движения по данным Gaia DR2 идет по касательной и не противоречит ни наблюдениям, ни эфемеридам. Из каталога MSC (Tokovinin, 2018) известно, что компонент В является предполагаемой спектрально-двойной звездой с периодом  $\sim 3.2$  года. Однако, это никак не проявилось в нашем исследовании. На последнем графике показаны только пулковские и некоторые другие ряды, а также наблюдения В.Я. Струве.

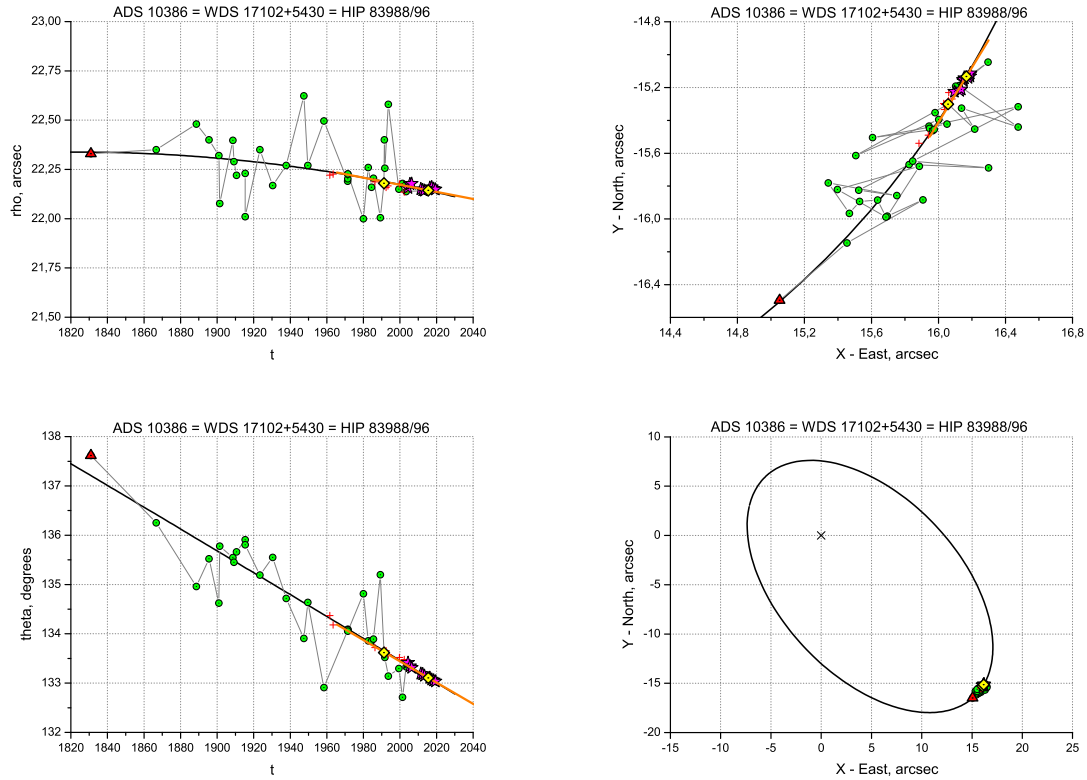
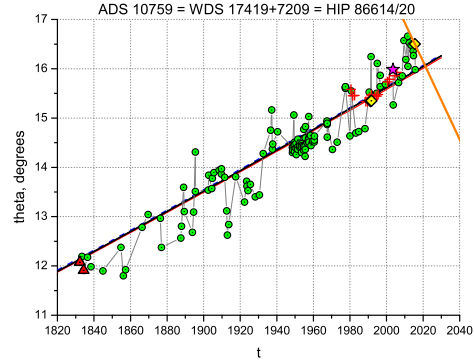
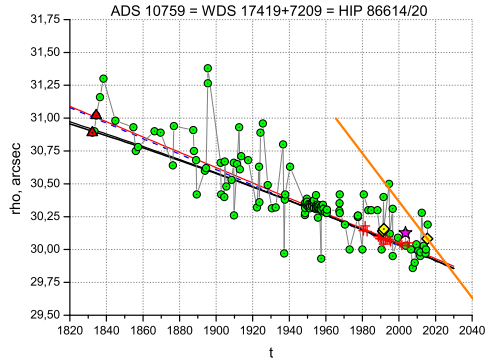


Рис. 12: ADS 10386

## 12 WDS 17102+5430 = ADS 10386 = Hip 83988/96

Ранее методом ПВД получено семейство орбит (Романенко, Киселев, 2014). Использованы лучевые скорости из работы (Токовинин, 1994) и параллакс Гиппаркос (van Leeuwen, 2007). В нашей статье (Романенко, Измайлов, 2021) мы улучшили этот результат с использованием параллаксов Gaia DR2, тех же лучевых скоростей Токовинина и модифицированного алгоритма метода ПВД. Совпадение ПВД-орбит, полученных по трем разным базисам, привело к получению однозначной орбиты и сумме масс компонентов  $1.7M_{\odot}$ , что несколько выше, чем следует из зависимости “масса–светимость”.

В данной работе мы приводим орбиту из статьи (Романенко, Измайлов, 2021), полученную по объединенному ряду пулковских фотографических и ПЗС-наблюдений (базис PCSD). Направление движения по данным Gaia DR2 не противоречит ни наблюдениям, ни эфемеридам.



### 13 WDS 17419+7209 = ADS 10759 = Hip 86614/20 (psi Dra)

Ранее в относительном движении пары АВ нами обнаружено возмущение с периодом 40 лет и амплитудой  $0.3''$ , минимальная масса возможного спутника  $0.4M_{\odot}$ . По базису пулковских фотографических наблюдений, объединенных с данными из WDS, методом ПВД получена орбита (Киселев et al., 2009a). Также использовались лучевые скорости из статьи (Tokovinin, Smekhov, 2002), параллакс Гиппаркос (ESA SP-1200, 1997) и оценка масс компонентов с учетом этого спутника ( $3.4M_{\odot}$ ). Период  $\sim 10000$  лет.

В дальнейшем, была открыта двойственность компонента А с периодом 18.2 года и экзопланета вокруг компонента В (см. каталог MSC — Tokovinin (2018)). Направление движения по данным Gaia DR2 идет под углом к наблюдениям как по  $\rho$ , так и по  $\theta$ , что является отражением наличия спутников в этой системе. Лучевые скорости нужной точности в данных Gaia DR2 отсутствуют.

Здесь мы даем новое семейство ПВД-орбит с использованием параллакса Gaia DR2, тех же параметров видимого движения из нашей статьи 2009 г., лучевых скоростей из работы (Tokovinin, Smekhov, 2002) и  $\Sigma M = 3.34M_{\odot}$  согласно новой версии каталога MSC.  $P_{min} \sim 11000$  лет. Эфемериды всех орбит семейства практически совпадают между собой на всем участке, покрытом наблюдениями (1832–2015 гг.), и соответствуют им.

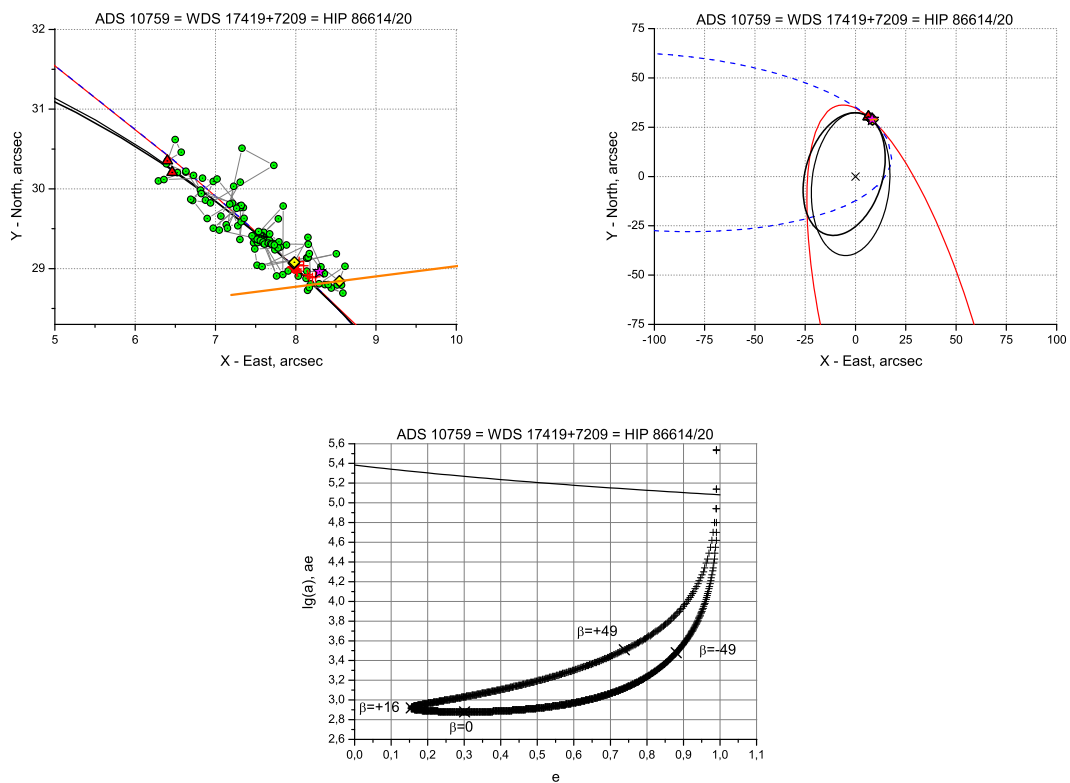
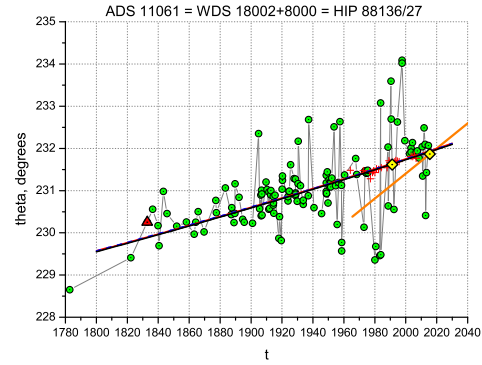
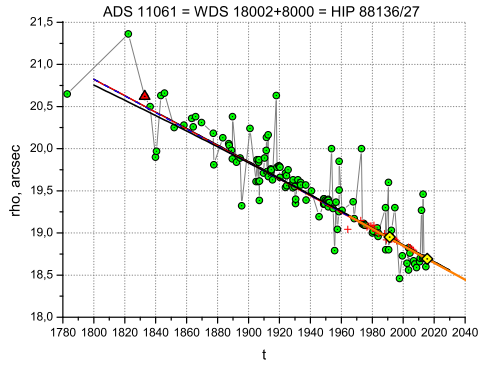


Рис. 13: ADS 10759

Пояснения к графикам см. на предыдущей странице.

