

# ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ ЧЕТВЕРНАЯ ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СИСТЕМА 17 ЛЕБЕДЯ ГРАВИТАЦИОННО СВЯЗАННОЙ?

■ Л.Г.Романенко

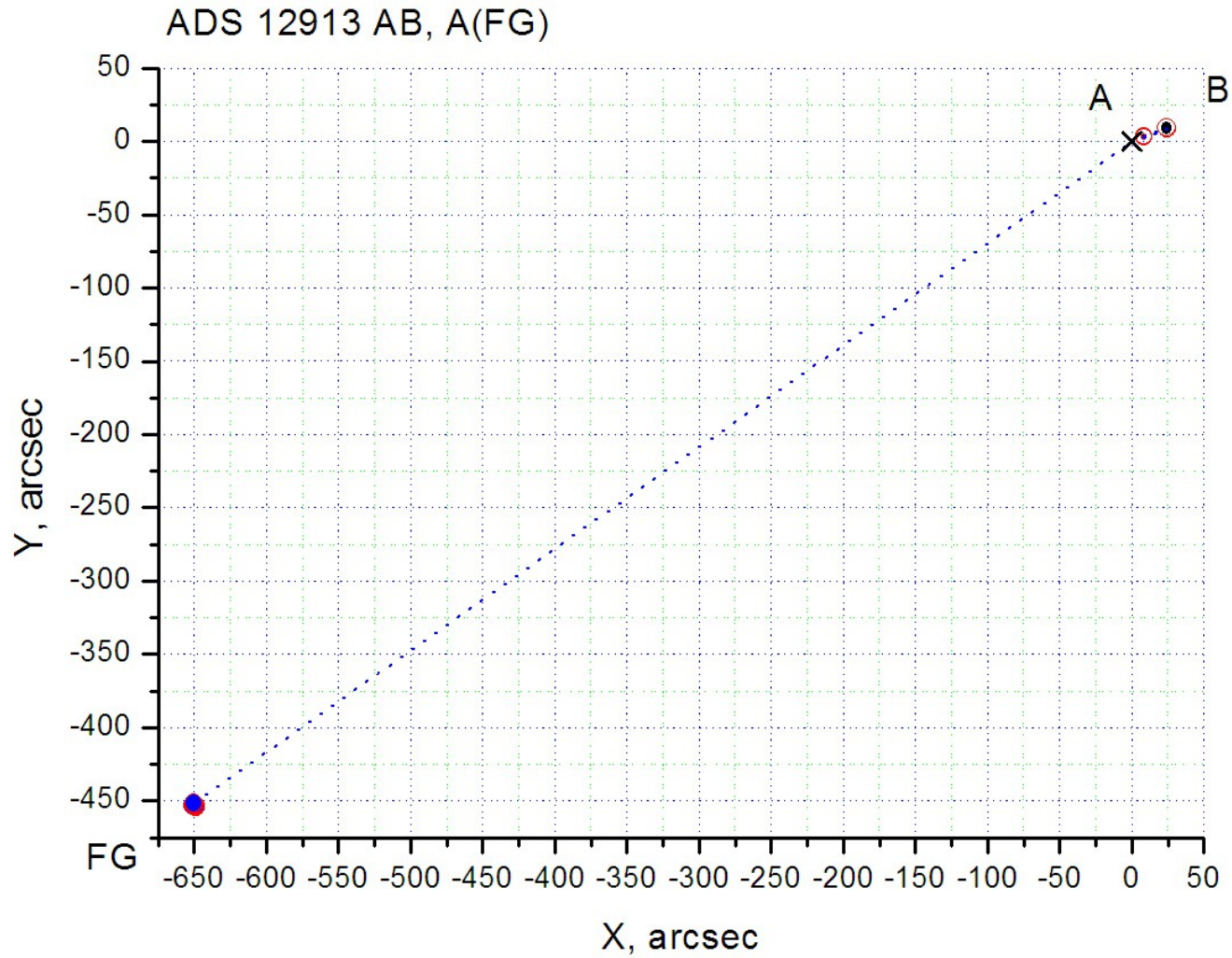
■ *Главная (Пулковская) астрономическая  
обсерватория Российской Академии Наук*

■ *Санкт-Петербург, Россия*

■ *e-mail: lrom@gao.spb.ru*

- Наблюдения визуально-двойных звезд продолжают традиционные для Пулкова исследования в области звездной астрономии.
- В настоящее время Пулковская программа исследований двойных и кратных звезд включает 420 объектов, получено около 50 орбит, причем 40 орбит — впервые, исследования продолжаются.
- Многие двойные звезды нашей программы имеют наблюдения В.Я.Струве — первого директора Пулковской обсерватории.
- Полученные В.Я.Струве результаты для обеих пар (ADS 12913, ADS 12889) используются в настоящей работе наряду с данными современных наблюдений.

# 17 Cyg ABFG.



## Примечания к рис.1:

- Исследуемый объект 17 Суг состоит из двух визуально-двойных звезд: широкой пары  $AB = ADS\ 12913$  ( $\varrho \sim 26''$ ) и тесной слабой пары  $FG = ADS\ 12889$  ( $\varrho \sim 2.8''$ ). Обе пары открыты В.Я. Струве, имеют номера в каталогах Айткена и Глизе.
- Обозначение  $FG$  для тесной пары появилось недавно в «Вашингтонском каталоге двойных звезд» (WDS). Этим обозначением мы и воспользуемся в данной работе. Остальные компоненты  $C$ ,  $D$  и  $E$  в каталоге WDS комментируются, как оптические.
- Угловое расстояние между парами  $AB$  и  $FG$  около  $800''$  (иерархическая система?).