...





## 14 WDS 18001+8000 = ADS 11061 = Hip 88136/27

Оба компонента являются спектроскопическими двойными (Tokovinin et al., 2003). По пулковскому ряду фотографических наблюдений с учетом влияния этих внутренних подсистем определено семейство ПВД-орбит визуальной пары АВ (Afanasyeva, Grosheva, 2012). Также выявлено периодическое возмущение с вероятностью 95% и периодом 10.7 лет.

Здесь мы даем новое семейство ПВД-орбит. Кроме тех же параметров видимого движения из статьи 2012 г. и тех же лучевых скоростей 2003 г. использованы параллакс Gaia DR2 и сумма масс компонентов согласно новой версии MSC (Tokovinin, 2018).  $P_{min} \sim 10000$  лет. Эфемериды всех орбит семейства практически совпадают между собой на всем участке, покрытом наблюдениями (1780–2015 гг.). Направление движения по данным Gaia DR2 идет под углом к наблюдениям по  $\theta$ , что является отражением наличия спутников в этой системе.

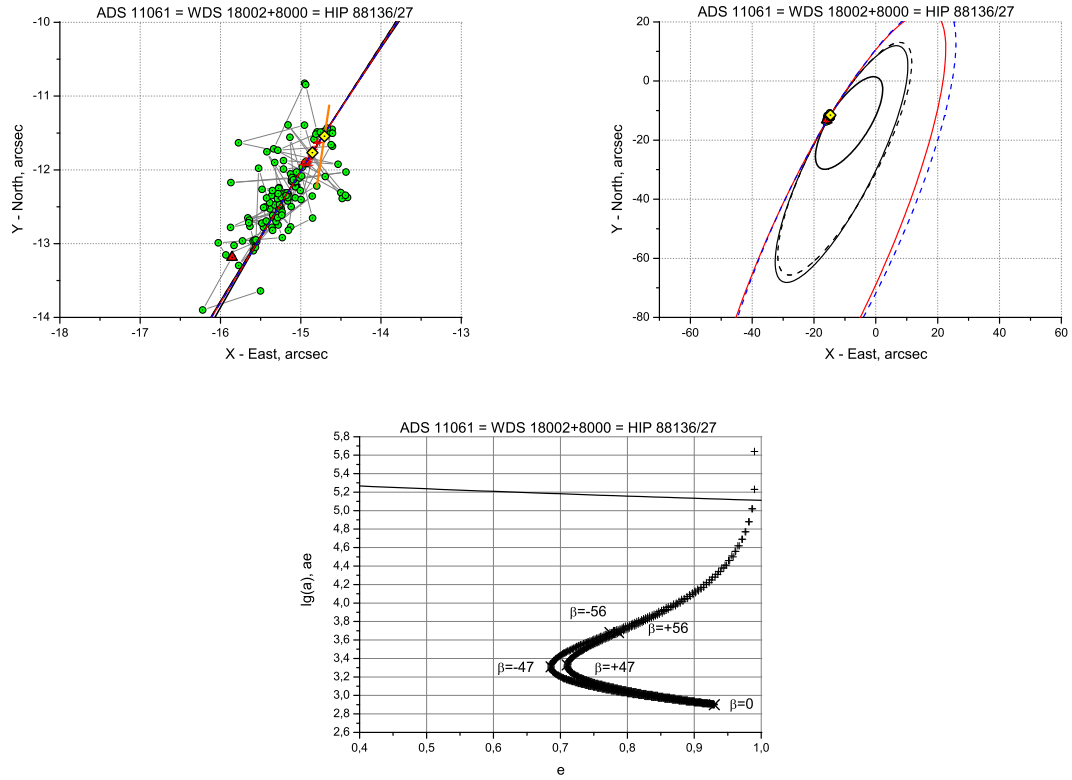


Рис. 14: ADS 11061

Пояснения к графикам см. на предыдущей странице.

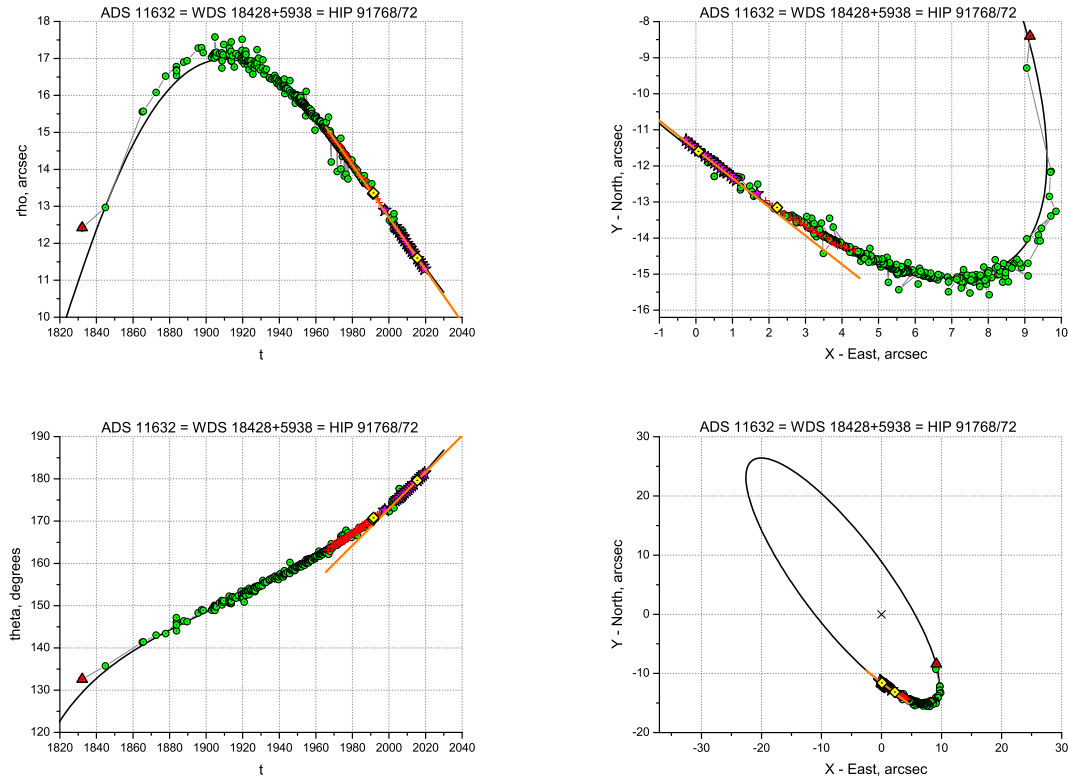
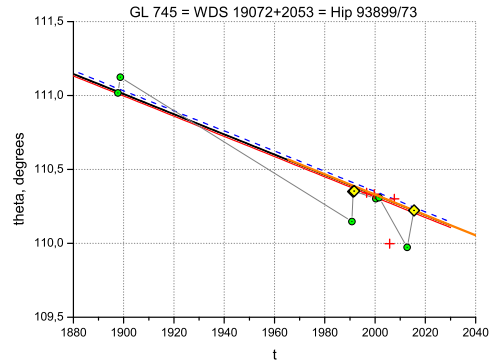
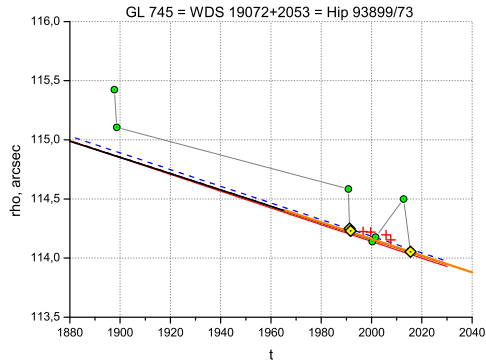


Рис. 15: ADS 11632

## 15 WDS 18428+5938 = ADS 11632 = Hip 91768/72

У этой близкой звезды были заподозрены невидимые спутники с периодами обращения 10.7, 5.0 и 5.5 года (Kamper, 1966; Baize, 1976; Hershey, 1982). Изучение пулковского ряда наблюдений 1961–1997 гг. показало, что в невязках, вычисленных по расстоянию между компонентами, присутствуют две периодические составляющие с периодами 16.4 и 4.5 года и с амплитудами около  $0.020''$ . Это может свидетельствовать о наличии двух спутников с нижним пределом массы  $0.008M_{\odot}$  (Шахт, 1984) и  $0.012M_{\odot}$  (Шахт et al., 1999). В позиционном угле эти периоды не проявились.

Для визуальной пары АВ представлена ПВД-орбита (Киселев et al., 2009c) с периодом 1100 лет. Использованы параллакс и сумма масс компонентов  $0.68M_{\odot}$  согласно (Baize, 1976). Направление движения по данным Gaia DR2 идет по касательной к наблюдениям и не противоречит ни им, ни эфемеридам. Лучевые скорости видимых компонентов в данных Gaia DR2 отсутствуют.



## 16 WDS 19072+2053 = Hip 93899/73 = GL 745

Эта близкая к Солнцу широкая пара входит во все каталоги звезд с большими собственными движениями. Состоит из звезд-близнецов, имеющих величины и показатели цвета, одинаковые с точностью до сотых долей звездной величины. Так как компоненты слабые ( $m_V \sim 11^m$ ) и  $\rho \sim 114''$ , исследуемая двойная звезда трудна для наблюдений — она теряется среди звезд поля той же яркости. Поэтому существует расхождение в идентификации компонентов в каталогах WDS (Mason et al., 2016) и (Gliese, 1969). Мы приняли обозначения согласно последнему.

Ранее было получено семейство ПВД-орбит (Кияева et al., 2012) с использованием параллакса Гиппаркос (van Leeuwen, 2007) и лучевых скоростей из статьи (Марсу, Benitz, 1989). Сумма масс компонентов оценена как  $0.8M_{\odot}$  в соответствии со спектрами M2V. Здесь мы даем новое семейство ПВД-орбит, используя данные Gaia DR2 и ту же оценку массы компонентов.  $P_{min} \sim 42000$  лет. Эфемериды всех орбит семейства практически совпадают на всем участке, покрытом наблюдениями (1897–2015 гг.).

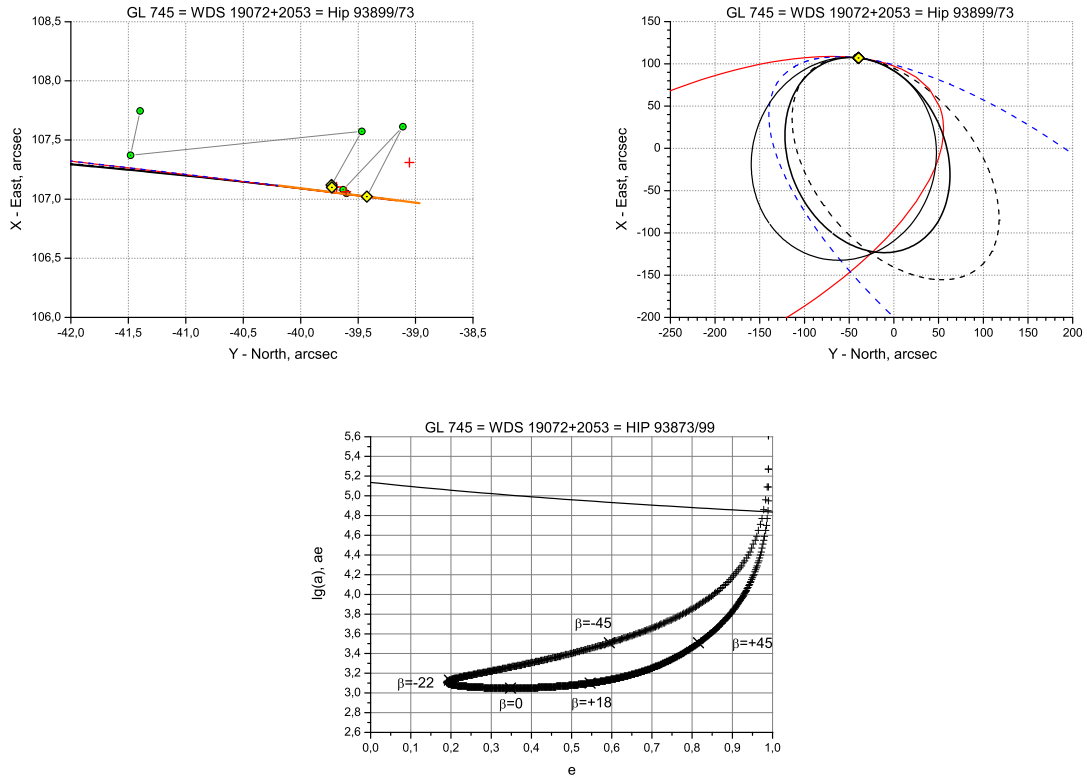


Рис. 16: GL 745

Пояснения к графикам см. на предыдущей странице.

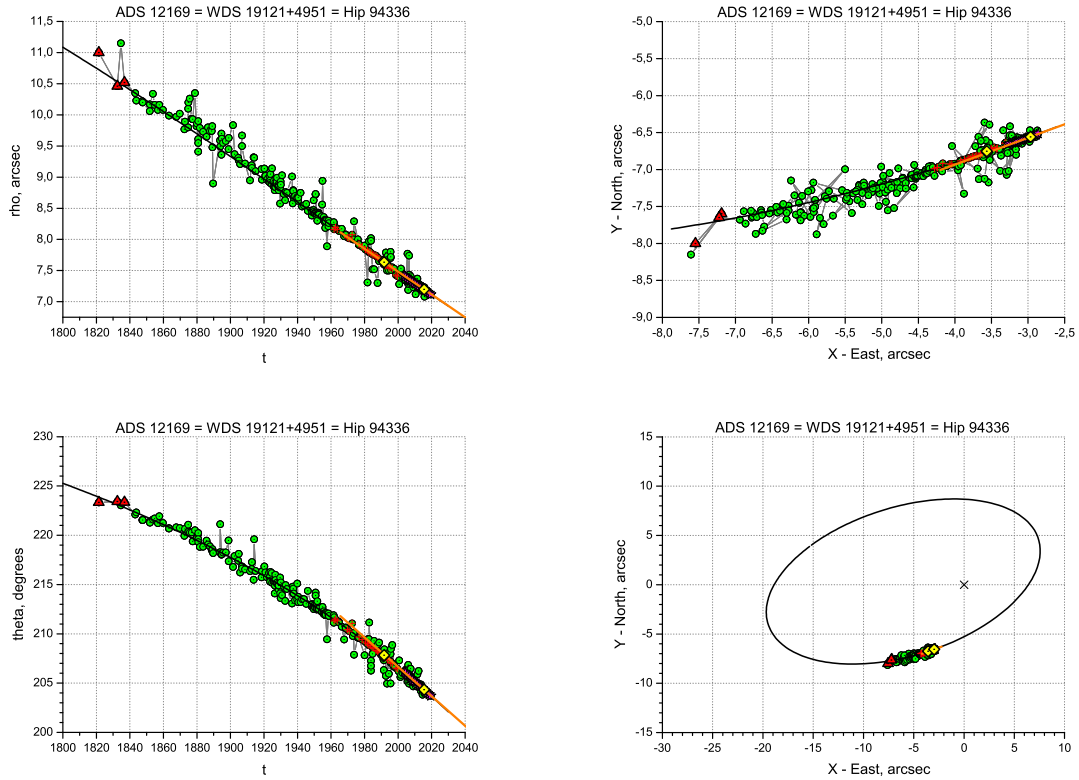
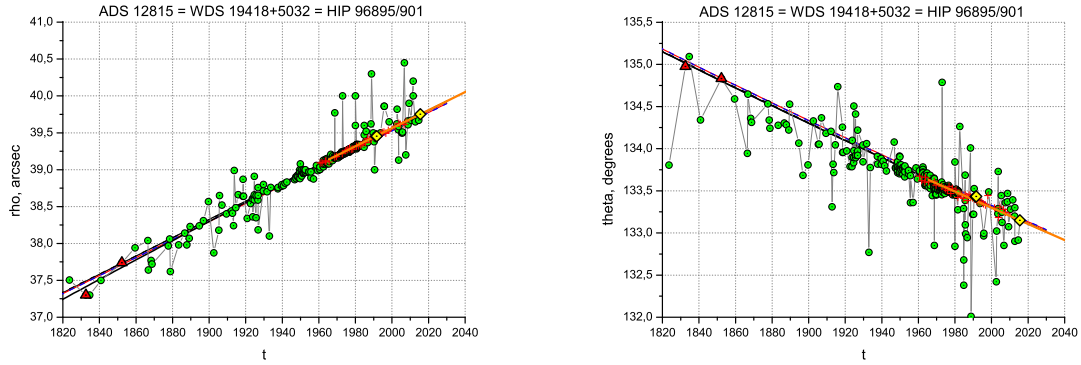


Рис. 17: ADS 12169

## 17 WDS 19121+4951 = ADS 12169 = Hip 94336

Ранее методом ПВД получено семейство орбит (Киселев, Романенко, 1996) с использованием лучевых скоростей из статьи (Токовинин, 1994) и параллаксы (van Altena et al., 1991). В нашей статье (Романенко, Измайлов, 2021) мы улучшили этот результат, используя параллаксы Gaia DR2, те же лучевые скорости и модифицированный алгоритм метода ПВД. Совпадение ПВД-орбит, полученных по трем разным базисам, привело к получению однозначной орбиты и сумме масс компонентов  $2.25M_{\odot}$ , что в пределах ошибок совпадает с величиной, соответствующей зависимости “масса–светимость”.

В данной работе мы приводим орбиту из статьи 2021 г., полученную по объединенному ряду пулковских фотографических и ПЗС-наблюдений (базис РССД). Направление движения по данным Gaia DR2 не противоречит ни наблюдениям, ни эфемеридам. Орбита (Hale, 1994) с периодом 3100 лет также хорошо описывает наблюдаемую дугу, но соответствует сумме масс  $3.5M_{\odot}$  (избыток).



## 18 WDS 19418+5032 = ADS 12815 = Hip 96895/901 (16 Cyg)

Cochran et al. (1997) обнаружили у компонента В планетоподобный спутник с периодом 2.2 года. Пулковские наблюдения допускают существование этого спутника, если его орбита имеет наклон к картинной плоскости больше  $70^\circ$ . Также методом ПВД получено семейство орбит визуальной пары АВ (Киселев, Романенко, 2011). Базисом послужил объединенный ряд однородных фотографических наблюдений трех обсерваторий — Дирнборн, Вашингтон (USNO) и Пулково. Использован параллакс Гиппаркос (van Leeuwen, 2007) и лучевые скорости, полученные на Ликской обсерватории (Hauser, Marcy, 1999). Направление движения по данным Gaia DR2 согласуется со всеми наблюдениями.

Здесь мы даем новое семейство ПВД-орбит с использованием данных Gaia и суммы масс компонентов  $2.53M_\odot$  согласно новой версии MSC (Tokovinin, 2018) с учетом массы звездного спутника компонента А по данным MSC.  $P_{min} \sim 12000$  лет. Эфемериды всех орбит семейства совпадают между собой на всем участке, покрытом наблюдениями (1823-2015 гг.).