# Таблица 1. Общие данные о компонентах исследуемой кратной звезды 17 Cygni.

$$\pi_{\text{Hip}} = 0.0471'' \pm 0.0003$$

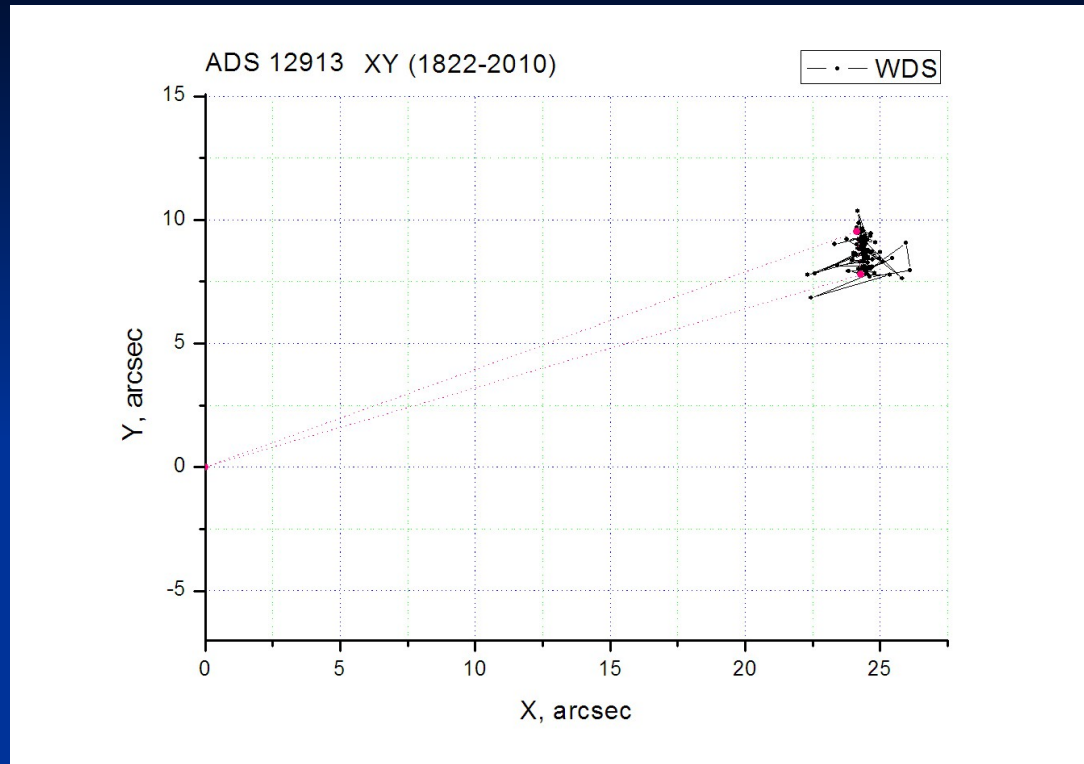
| Comp | $m_V$ | Sp   | Mass | Vr   | $\mu_x$ | $\mu_y$ | ADS       |
|------|-------|------|------|------|---------|---------|-----------|
|      | $1^m$ |      |      | km/s | mas/yr  | mas/yr  | (GL)      |
| A    | 5.0   | F7 V | 1.21 | +4.2 | +023    | -449    | 12913 A   |
| B    | 8.6   | K6 V | 0.65 | +4.8 | +019    | -447    | (767.1) B |
| F    | 8.4   | K3 V | 0.73 | +4.1 | } +042  | -465    | 12889 A   |
| G    | 8.5   | K3 V | 0.73 | +4.7 |         |         | (765.4) B |

С одной стороны, собственные движения компонент A, B и F (как и лучевые скорости) близки между собой, с другой стороны, разности их величин превосходят ошибки наблюдений. Т.о., физическая связь между парами AB и FG остается под сомнением.



- Исследуемый объект, а именно – яркая компонента А (5m) плюс тесная пара FG (8m-8m), очень труден для фотографических наблюдений.
- Попытки получить нормальные изображения всех 4-х компонент на одну пластинку 26" рефрактора в Пулково оказались не очень удачными (получено только два нормальных места 1995 и 2005гг.).
- В этом году И.С.Измайловым нам переданы результаты ПЗС-наблюдений обеих пар (АВ и FG) за 2003-2013гг. Кроме того, И.С.Измайлов передал нам ПЗС-кадры за 2007-2013гг. и предложил их измерить и обработать относительно опорных звезд с целью определения относительных положений широкой пары АF.
- Полученные результаты ПЗС-наблюдений и стали основой нашего исследования.

# Позиционные наблюдения пары АВ.



Примечания к рис2: Вся видимая дуга орбиты пары АВ за указанный период составляет  $4^\circ$ . В условиях такой короткой дуги классические методы определения орбит не работают. Поэтому мы воспользовались методом А.А.Киселева — методом параметров видимого движения (ПВД).

Таблица 2. Параметры видимого (относительного) движения в исследуемых парах.

| ■ Пара  | $T_0$ | $\varrho$            | $\theta$            | $\mu$            | $\psi$            | $\Delta\theta$ |
|---------|-------|----------------------|---------------------|------------------|-------------------|----------------|
|         | n     | $\varepsilon\varrho$ | $\varepsilon\theta$ | $\varepsilon\mu$ | $\varepsilon\psi$ | Series         |
| ■ АВ    | 1992  | 26.067               | 68.780              | 0.0096           | 349.8             | 4.1            |
|         | 57    | $\pm 0.002$          | $\pm 0.008$         | $\pm 0.0001$     | $\pm 0.4$         | SCCD           |
| ■ FG    | 2008  | 2.893                | 160.033             | 0.0325           | 112.3             | 4.8            |
|         | 76    | $\pm 0.002$          | $\pm 0.013$         | $\pm 0.0004$     | $\pm 0.8$         | CCD            |
| ■ АВ-FG | 1992  | 801.211              | 235.251             | 0.0051           | 285.4             | 0.1            |
|         | 18    | $\pm 0.079$          | $\pm 0.014$         | $\pm 0.0038$     | $\pm 37.9$        | WCCD           |



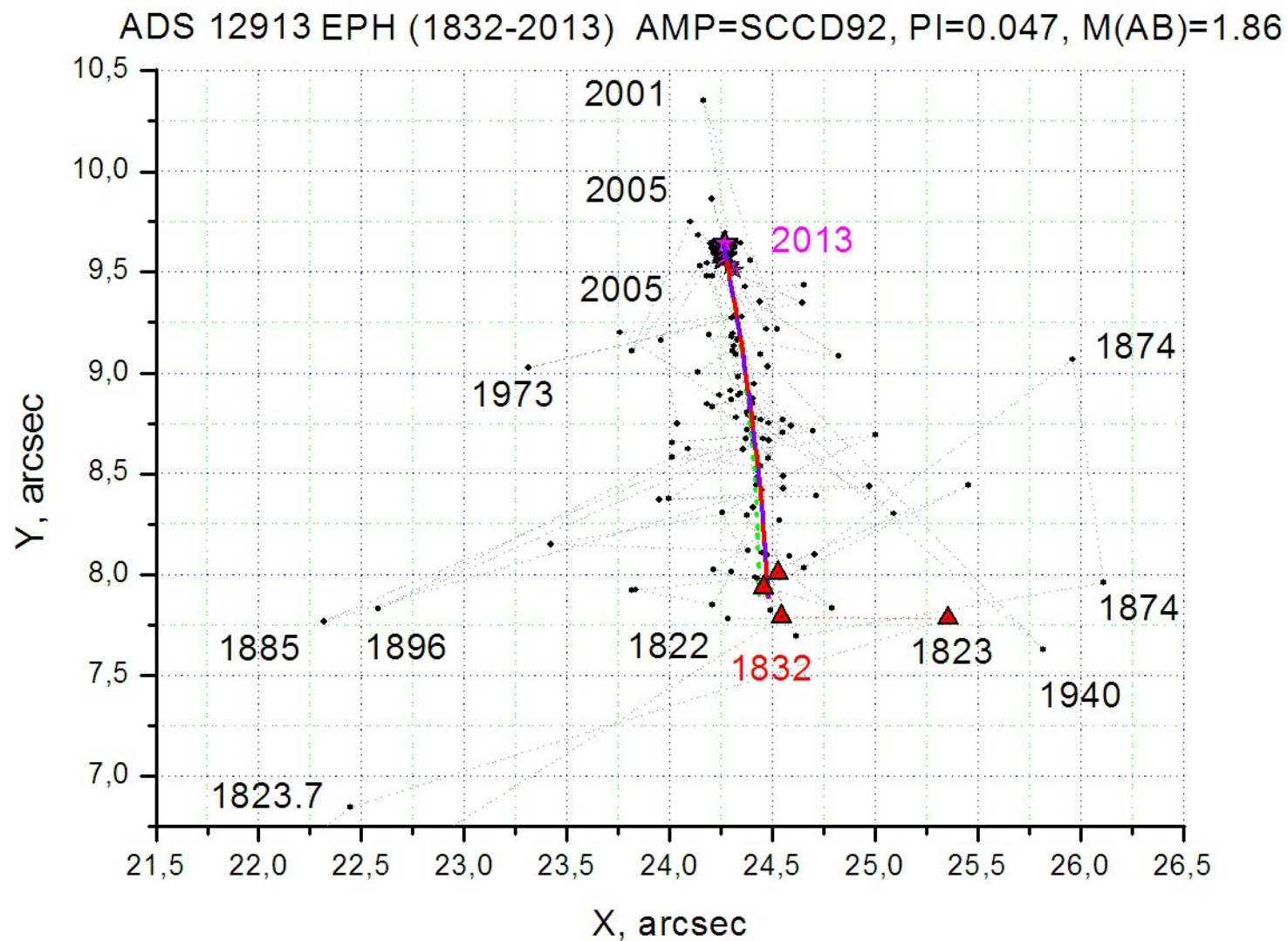
## Примечания к таблице 2:

В «Вашингтонском каталоге двойных звезд (WDS)» представлены 136 позиционных наблюдений яркой пары АВ, 456 наблюдений тесной пары FG и 11 наблюдений широкой пары AF за последние 200 лет.