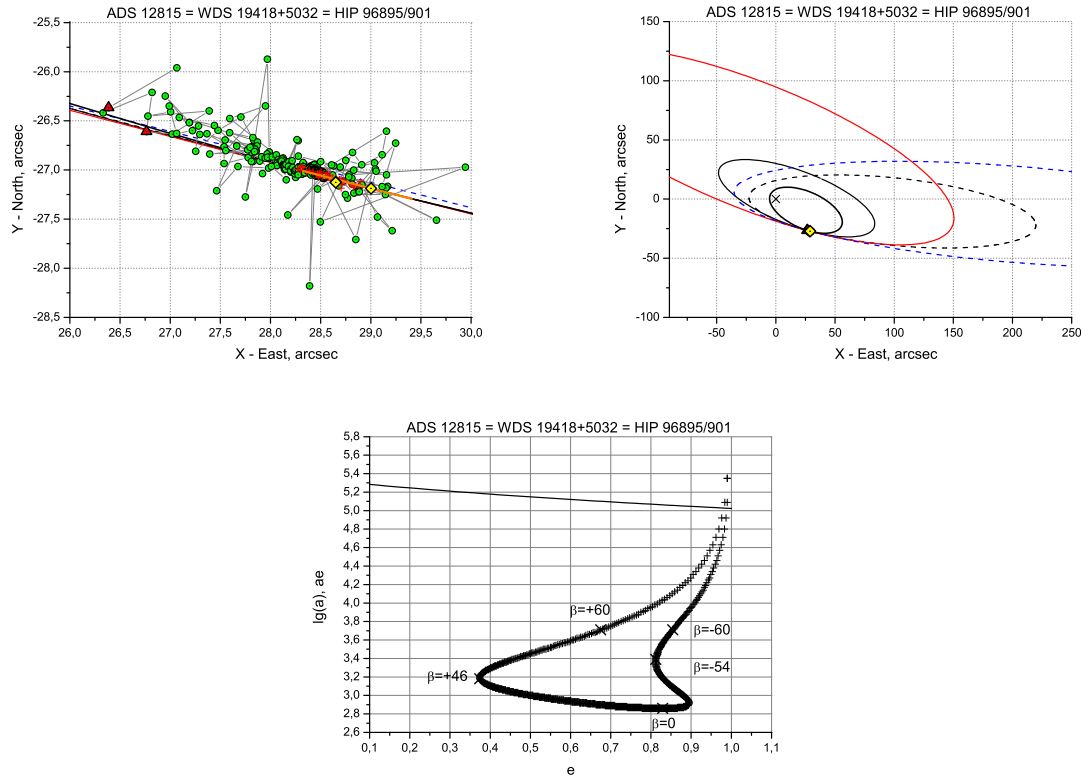


Рис. 18: ADS 12815

Пояснения см. на предыдущей странице.



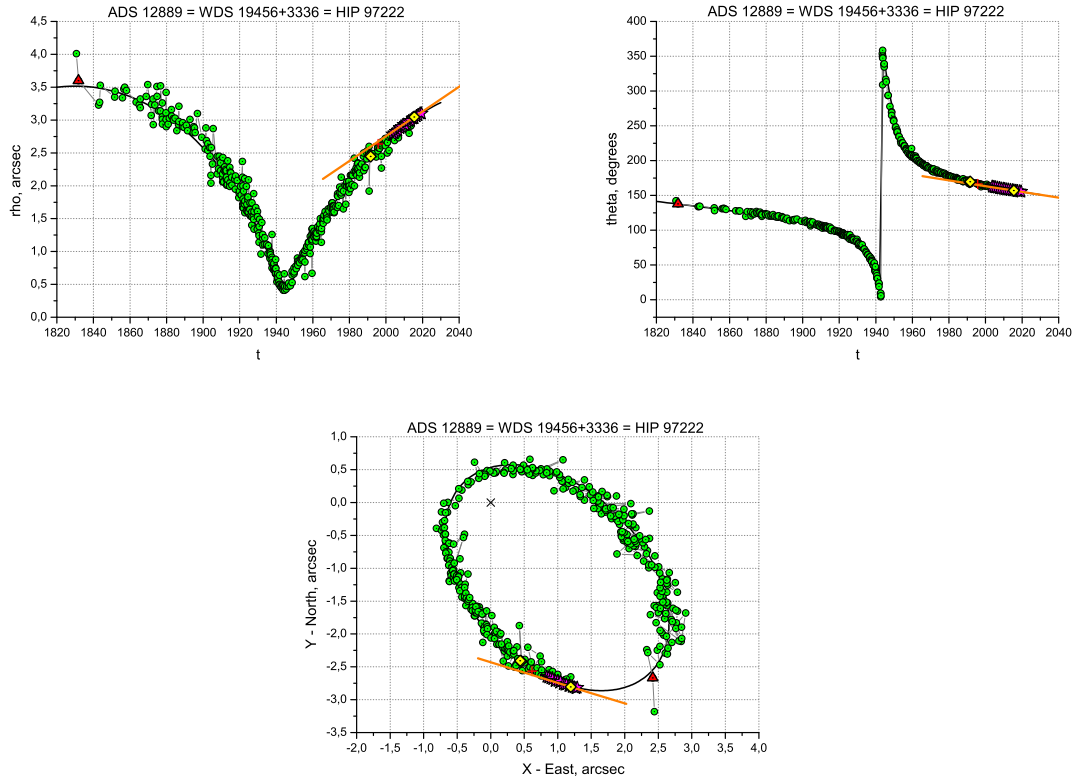


Рис. 19: ADS 12889

## 19 WDS 19456+3336 = ADS 12889 = Hip 97222 (17 Cyg FG)

Приводим идентификацию этой звезды по каталогу CCDM, которая соответствует ее координатам и номеру по каталогу (Aitken, Doolittle, 1932). В каталоге WDS эта звезда идентифицирована как 19464+3344 FG.

По базису пулковских ПЗС-наблюдений методом ПВД вычислена однозначная орбита этой тесной пары Романенко (2017) с периодом 238 лет, хорошо согласующаяся с орбитами других авторов. Использованы: параллакс Гиппаркос (van Leeuwen, 2007), лучевые скорости из статьи (Tokovinin, Smekhov, 2002) и оценки масс компонентов согласно каталогу MSC. Направление движения по данным Gaia DR2 идет по касательной к наблюдениям и не противоречит ни им, ни эфемеридам. Лучевые скорости компонентов в данных Gaia DR2 отсутствуют.

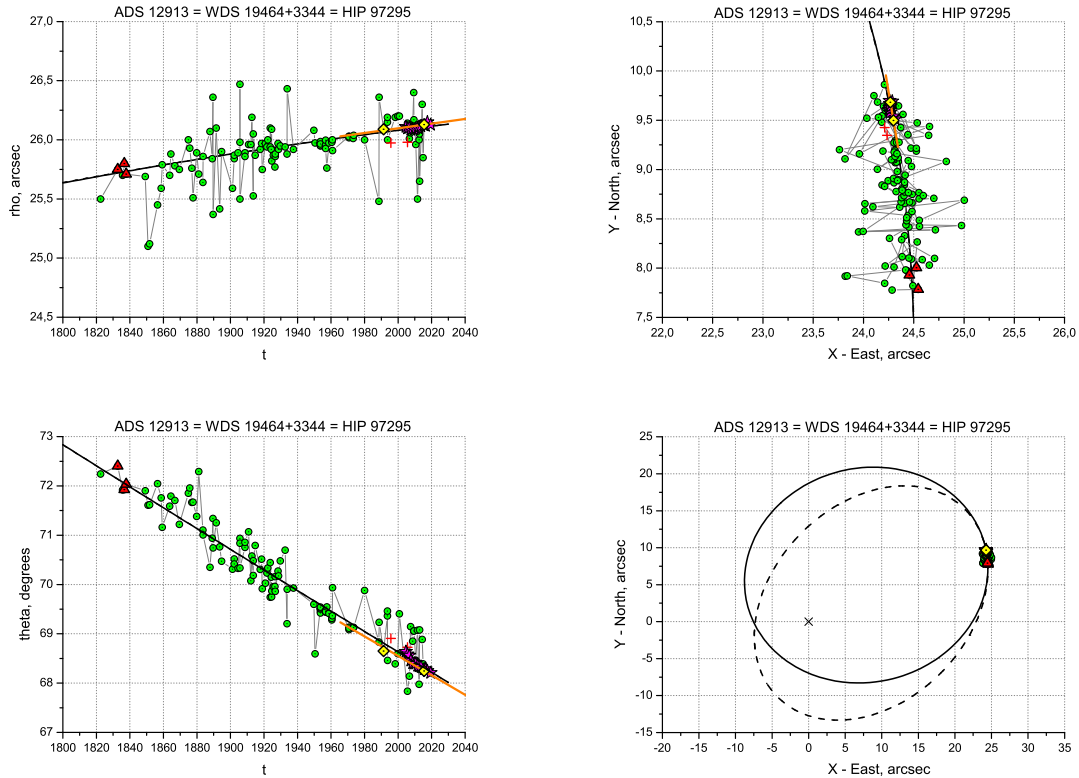


Рис. 20: ADS 12913

## 20 WDS 19464+3344 = ADS 12913 = Hip 97295 (17 Cyg AB)

Данная звездная система исследована нами, как четверная, с компонентами А, В, F и G (Романенко, 2017). По базису пулковских ПЗС-наблюдений, объединенных с наблюдениями В.Я.Струве, получены две наиболее вероятные ПВД-орбиты 17 Cyg AB с периодом обращения 6200 лет. Используются: параллакс Гиппаркос (van Leeuwen, 2007), лучевые скорости из каталога (Токовинин, 1990) и оценки масс компонентов согласно MSC. Направление движения по данным Gaia DR2 недостаточно точно соответствует общемировым наблюдениям по позиционному углу.

В статье 2017г. получена также однозначная орбита пары FG с периодом 238 лет, хорошо согласующаяся с орбитами других авторов, и семейство возможных орбит внешней пары AB-FG, близких к параболической, с периодами 3.7 млн. лет и больше. Методом Монте-Карло вычислена вероятность устойчивой гравитационной связи внешней пары, равная 47%. Сходство собственных движений и лучевых скоростей всех компонентов может свидетельствовать к принадлежности одному звездному потоку. По данным каталога CNS3 (Gliese, Jahreiss, 1991) составлен список возможных кандидатов в члены этого потока (Романенко, 2017).

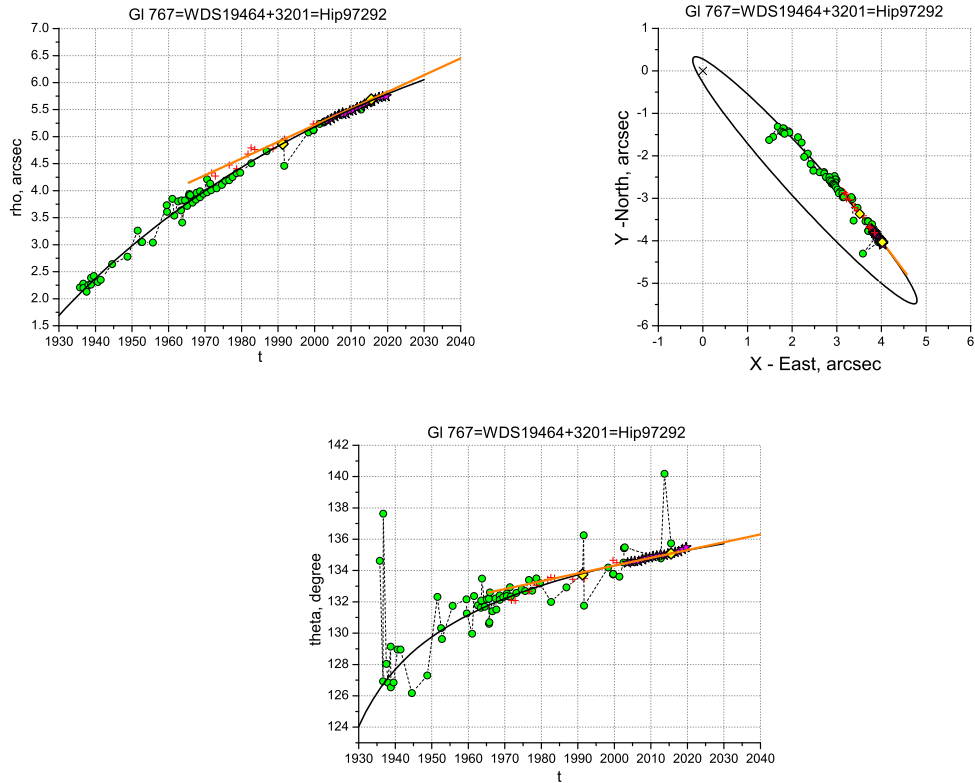


Рис. 21: Gliese 767

## 21 WDS 19464+3201=Hip 97292=GL 767

Данная быстро движущаяся звезда была открыта Ван де Кампом только в 1935 г. Первая орбита была опубликована в работе (Кияева, Горыня, 2015). ПВД были получены по пулковским ПЗС-наблюдениям 2003–2013 гг. на момент 2008.0. Наблюдения лучевой скорости выполнялись на ИЛС с 1999 по 2014 год, получили  $\Delta V_r = 0.0 \pm 0.5$  км/с. Использовали параллакс из каталога Hipparcos ( $74 \pm 2$  мсд, van Leeuwen (2007)) и суммарную массу системы  $0.9M_{\odot}$  согласно спектральным классам. С параллаксом Gaia DR2 ( $71.75 \pm 0.06$  мсд) масса системы равна  $1.0M_{\odot}$ , что соответствует эффективным температурам звезд, опубликованным в Gaia DR2.

В Gaia DR2 есть лучевая скорость только одного компонента А. В наблюдениях лучевой скорости на ИЛС подозревалась переменность у компонента В. В пулковских ПЗС наблюдениях также заметно колебание в тангенциальном направлении. Однако направление движения согласно Gaia DR2 не противоречит полученной орбите, поэтому присутствие спутника не подтверждается.

Обнаружено систематическое расхождение по  $\rho$  в наблюдениях Gaia DR2 и ПЗС, равное 38 мсд. Это объясняет большую невязку наблюдения Gaia DR2 относительно эфемериды орбиты (26 мсд). Полученная ранее орбита (Кияева, Горыня, 2015) не требует улучшения.

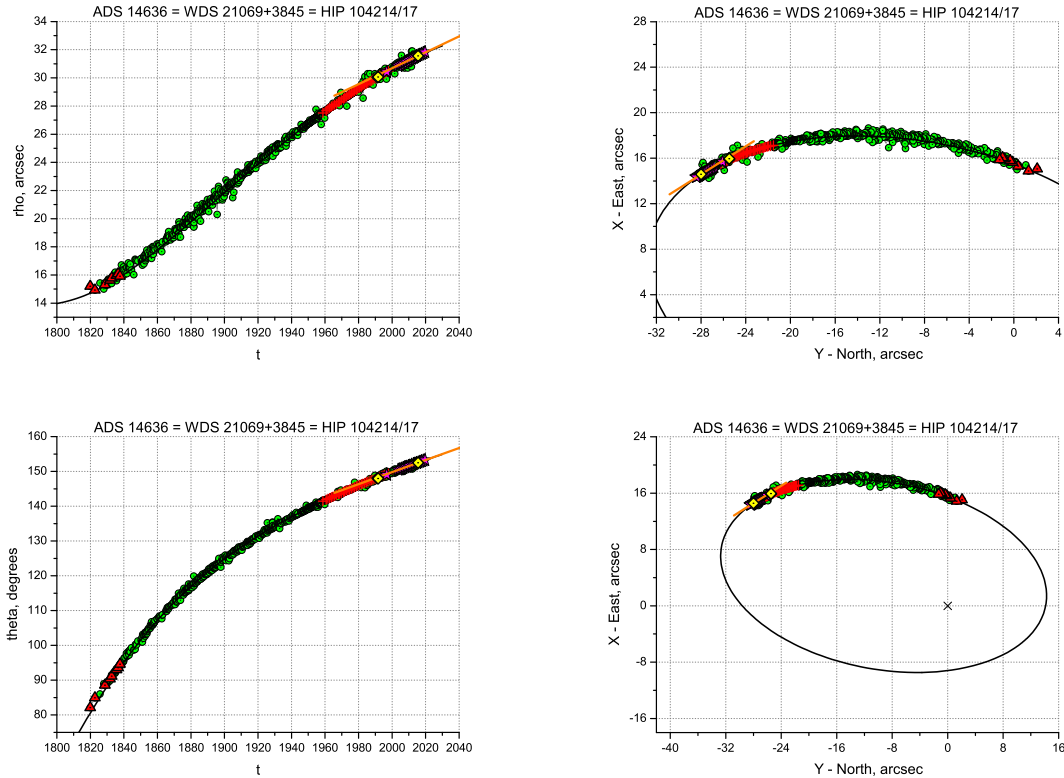


Рис. 22: ADS 14636

## 22 WDS 21069+3845 = ADS 14636 = Hip 104214/17 (61 Cyg)

Эта звезда интересна как объект с возможными планетоподобными спутниками (Strand, 1943; Дейч, 1978). Также интересны физические свойства этой пары, оба компонента которой являются переменными вспыхивающими звездами. Элементы орбиты 61 Лебеда, полученные по фотографическим наблюдениям, даны в работах (Josties, 1983; Gorshanov et al., 2006).

В статье (Измайлов et al., 2021) проведено построение орбиты 61 Лебеда по всем её наблюдениям, выполненным в Пулковской обсерватории на нескольких инструментах с 1819 по 2019 годы. Использован метод, основанный на вычислении постоянных Тиле-Иннеса и генерации большого числа случайных наборов трёх орбитальных элементов (алгоритм см. Измайлов (2019)). Получен период  $P = 704.858 \pm 40.221$  года и  $\Sigma M = 1.286 \pm 0.107 M_{\odot}$ .

Здесь мы даем ПВД-орбиту (Shakht et al., 2017), полученную на основе ряда пулковских фотографических наблюдений на 26-дюймовом рефракторе в 1958–2006 гг. Использован параллакс Гиппаркос (van Leeuwen, 2007) и лучевые скорости, полученные на 6-м телескопе БТА (Романенко, Ченцов, 1994). Для наилучшей сходимости с наблюдениями определена орбита с периодом 664 года и суммой масс компонентов  $1.4 M_{\odot}$ , несколько превышающей оценки из астрофизических наблюдений ( $1.3 M_{\odot}$ ). Направление движения по данным Gaia DR2 не противоречит ни наблюдениям, ни эфемеридам.

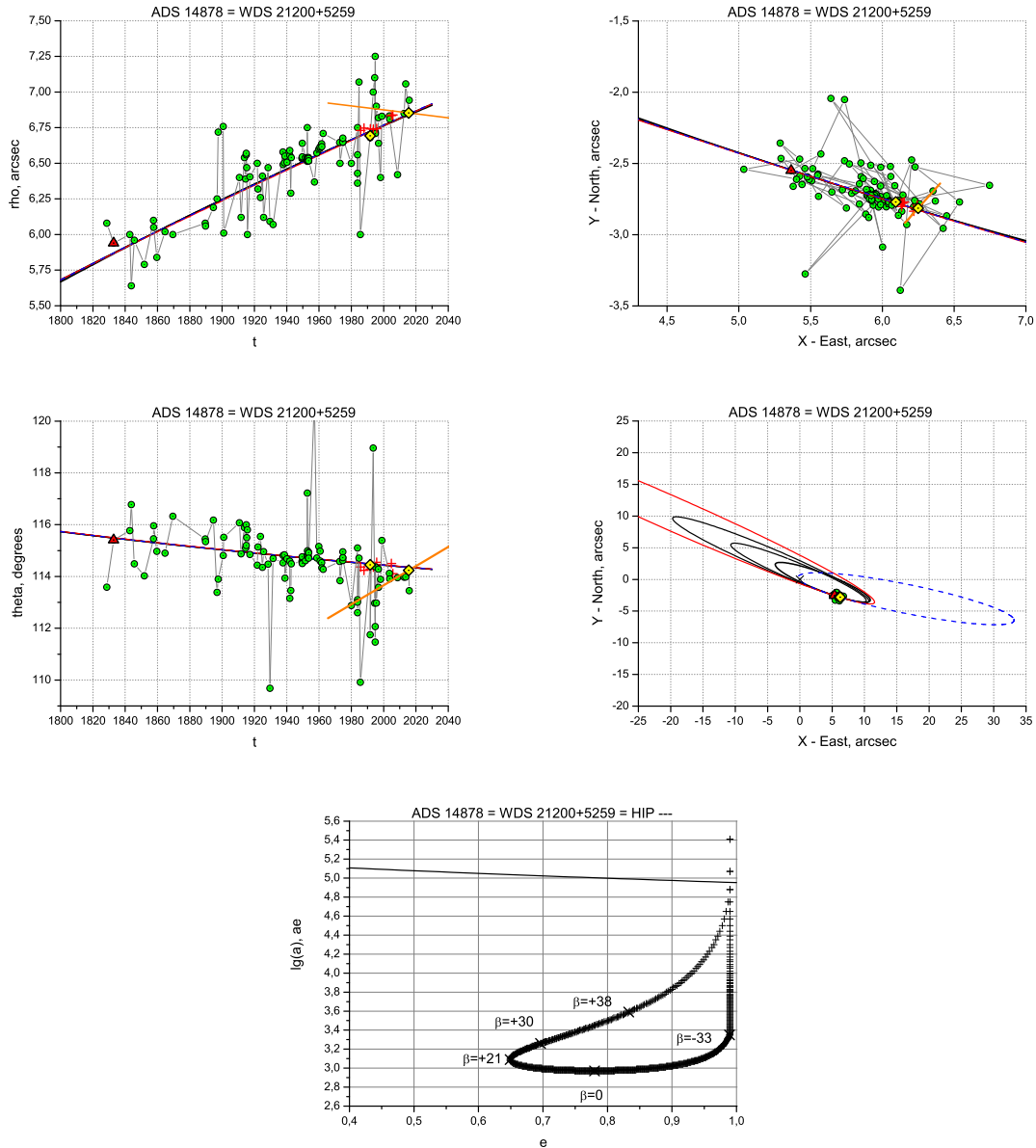


Рис. 23: ADS 14878

## 23 WDS 21200+5259 = ADS 14878

Исследование с помощью метода ПВД показало, что если параллакс равен  $0.006''$ , то эллиптическая орбита возможна только при суммарной массе системы не менее  $25M_{\odot}$  (Киселев et al., 2009a). Компонент C — оптический согласно собственным движениям из каталога WDS (Mason et al., 2016). Направление движения в паре AB по данным Gaia DR2 идет под углом к общемировым наблюдениям.