Для получения параметров видимого движения пары FG оказались достаточными результаты пулковских ПЗС-наблюдений. Для пары АВ мы добавили только самые надежные наблюдения XIX в. - наблюдения В.Я.Струве. Для пары AF пришлось использовать все данные каталога WDS плюс результаты пулковских ПЗС-наблюдений. Получение параметров видимого движения внешней пары АВ-FG мы рассмотрим позднее. Т.о. ошибки указанных параметров оказались на хорошем уровне (для внутренних пар АВ и FG).

Параметр  $\Delta\theta$  характеризует величину видимой дуги орбиты и составляет  $4^\circ$  для АВ,  $\sim 5^\circ$  для FG,  $0.1^\circ$  для АВ-FG.

# Позиционные наблюдения и ПВД-орбиты пары АВ.

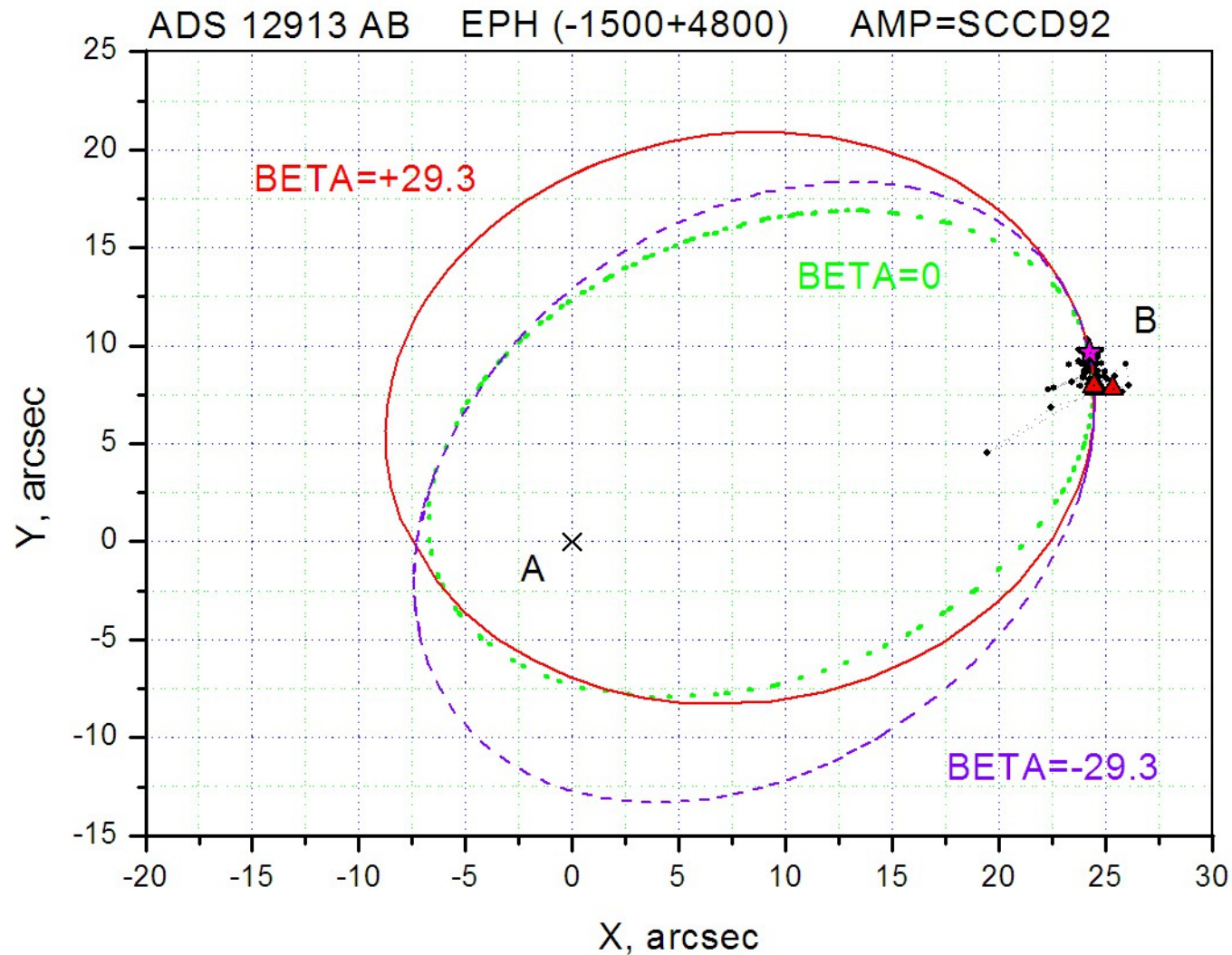


## Примечания к рис.3:

Обозначения: позиционные наблюдения по данным WDS показаны точками, визуальные наблюдения В.Я. Струве – треугольниками, ПЗС-наблюдения на 26" рефракторе Пулковской обсерватории – звездочками. Линиями обозначены эфемериды ПВД-орбит за период 1822-2013гг.: пунктирная (зеленая) соответствует минимально-возможной орбите ( $\beta_{\min} = 0^\circ$ ), штриховые (красная и фиолетовая) – средним ( $\beta_{\text{mdl}} = \pm 29^\circ$ , они совпадают), тонкие – максимально-возможным орбитам ( $\beta_{\max} = \pm 78^\circ$ , они тоже совпадают). Здесь  $\beta$  – угол наклона вектора АВ к картинной плоскости на средний момент  $T_0$ ,  $\beta_{\text{mdl}}$  – среднее значение угла  $\beta$  при условии, что он лежит в интервале от 0 до  $\beta_{\max}$  (для семейства ПВД-орбит). Опираясь на самые далекие по времени, но самые надежные наблюдения XIX века – наблюдения В.Я.Струве, мы считаем наиболее вероятными две орбиты при  $\beta_{\text{mdl}} = \pm 29^\circ$ .