В настоящей работе мы приводим семейство ПВД-орбит (Романенко, 2018), полученное по объединенному ряду наблюдений 1828–2005 гг. с использованием лучевых скоростей из статьи (Tokovinin, Smekhov, 2002). При параллаксе Gaia DR2 ( $12.11 \pm 0.06$  мсд) сумма масс компонентов составляет  $3.5M_{\odot}$  (избыток остается).

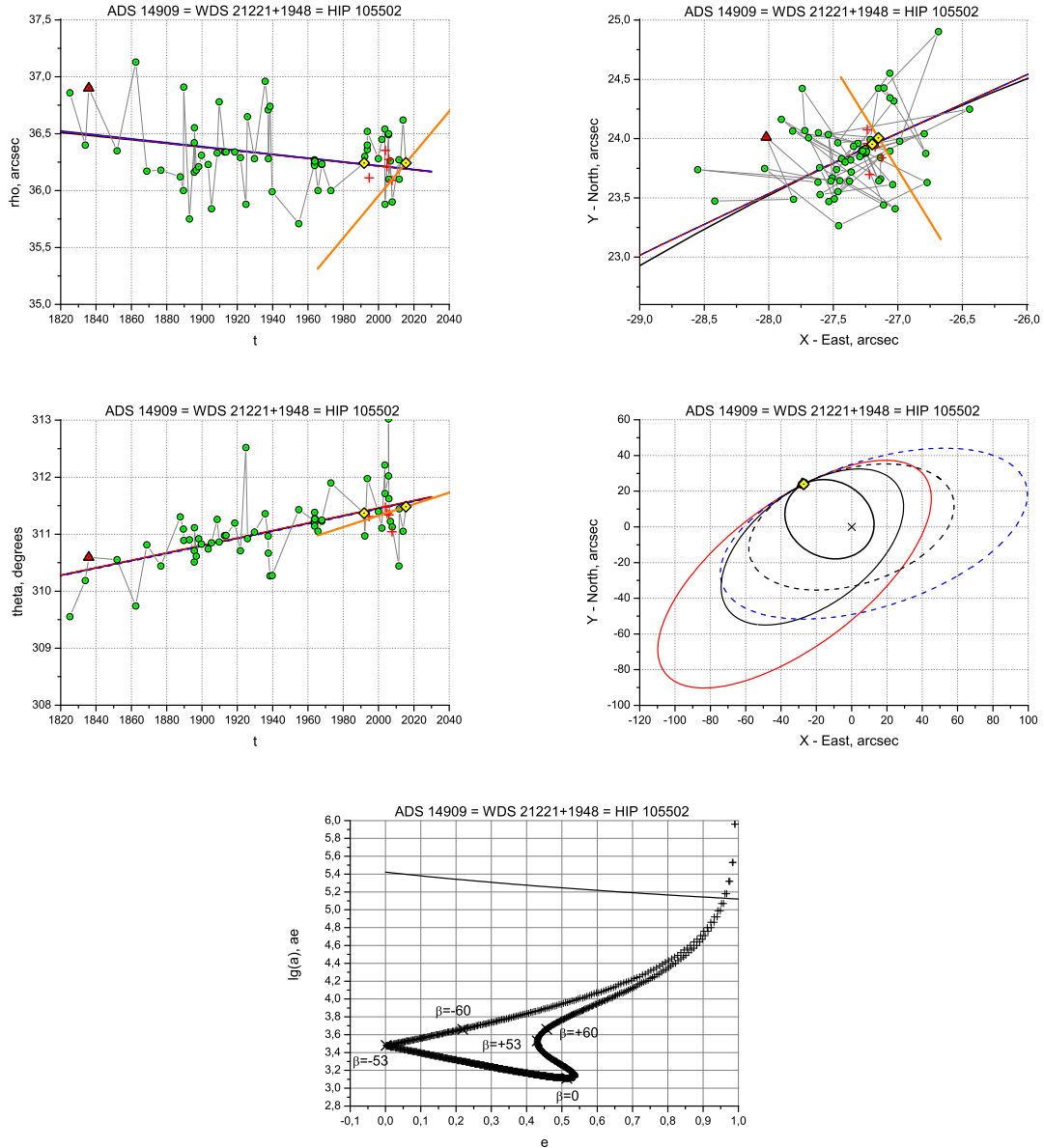


Рис. 24: ADS 14909

## 24 WDS 21221+1948 = ADS 14909 = Hip 105502 (1 Peg)

В этой широкой паре компонент А — яркий ( $\sim 4^m$ ), а компонент В — известная спектроскопическая двойная звезда (Griffin, 1987). Ранее с использованием лучевых скоростей из этой статьи методом ПВД было вычислено семейство орбит пары АВ (Романенко, Киселев, 2014). Направление движения в этой паре по данным Gaia DR2 идет под углом к общему направлению наблюдений.

В настоящей работе мы приводим новое семейство ПВД-орбит, полученное по тому же базису объединенного ряда наблюдений и тех же лучевых скоростей. Но здесь используются: параллакс Gaia DR2 и сумма масс компонентов согласно новой версии MSC (Tokovinin, 2018).  $P_{min} \sim 23000$  лет. Эфемериды всех орбит семейства совпадают между собой на всем участке, покрытом наблюдениями (1825–2015 гг.).

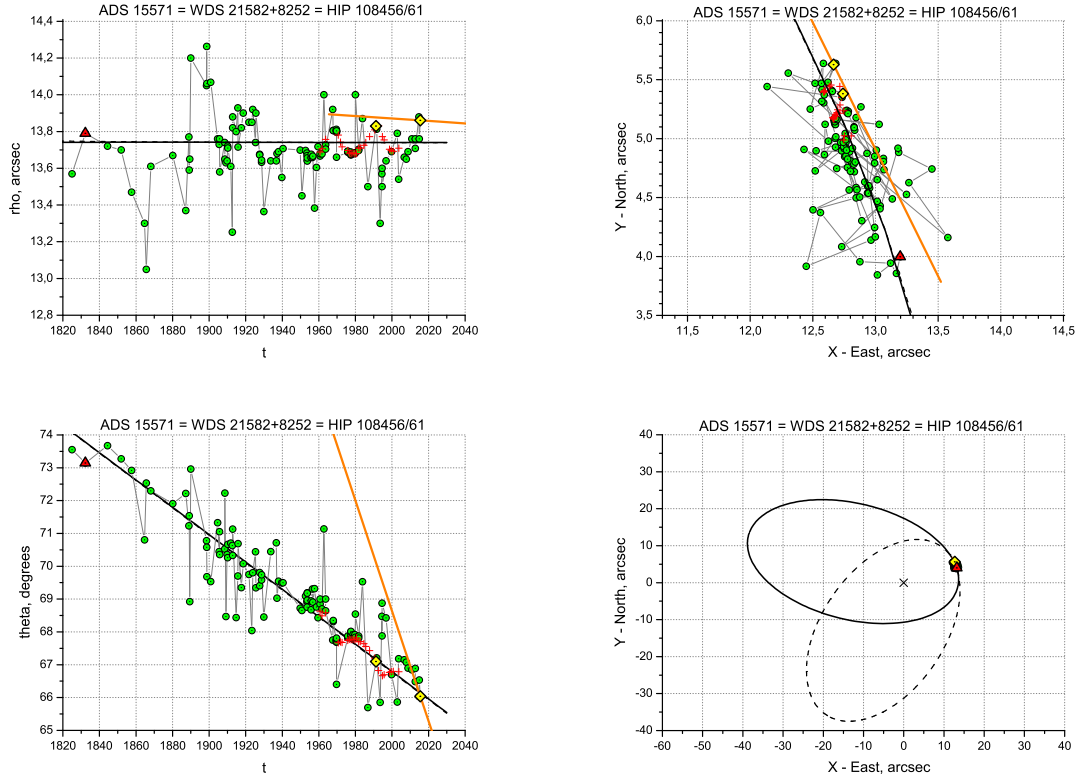


Рис. 25: ADS 15571

## 25 WDS 21582+8252 = ADS 15571 = Hip 108456/61

Известно что компонент В является спектрально-двойным с  $P_B \sim 1.15$  дня (Sanford, 1927). Ранее методом ПВД получено два орбитальных решения с периодом 19000 лет (Grosheva, 2006). Использован параллакс Гиппаркос (ESA SP-1200, 1997) и подобранная относительная лучевая скорость компонентов. По фотографическим наблюдениям на 26-дюймовом рефракторе 1960–2003 гг. обнаружен также невидимый спутник с периодом 23 года и минимальной массой  $0.6M_\odot$  (Grosheva, 2006).

В наблюдениях четко прослеживается "волна" как по  $\rho$ , так и по  $\theta$ . Эфемериды обеих орбит совпадают между собой на всем участке, покрытом наблюдениями (1825–2015 гг.). При параллаксе Gaia DR2 и сумме масс компонентов согласно новой версии MSC (Tokovinin, 2018), период орбиты равен 17000 лет. Направление движения по данным Gaia DR2 идет параллельно "волне" по  $\rho$  и под углом ко всем наблюдениям по  $\theta$ , что является отражением наличия спутников в этой системе.