# Семейство ПВД-орбит ADS 12913 AB.

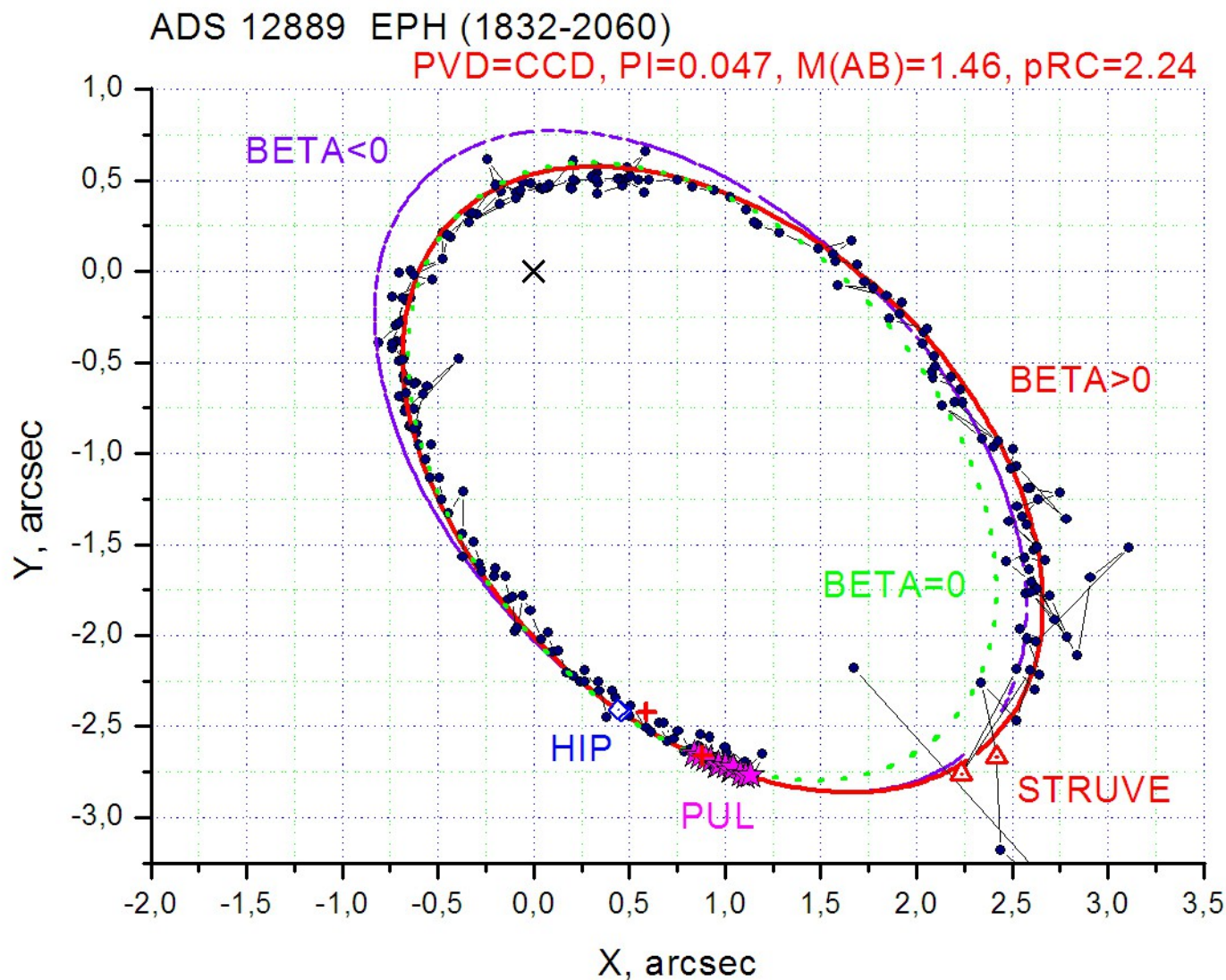


## Примечания к рис.4:

На этом слайде мы приводим 3 варианта из семейства возможных ПВД-орбит для пары АВ: зеленая соответствует минимально-возможной орбите ( $\beta_{\min} = 0^\circ$ ), красная – среднему значению  $\beta_{\text{mdl}} = + 29^\circ$  и фиолетовая – среднему значению  $\beta_{\text{mdl}} = - 29^\circ$ . На отнаблюдаемой за 191 год дуге все орбиты семейства практически совпадают.



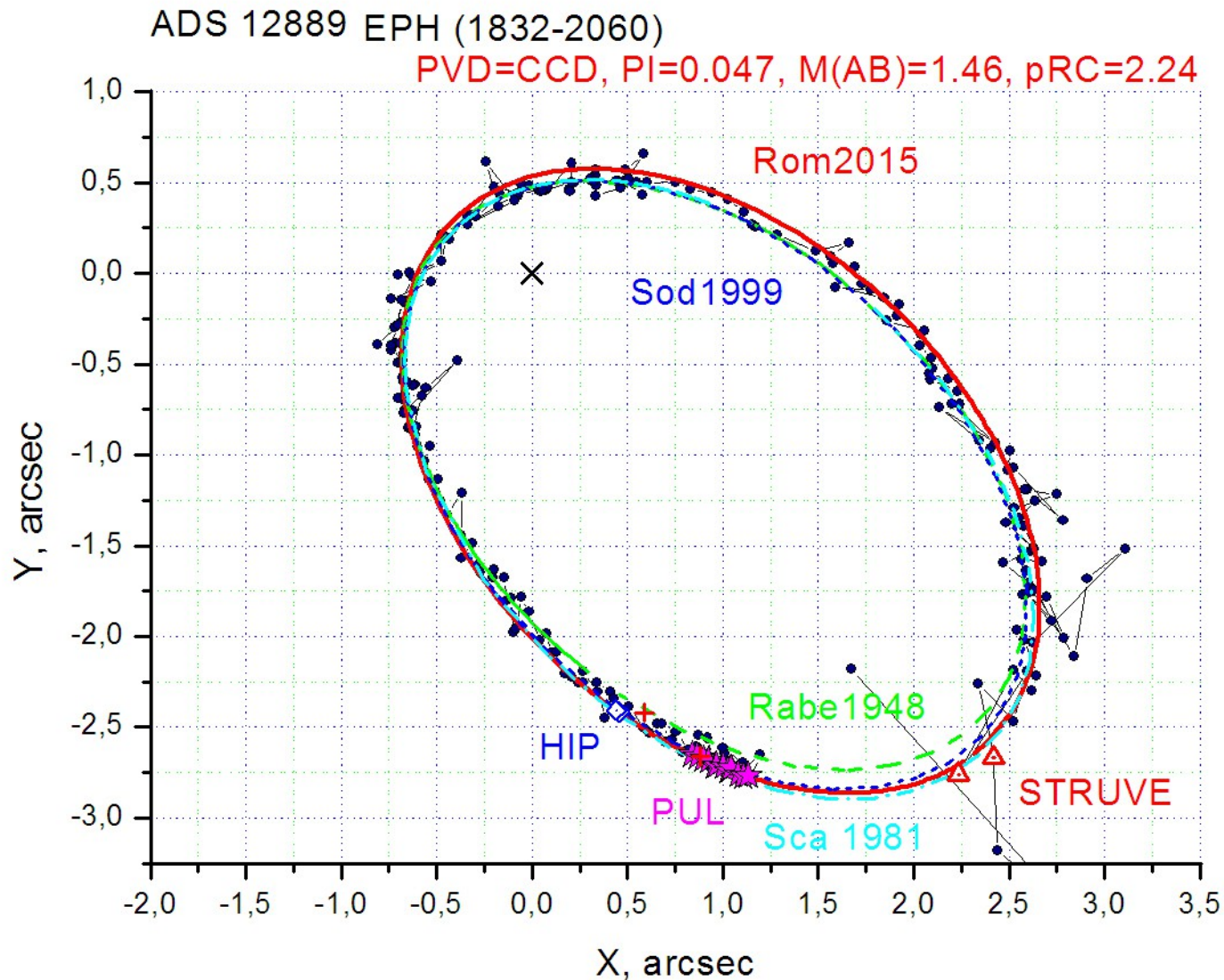
# Семейство ПВД-орбит ADS 12889 (пары FG)



## Примечания к рис.5:

Аналогичное семейство орбит для пары FG представлено на рис.5. Очевидно, что орбиты, соответствующие  $\beta_{\min} = 0^\circ$  (зеленая) и  $\beta = -16^\circ$  (фиолетовая) не удовлетворяют большинству наблюдений. Хорошо описывает все наблюдения только орбита при  $\beta = +16^\circ$  (красная). Напоминаем, что это семейство орбит определено по короткой дуге порядка  $5^\circ$ , охватывающей только Пулковские ПЗС-наблюдения за 11 лет.