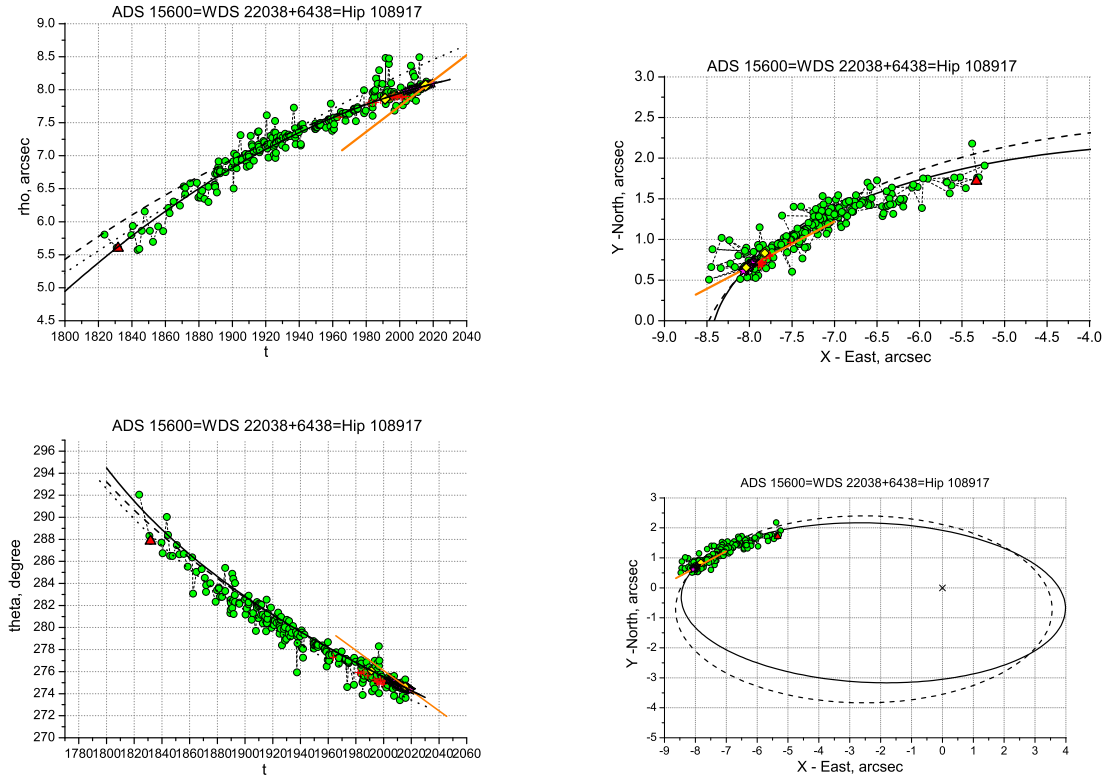


Рис. 26: ADS 15600

## 26 WDS 22038+6438=ADS 15600 Aa-B=Hip 108917

Первая орбита внешней пары (Zeller, 1965) не удовлетворяет современным наблюдениям по  $\rho$  (на графиках — пунктир).

Представленная здесь ПВД-орбита получена на основе пулковских ПЗС-наблюдений 2003–2019гг. Предварительно была учтена астрометрическая орбита внутренней пары Aab с периодом 2.24 года Мак Алистера, см. MSC (Tokovinin, 2018). Влияние спутника с таким периодом проявляется в ПЗС-наблюдениях, орбита фотоцентра согласуется с орбитой Мак Алистера. Использован параллакс Gaia DR2, но лучевые скорости обоих компонентов отсутствуют. Масса системы и относительная лучевая скорость подбирались по сходимости с остальными наблюдениями.

Лучшее решение (на графике — сплошная линия) соответствует массе  $3.6M_{\odot}$ , которая завышена по сравнению с ожидаемой  $2.62M_{\odot}$  согласно каталогу MSC (на графике — штрих). Здесь мы приводим орбиты с двумя значениями массы. Так как угол  $\beta = 0^{\circ}$ , а знак лучевой скорости неизвестен, для каждого значения массы мы получаем 2 решения, которые отличаются только ориентацией в галактической системе координат. Возможно, спутник не один.



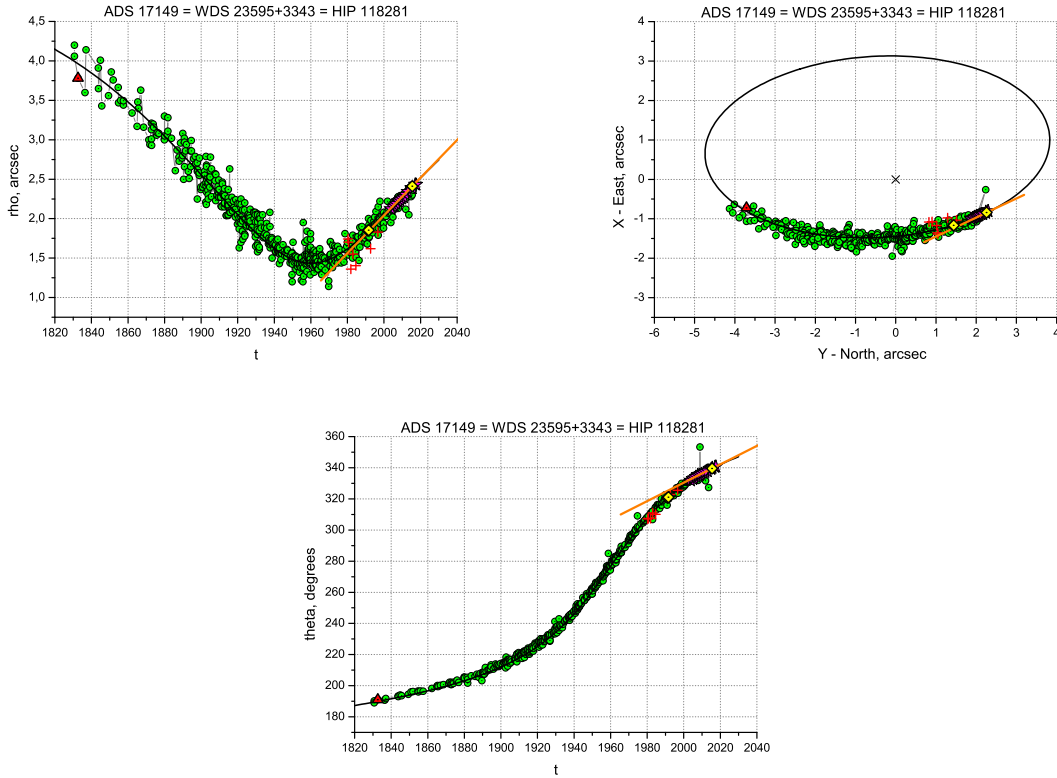


Рис. 27: ADS 17149

## 27 WDS 23595+3343 = ADS 17149 = Hip 118281

Это тесная пара с разделением  $\sim 2''$  на пределе возможности фотографических наблюдений. Направление движения по данным Gaia DR2 идет по касательной к внутреннему ряду наблюдений (более 600) и не противоречит им. Лучевые скорости компонентов в данных Gaia DR2 отсутствуют, но есть по два наблюдения в статье (Tokovinin, Smekhov, 2002).

В настоящей работе мы использовали эти значения в качестве первого приближения, а также параметры видимого движения и параллакс по данным Gaia DR2. При наилучшей сходимости с наблюдениями и с учетом орбитального движения получена относительная лучевая скорость 3.0 км/с на момент 2015.5 и однозначная ПВД-орбита с периодом 1032 года и суммой масс компонентов  $2.4M_{\odot}$ , что соответствует зависимости “масса–светимость”.

Орбита (Hartkopf, Mason, 2011) с периодом 717 лет также хорошо описывает все наблюдения, соответствует массе  $2.7M_{\odot}$ . Но никаких признаков, подтверждающих этот избыток мы не обнаружили.

## Список литературы

- Afanasyeva A. A., Grosheva E. A.* Improved orbit for the visual-binary star 40/41 Dra // *Astrophysics*. VI 2012. 55, 2. 231–241.
- Aitken R.G., Doolittle Eric.* New General Catalogue of Double Stars within  $120^{\circ}$  of the North Pole. 1932. Washington D.C. 800.
- Allen C.* *Allen's astrophysical quantities. Fourth edition.* 1999. A.N. Cox editor, Springer(1999). 739.
- Baize P.* Orbital elements of eighteen visual double stars. // *A&AS*. X 1976. 26. 177–193.
- Cochran William D., Hatzes Artie P., Butler R. Paul, Marcy Geoffrey W.* The Discovery of a Planetary Companion to 16 Cygni B // *ApJ*. VII 1997. 483, 1. 457–463.
- ESA SP-1200* . The Hipparcos and Tycho Catalogues. 1997.
- Gaia Collaboration , Brown A. G. A., Vallenari A., Prusti T., et al .* Gaia Data Release 2. Summary of the contents and survey properties // *A&A*. VIII 2018. 616. A1.
- Gliese W.* Catalogue of Nearby Stars. Edition 1969 // *Veroeffentlichungen des Astronomischen Rechen-Instituts Heidelberg*. I 1969. 22. 1.
- Gliese W., Jahreiss H.* Gliese Catalog of Nearby Stars, 3d edition. 1991. Astronomisches Rechen-Institut, Heidelberg. 0.
- Gorshanov D. L., Shakht N. A., Kisselev A. A.* Observations of the binary star 61 Cyg on the 26 inch refractor at the Pulkovo observatory // *Astrophysics*. VII 2006. 49, 3. 386–396.
- Griffin R. F.* Spectroscopic binary orbits from photoelectric radial velocities. Paper 72: 1 Pegasi B // *The Observatory*. II 1987. 107. 1–5.
- Grosheva E. A.* Analysis of periodic perturbations in the multiple system ADS 15571 // *Astrophysics*. VII 2006. 49, 3. 397–404.
- Hale A.* Orbital CoPlanetary in Solar-Type Binary Systems: Implications for Planetary System Formation and Detection // *AJ*. I 1994. 107. 306.
- Hartkopf William I., Mason Brian D.* Speckle Interferometry at the USNO Flagstaff Station: Observations Obtained in 2008 and Nine New Orbits // *AJ*. VIII 2011. 142, 2. 56.
- Hauser Heather M., Marcy Geoffrey W.* The Orbit of 16 Cygni AB // *PASP*. III 1999. 111, 757. 321–334.
- Heintz W. D.* The visual binary MU Dra. // *PASP*. II 1981. 93. 90–92.
- Hershey J. L.* Parallaxes, mass ratios, masses, and planetary detection capability from 60-yr sproul plate series on five visual binaries. // *AJ*. I 1982. 87. 145–151.
- Izmailov I. S., Roshchina E. A.* Astrometric observations of visual binaries using 26-inch refractor during 2007-2014 at Pulkovo // *Astrophysical Bulletin*. IV 2016. 71, 2. 225–231.