# Сравнение орбит ADS 12889 (пары FG).



## Примечания к рис.6:

На рисунке проведено сравнение нашей ПВД-орбиты (красного цвета) с орбитами других авторов: Рабе (зеленая), Скардиа (голубая) и Содерхельма (синяя). Все орбиты хорошо согласуются между собой и удовлетворяют всем наблюдениям.



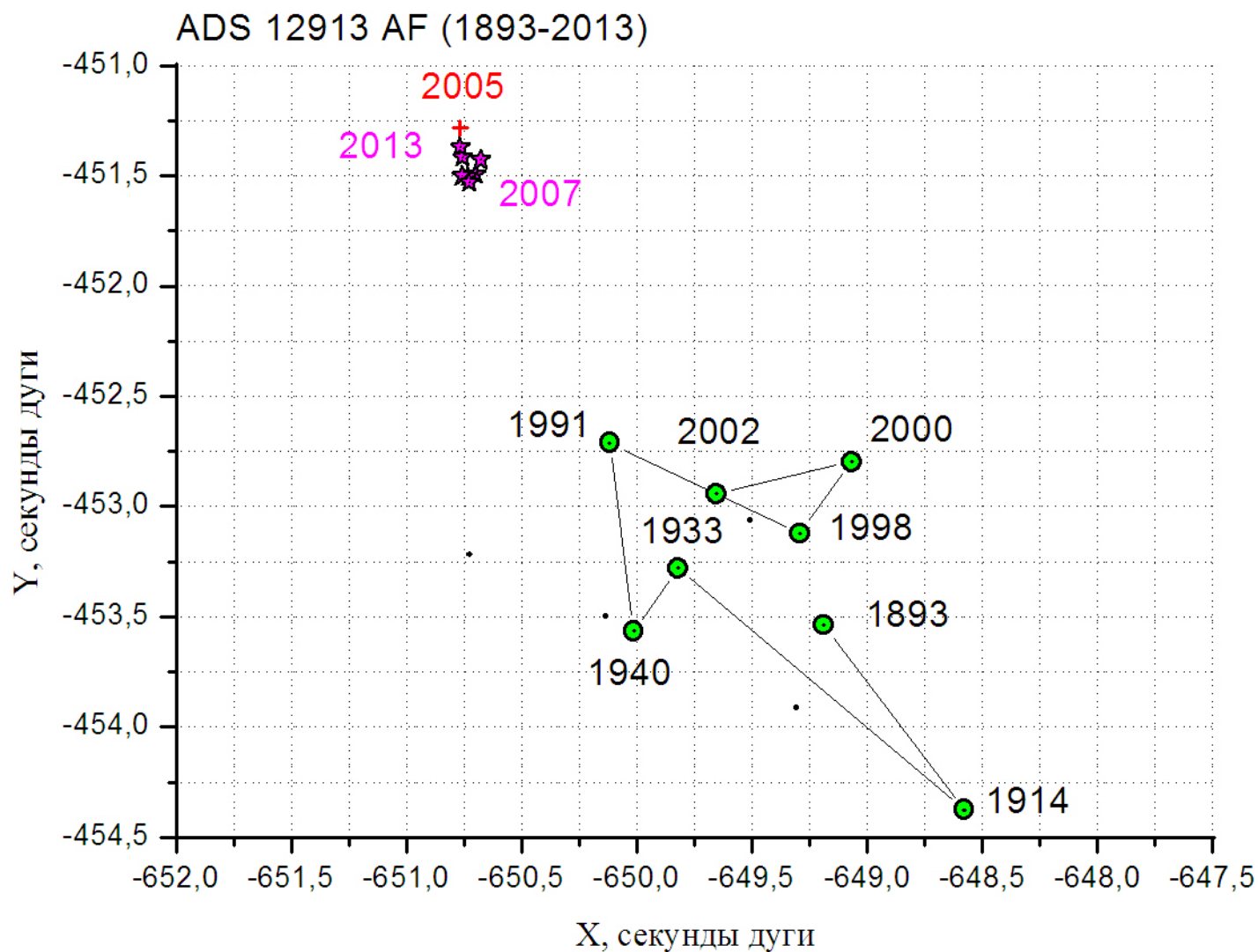
Табл.3. Сравнение орбит исследуемых пар.

| ■    | a                                          | P         | e          | $\omega$   | i       | $\Omega$ | ТП         | Author (Pole) |
|------|--------------------------------------------|-----------|------------|------------|---------|----------|------------|---------------|
| NAME | Пара АВ (ADS 12913) $M_{\text{асса}}=1.86$ |           |            |            |         |          |            |               |
|      | 19.55"                                     | 6202      | 0.62       | 252        | 144     | 119      | -241       | Romanenko     |
|      | $\pm 1.44$                                 | $\pm 696$ | $\pm 0.05$ | $\pm 8$    | $\pm 6$ | $\pm 17$ | $\pm 65$   | (l=33, b=+03) |
|      | 19.55"                                     | 6202      | 0.53       | 128        | 139     | 29       | 4869       | Romanenko     |
|      | $\pm 1.44$                                 | $\pm 696$ | $\pm 0.09$ | $\pm 5$    | $\pm 6$ | $\pm 12$ | $\pm 4040$ | (l=69, b=-37) |
| NAME | Пара FG (ADS 12889) $M_{\text{асса}}=1.46$ |           |            |            |         |          |            |               |
|      | 2.05                                       | 238       | 0.75       | 316        | 162     | 276      | 1946       | Romanenko     |
|      | $\pm 0.10$                                 | $\pm 19$  | $\pm 0.02$ | $\pm 17$   | $\pm 8$ | $\pm 18$ | $\pm 5$    | (l=85, b=+11) |
|      | 2.09                                       | 239       | 0.77       | (307)      | 158     | (270)    | 1945       | Scardia       |
|      | 2.00                                       | 232       | 0.77       | (308)(156) | (271)   | 1945     | Soderhjelm |               |

## Примечания к таблице 3:

- В табл.3 мы приводим элементы орбит исследуемых пар: две равновероятные ПВД-орбиты для пары АВ с периодом 6200 лет и однозначно-определенную ПВД-орбиту для пары FG с периодом 238 лет, хорошо согласующуюся с результатами других авторов.
- В последнем столбце таблицы даны  $l$  и  $b$  – галактические долгота и широта направления на полюс орбиты. Как видно из таблицы, орбиты как пары АВ, так и пары FG круто наклонены к плоскости Галактики ( $|b| < 40^\circ$ ).