- Izmailov I.S., Khovrichева M.L., Khovrichев M.Yu., Kiyayeva O.V., Khrutskaya E.V., Romanenko L.G., Grosheva E.A., Maslennikov K.L., Kalinichenko O.A.* Astrometric CCD observations of visual double stars at the Pulkovo Observatory // *Astronomy Letters*. V 2010. 36. 349–354.
- Izmailov I.S., Roshchina E.A., Kiselev A.A., Kiseleva T.P., Kalinichenko O.A., Bykov O.P., Kiyayeva O.V., Romanenko L.G., Shakht N.A., Maslennikov K.L., Vasil'eva T.A.* Photographic observations of visual double stars at Pulkovo: Digitization, measurement, and calibration // *Astronomy Letters*. I 2016. 42. 41–54.
- Izmailov Igor, Rublevsky Aleksey, Apetyan Arina.* Astrometric observations of visual binaries using 26-inch refractor at Pulkovo Observatory during 2014-2019 // *Astronomische Nachrichten*. X 2020. 341, 8. 762–769.
- Josties F.J.* The Hertzprung multiple exposure technique and its application to 61 Cygni // *Current techniques in double and multiple star research Lowell Obs. Bull.* 1983. 167. 16–26.
- Kamper Carl W.* Astrometric Investigation of the  $\Sigma 2398$  System. // *AJ*. VIII 1966. 71. 389.
- Kiselev A.A., Kiyayeva O.V., Izmailov I.S., Romanenko L.G., Kalinichenko O.A., Vasil'kova O.O., Vasil'eva T.A., Shakht N.A., Gorshanov D.L., Roschina E.A.* Pulkovo catalog of relative positions and motions of visual double and multiple stars from photographic observations with the 26-inch refractor in 1960-2007 // *Astronomy Reports*. II 2014. 58. 78–97.
- Kiyayeva Olga V., Khovritchev Maxim Yu., Kulikova Agrippina M., Narizhnaya Natalya V., Vasilyeva Tatyana A., Apetyan Arina A.* Does ADS 9346 have a low-mass companion? // *Research in Astronomy and Astrophysics*. XII 2021. 21, 11. 291.
- Marcy Geoffrey W., Benitz Karsten J.* A Search for Substellar Companions to Low-Mass Stars // *ApJ*. IX 1989. 344. 441.
- Mason B.D., Wycoff G.L., Hartkopf W.I., Douglass G.G., Worley C.E.* The Washington Visual Double Star Catalog. III 2016. Washington: US Naval Observatory, VizieR Online Data Catalog. 0.
- Prieur J. L., Scardia M., Pansecchi L., Argyle R. W., Sala M.* Speckle observations with PISCO in Merate: XI. Astrometric measurements of visual binaries in 2010 // *MNRAS*. V 2012. 422, 2. 1057–1070.
- Sanford R. F.* Spectrographic orbits of the two components of Boss 5683. // *ApJ*. VI 1927. 65. 295–299.
- Shakht N. A., Gorshanov D. L., Vasilkova O. O.* Improved Orbit and Mass of the Binary Star 61 Cyg Based on Photographic Observations at Pulkovo // *Astrophysics*. XII 2017. 60, 4. 507–519.
- Strand K. Aa.* 61 Cygni as a Triple System // *PASP*. II 1943. 55, 322. 29–32.
- Tokovinin A., Balega Y. Y., Pluzhnik E. A., Shatsky N. I., Gorynya N. A., Weigelt G.* Fundamental parameters and origin of the very eccentric binary 41 Dra // *A&A*. X 2003. 409. 245–250.

- Tokovinin A., Kiyayeva O.* Eccentricity distribution of wide binaries // MNRAS. II 2016. 456, 2. 2070–2079.
- Tokovinin A. A.* New spectroscopic components in 8 multiple systems // A&AS. IV 1999. 136. 373–378.
- Tokovinin A. A., Smekhov M. G.* Statistics of spectroscopic sub-systems in visual multiple stars // A&A. I 2002. 382. 118–123.
- Tokovinin Andrei.* The Updated Multiple Star Catalog // ApJS. III 2018. 235, 1. 6.
- Zeller G.* Die Systemkonstanten der Doppel- und Mehrfachsterne  $\kappa$  Cephei (ADS 15600),  $\epsilon$  Equulei (ADS 14499) und  $\epsilon$  Hydrae (ADS 6993) // Annalen der K.K. Sternwarte Wien. I 1965. 26. 107–126.
- van Altena W.F., Lee J.T.-L., Hoffleit E.D.* The General Catalogue of Trigonometric Stellar Parallaxes: a Preliminary Version. 1991. Yale Univ. Obs., New Haven. 0.
- van Leeuwen F.* Validation of the new Hipparcos reduction // A&A. XI 2007. 474, 2. 653–664.
- Грошева Е.А.* Визуально-двойные звезды околополярной области по наблюдениям на 26-дюймовом рефракторе в Пулковке - канд.дисс. 2006. С.-Пб: Главн. астрон. обсерв. РАН. 116 стр.
- Дейч А.Н.* Новые данные о невидимых спутниках звезды 61 Лебеда // Письма в Астрон. Журн. 1978. 4, 2. 95–98.
- Измайлов И. С.* ОРБИТЫ 451 ШИРОКОЙ ВИЗУАЛЬНО-ДВОЙНОЙ ЗВЕЗДЫ // Письма в астрон. журн. 2019. 45. 35–44.
- Измайлов И.С., Шахт Н.А., Поляков Е.В., Горшанов Д.Л., Погодин М.А.* Новая орбита и оценка массы звезды 61 Сугни на основе ее наблюдений в 1819-2019 гг. // Астрофизика. 2021. 64. 181.
- Киселев А. А., Романенко Л. Г., Калиниченко О. А.* ДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ 12 ШИРОКИХ ВИЗУАЛЬНО-ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД // Астрон.журн. 2009а. 86. 148–157.
- Киселев А.А., Романенко Л.Г.* Динамическое исследование девяти широких визуально-двойных звёзд в солнечной окрестности // Астрон. журн. 1996. 73. 875.
- Киселев А.А., Романенко Л.Г.* Динамическое исследование широкой визуально-двойной звезды ADS 12815 (16 Суг) // Астрон. журн. 2011. 88. 530.
- Киселев А.А., Романенко Л.Г., Горыня Н.А.* Динамическое исследование широкой иерархической тройной звезды ADS 10288 // Астрон. журн. XII 2009b. 86. 1216.
- Киселев А.А., Романенко Л.Г., Измайлов И.С., Грошева Е.А.* Новые орбиты 9 визуально-двойных звезд, выведенные методом параметров видимого движения. // Известия ГАО в Пулковке. 2000. 214. 239–254.

- Киселев А.А., Романенко Л.Г., Шахт Н.А., Кияева О.В., Грошева Е.А., Измайлов И.С.* Динамическое исследование широких пар двойных звезд в окрестностях Солнца // Известия Главной астрономической обсерватории в Пулкове. Труды всероссийской астрометрической конференции «ПУЛКОВО – 2009». 2009с. 219. 135–478.
- Кияева О. В., Горыня Н. А., Измайлов И. С.* АСТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТРЕХ ЗВЕЗД С ВОЗМОЖНЫМИ НЕВИДИМЫМИ СПУТНИКАМИ НА ОСНОВЕ ОДНОРОДНЫХ РЯДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В ПУЛКОВЕ НА 26-ДЮЙМОВОМ РЕФРАКТОРЕ // Письма в Астрон.журн. 2010. 36. 216–231.
- Кияева О.В., Горыня Н.А.* Орбита близкой визуально-двойной звезды GJ 767 // Письма в Астрон. журн. 2015. 41. 455–463.
- Кияева О.В., Киселев А.А., Романенко Л.Г., Калинин О.А., Васильева Т.А.* Точные относительные положения и движения малоисследованных двойных звёзд // Астрон. журн. XII 2012. 89. 1045.
- Кияева О.В., Романенко Л.Г.* Первые орбиты шести широких двойных звезд в окрестности Солнца на основе наблюдений Gaia DR2 // Письма в Астрон. журн. 2020. 46. 590–606.
- Кияева О.В., Романенко Л.Г., Жучков Р.Я.* Новые орбиты широких визуально-двойных звезд // Письма в Астрономический журнал. 2017. 43. 354–369.
- Романенко Л.Г.* 17 Лебедя ABFG: динамическое исследование // Астрон. журн. 2017. 94. 224–239.
- Романенко Л.Г.* Улучшение орбит 5 широких визуально-двойных звезд пулковской программы исследований. // Известия Главной астрономической обсерватории в Пулкове. Труды всероссийской астрометрической конференции «ПУЛКОВО – 2018». 2018. 225. 241–246.
- Романенко Л.Г., Измайлов И.С.* Улучшение орбит четырех визуально-двойных звезд с использованием данных Gaia DR2 и наблюдений 26-дюймового рефрактора Пулковской обсерватории // Астрон. журн. X 2021. 98. 239–254.
- Романенко Л.Г., Киселев А.А.* Орбиты четырех визуально-двойных звезд, полученные по короткой дуге. // Астрон.журн. 2014. 91. 47–56.
- Романенко Л.Г., Ченцов Е.Л.* Определение относительных лучевых скоростей компонентов визуально-двойных звёзд по наблюдениям на 6-метровом телескопе // Астрон. журн. 1994. 71. 278.
- Токовинин А. А.* Измеритель лучевых скоростей звезд // Астрон.журн. 1987. 64. 196–201.
- Токовинин А. А.* Лучевые скорости широких визуально-двойных звезд // Астрон.журн. 1994. 71. 293–296.
- Токовинин А.А.* Каталог измерений лучевых скоростей звезд. Каталог собственных движений. 1990. М.: Изд.МГУ. 92 стр.

*Шахт Н.А.* Фотографические измерения ADS 11632, двойной звезды с возможным невидимым компаньоном // Письма в астрон. журн. X 1984. 10. 765.

*Шахт Н.А., Киселев А.А., Поляков Е.В., Грошева Е.А., Рафальский В.Б.* Сравнение автоматических и визуальных измерений двойной звезды ADS 11632 // Семинар Лаб. фотометрии ГАО РАН. Препринт ГАО РАН. 1999. 16. 1–17.