# Позиционные наблюдения пары АФ.



## Примечания к рис.7:

- Рис.7. На этом графике зелеными кружками показаны данные из WDS, красным крестиком — фотографические наблюдения в Пулкове, сиреневыми звездочками — пулковские ПЗС-наблюдения.
- Очевидно, что здесь отражается как движение компоненты А относительно компоненты В, так и движение компоненты F относительно компоненты G.



# Исследование динамики внешней пары АВ-FG

- Обозначим через  $O_1$  - центр масс внутренней пары АВ, а через  $O_2$  - центр масс пары FG.
- В каталоге WDS приведено 11 положений пары AF за 1893-2002гг. Кроме того, мы получили еще 7 положений по пулковским ПЗС-кадрам за 2007-2013гг. На эти моменты времени мы вычислили эфемериды для пар АВ и FG с использованием их ПВД-орбит.
- Зная массы компонент, можно получить координаты как центра тяжести  $O_1$  относительно компоненты А, так и центра тяжести  $O_2$  относительно компоненты F.
- Несложные вычисления дают положения центра тяжести  $O_2$  относительно центра тяжести  $O_1$ .

# Прямоугольные координаты пары O1-O2 вычисляются по следующим формулам:

$$\begin{cases} x_{O_1O_2} = x_{AF} - x_{AO_1} + x_{FO_2} \\ y_{O_1O_2} = y_{AF} - y_{AO_1} + y_{FO_2} \end{cases}$$

, где

$$x_{AO_1} = x_{AB} \cdot \frac{M_B}{M_A + M_B}$$

$$x_{FO_2} = x_{FG} \cdot \frac{M_G}{M_F + M_G}$$

$$y_{AO_1} = y_{AB} \cdot \frac{M_B}{M_A + M_B}$$

$$y_{FO_2} = y_{FG} \cdot \frac{M_G}{M_F + M_G}$$

М - масса компоненты в единицах массы Солнца.  
Затем переходим к полярным координатам ( $\varrho, \theta$ ).

# Эфемеридное движение пары АВ.

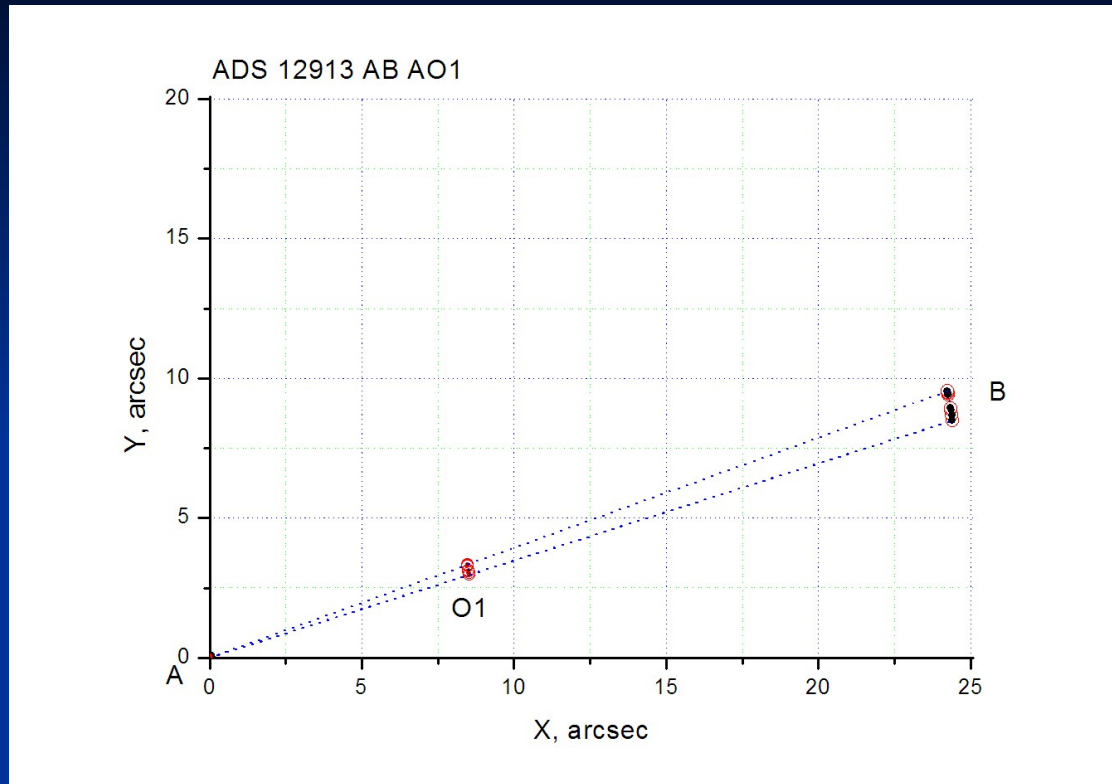
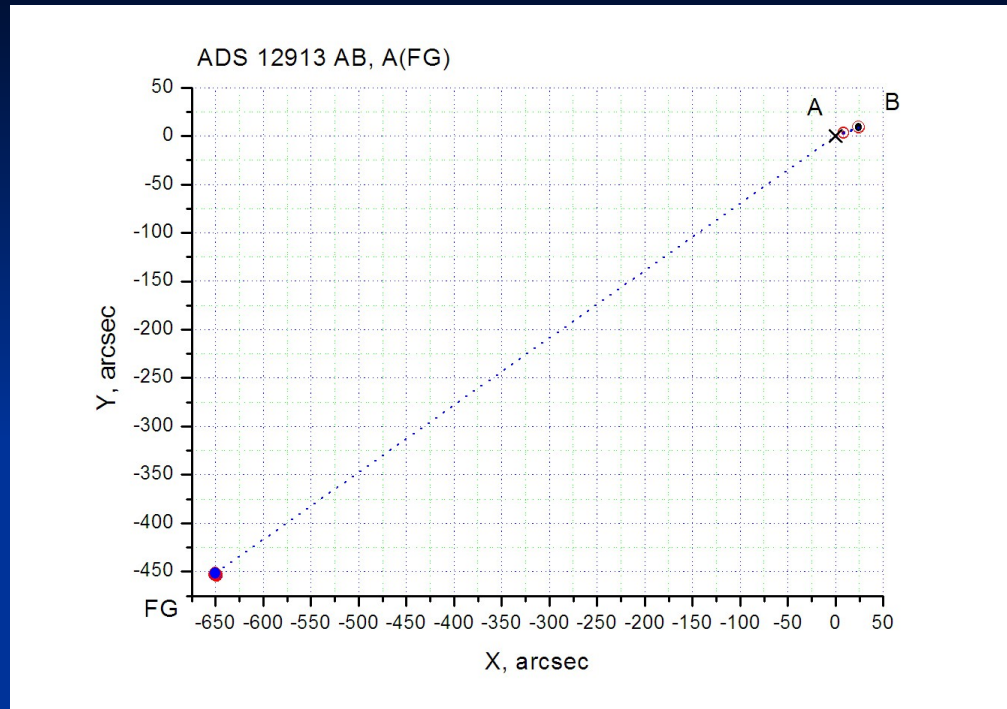


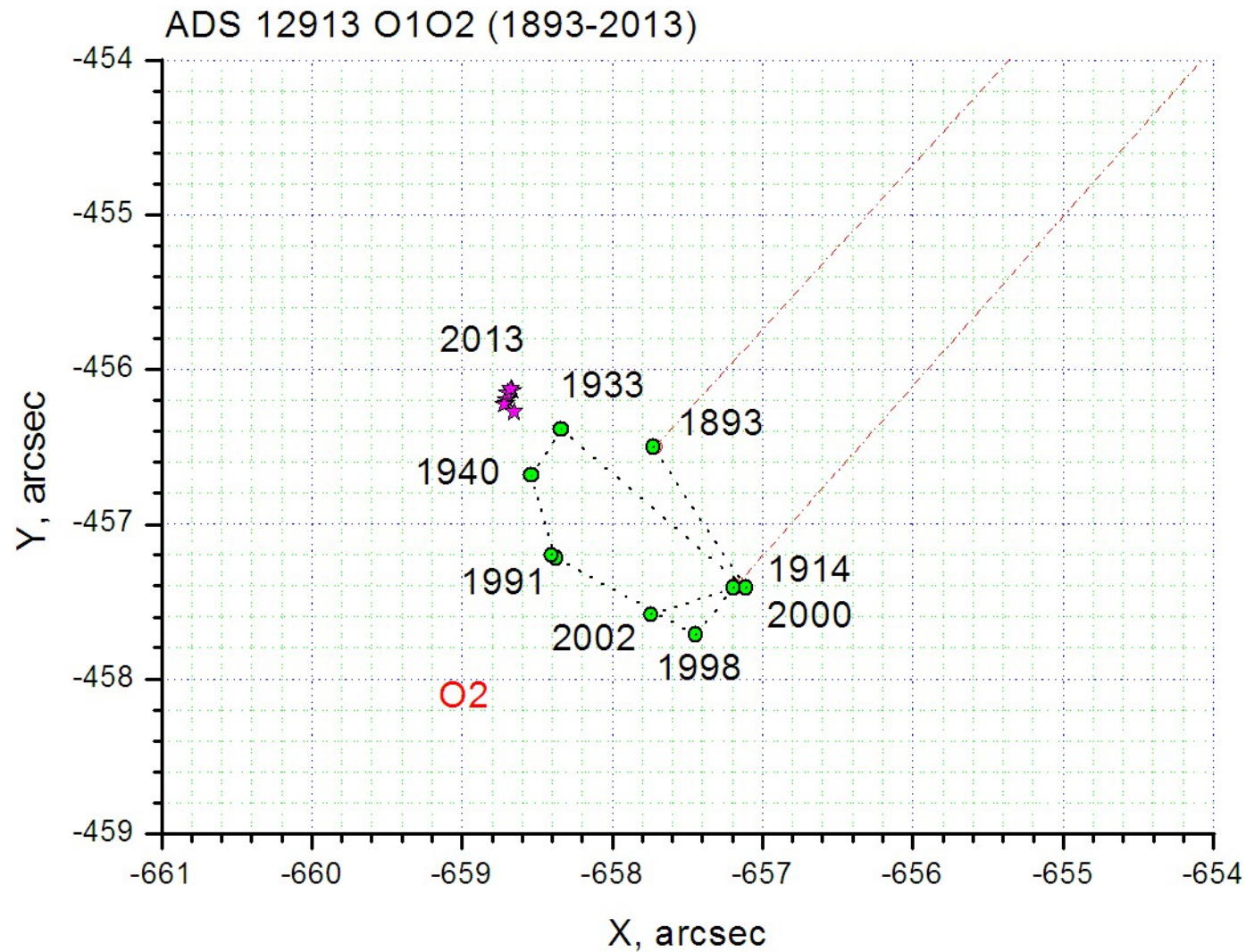
Рис.8 демонстрирует эфемеридное движение компоненты В и центра масс О1 (снизу вверх) относительно компоненты А согласно двум полученным ПВД-орбитам (они совпадают на интервале 1893 – 2013гг.).

# Эфемеридное движение пары FG.



■ Рис.9: Движение пары FG (и центра масс O2) относительно компоненты A за период 1893 – 2013гг. В масштабе рис.9 положения компоненты B и центра масс O1 сливаются в соответствующую точку. Положения центра масс O2 относительно компоненты A также сливаются в одну точку на этом же интервале (получаем смазанный кружок).

# Движение центра масс O2 относительно O1.





## Примечания к рис.10:

- Рисунок показывает крупным планом полученное нами движение центра масс  $O_2$  относительно центра масс  $O_1$ .
- Видимые колебания в этом движении порядка  $1.6''$  за 120 лет мы считаем кажущимися и объясняем их ошибками наблюдений.
- Используя все имеющиеся 18 наблюдений, показанных на рис.10, мы оценили параметры видимого движения внешней пары  $O_1O_2 = AB-FG$  (см. табл.2) и ее минимально-возможную динамическую массу  $M_{dyn} = 2.5 \pm 3.8$  массы Солнца.

Таблица 2. Параметры видимого (относительного) движения в исследуемых парах.

| ■ Пара  | $T_0$ | $\varrho$            | $\theta$            | $\mu$            | $\psi$            | $\Delta\theta$ |
|---------|-------|----------------------|---------------------|------------------|-------------------|----------------|
|         | n     | $\varepsilon\varrho$ | $\varepsilon\theta$ | $\varepsilon\mu$ | $\varepsilon\psi$ | Series         |
| ■ АВ    | 1992  | 26.067               | 68.780              | 0.0096           | 349.8             | 4.1            |
|         | 57    | $\pm 0.002$          | $\pm 0.008$         | $\pm 0.0001$     | $\pm 0.4$         | SCCD           |
| ■ FG    | 2008  | 2.893                | 160.033             | 0.0325           | 112.3             | 4.8            |
|         | 76    | $\pm 0.002$          | $\pm 0.013$         | $\pm 0.0004$     | $\pm 0.8$         | CCD            |
| ■ АВ-FG | 1992  | 801.211              | 235.251             | 0.0051           | 285.4             | 0.1            |
|         | 18    | $\pm 0.079$          | $\pm 0.014$         | $\pm 0.0038$     | $\pm 37.9$        | WCCD           |

Табл.4. Семейство орбит внешней пары АВ-FG.

| NAME     | Пара АВ-FG | Масса=1.86+1.46=3.32 |          |    |          |         |            |
|----------|------------|----------------------|----------|----|----------|---------|------------|
| ■ a      | P          | e                    | $\omega$ | i  | $\Omega$ | ТП      | Pole (l,b) |
| $\infty$ | $\infty$   | 1.00                 | 68       | 49 | 103      | -10357  | (297, -16) |
| 2200"    | 5500000    | 0.77                 | 48       | 26 | 99       | -158763 | (274, -13) |
| 1700     | 3700000    | 0.76                 | 83       | 4  | 55       | -151294 | (251,-08)  |
| 2200     | 5500000    | 0.79                 | 209      | 22 | 294      | -159131 | (227, -02) |
| $\infty$ | $\infty$   | 1.00                 | 234      | 46 | 289      | -13725  | (203,+05)  |

## Примечания к табл.4:

- Методом ПВД мы получили семейство возможных орбит внешней пары с периодами от 3.7 млн. лет, сильно вытянутых (эксцентриситеты от 0.76).
- Отметим, что все орбиты семейства круто наклонены к плоскости Галактики ( $|b| < 20^\circ$ ).
- Очевидно, что орбита столь широкой пары будет неустойчивой в поле Галактики.

# Исследование динамики внешней пары АВ-FG

- Для исследования вероятности физической связи в исследуемой внешней паре мы применили метод Монте-Карло.
- Исходные данные ( $\rho$ ,  $\mu$ ,  $\pi$ ,  $M$  и  $\Delta V_r$ ) варьировались в пределах их ошибок, было проведено 10000 испытаний и получено распределение энергии относительного движения АВ-FG.
- Оказалось, что вероятность физической связи пар АВ и FG составляет 47%. Даже если исходную сумму масс увеличить вдвое, то эта вероятность составит только 73%.



# Исследование динамики внешней пары АВ-FG

- В рамках динамического исследования 17 Суг были измерены ПЗС-кадры наблюдений на 26-дюймовом рефракторе ГАО РАН за 2007-2013гг. (30 серий пары АВ, 42 серии пары FG). В связи с тем, что размер матрицы не позволяет наблюдать всю четверную систему целиком, были проведены измерения компонент относительно опорных звезд. Использована программа обработки izmssd.
- Методом наименьших квадратов вычислены точные положения всех компонент системы и их собственные движения на средний момент 2010.73. Собственные движения, полученные для компонент А и В согласуются с данными каталога UCAC4, отдельные результаты для компонент F и G выведены впервые.

Таблица 5. Собственные движения  
компонент 17 Сугні по ПЗС-наблюдениям  
(2007-2013гг.) на 26-дюймовом рефракторе  
Пулковской обсерватории и данные UCAC4.

|   | n  | $\mu_x$ obs | $\mu_y$ obs | $\mu_x$ cat | $\mu_y$ cat | ADS       |
|---|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
|   |    | mas/yr      | mas/yr      | mas/yr      | mas/yr      | (GL)      |
| A | 30 | +009        | -447        | +023        | -449        | 12913 A   |
| B | 30 | +014        | -436        | +019        | -447        | (767.1) B |
| F | 42 | +008        | -437        | } +042      | -465        | 12889 A   |
| G | 42 | +034        | -449        |             | 33          | (765.4) B |

Таблица 6. Собственные движения  
компонент 17 Сугні по ПЗС-наблюдениям  
(2007-2013гг.) на 26-дюймовом рефракторе  
Пулковской обсерватории и данные CNS3.

|   | n  | $\mu_x$ obs | $\mu_y$ obs | $V_r$ | U     | V    | W    |
|---|----|-------------|-------------|-------|-------|------|------|
|   |    | mas/yr      | mas/yr      | km/s  | km/s  | km/s | km/s |
| A | 30 | +009        | -447        | +4.2  | +40   | -9   | -24  |
| B | 30 | +014        | -436        | +4.8  | +39   | -8   | -25  |
| F | 42 | +008        | -437        | +4.1  | } +39 | -8   | -24  |
| G | 42 | +034        | -449        | +4.7  |       |      |      |
|   |    |             |             |       |       | 34   |      |

## Примечания к табл.6:

- Сходство собственных движений и лучевых скоростей всех компонент может свидетельствовать о принадлежности одному звездному потоку. Этот вывод подтверждают данные каталога Глизе (1991) - CNS3.
- В табл.7 мы приводим данные каталога CNS3 для звезд с близкими 17 Суг пространственными скоростями  $U$ ,  $V$  и  $W$ .

# Таблица 7. Данные каталога CNS3.

| N    | Name      | alpha<br>(1950.0) | delta    | mV    | pi_tr spi  | U  | V   | W   |          |
|------|-----------|-------------------|----------|-------|------------|----|-----|-----|----------|
| 178  | G1 42.1   | 00 52 19          | +23 49.9 | 7.38  | 0494 188   | 35 | -4  | -15 |          |
| 559  | G1 125    | 03 06 09          | +45 32.9 | 10.15 | 0767 114   | 32 | -8  | -22 |          |
| 1060 | NN        | 06 36 56          | +28 38.2 | 11.93 | (046 22 r) | 45 | -15 | -15 |          |
| 1134 | G1 266    | 07 04 32          | +03 31.8 | 9.84  | 0423 103   | 38 | -14 | -21 |          |
| 1488 | G1 343.1  | 09 24 20          | +39 43.5 | 9.84  | (044 06 r) | 45 | -12 | -22 |          |
| 1587 | G1 379 A  | 10 06 24          | +75 23.0 | 10.18 | 0542 075   | 45 | -2  | -28 |          |
| 1624 | G1 389 A  | 10 20 37          | -59 55.1 | 10.72 | 0550 071   | 50 | -11 | -17 |          |
| 2198 | G1 532    | 13 50 01          | +50 11.9 | 8.90  | 0686 070   | 31 | -3  | -35 |          |
| 2367 | G1 570 A  | 14 54 32          | -21 11.5 | 5.75  | 1742 060   | 50 | -22 | -31 |          |
| 2368 | G1 570 B  | 14 54 31          | -21 11.3 | 8.00  | 1742 060   | 43 | -20 | -29 |          |
| 2622 | G1 632.1  | 16 34 52          | +31 12.2 | 9.49  | 0605 107   | 36 | 0   | -22 |          |
| 2786 | G1 684 A  | 17 34 28          | +61 54.8 | 5.34  | 0679 058   | 36 | -5  | -22 |          |
| 3003 | Wo 9643   | 19 03 49          | -27 44.7 | 3.32  | 0431 102   | 46 | -20 | -17 |          |
| 3098 | G1 765.4A | 19 43 39          | +33 29.1 | 8.35  | 0439 039   | 39 | -8  | -24 | 17 CygFG |
| 3105 | G1 767.1A | 19 44 32          | +33 36.6 | 4.99  | 0444 025   | 40 | -9  | -24 | 17 Cyg A |
| 3106 | G1 767.1B | 19 44 34          | +33 36.8 | 8.56  | 0444 025   | 39 | -8  | -25 | 17 Cyg B |
| 3744 | Wo 9835   | 23 39 38          | -02 50.9 | 10.32 | (043 08 r) | 44 | -11 | -32 |          |



# Заключение 1

- Методом ПВД получены орбиты двух визуально-двойных звезд: ADS 12913 (GL 767.1) и ADS 12889 (GL 765.4) с периодами обращения 6200 и 238 лет соответственно. Проведено сравнение новой орбиты ADS 12889 (пары FG) с орбитами других авторов, орбиты ADS 12913 АВ получены впервые.
- Приведена ориентация полюсов полученных орбит в галактической системе координат: все орбиты круто наклонены к плоскости Галактики.
- Получены параметры видимого движения внешней пары АВ-FG.

## Заключение 2

- Весь комплекс данных для пары АВ-FG (ПВД, сумма масс компонент, относительная лучевая скорость и параллакс) приводит к семейству возможных орбит, близких к параболической.
- Методом Монте-Карло вычислена вероятность физической связи внешней пары =47%.
- Сходство собственных движений и лучевых скоростей всех компонент может свидетельствовать о принадлежности одному звездному потоку.
- Требуются дальнейшие наблюдения и исследования.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 1:

1. Л.Г.Романенко, А.А.Киселев, Астр.ж. **91**, 47 (2014).
2. B.D.Mason, G.L.Wycoff, W.I.Hartkopf, Washington Double Star Catalog USNO Double Star CD 2006.5.
3. F.van Leeuwen, Astron. & Astrophys., **474**, 653 (2007).
4. A.A.Tokovinin, Multiple Star Catalog, Astron. Astrophys. Suppl.Ser. **124**, 75, (1997).
5. A.A.Tokovinin, M.G.Smekhov, Astron. and Astrophys. **382**, 118 (2002).
6. Zacharias N., Finch C.T., et al. , The fourth U.S. Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC4), Astron. Journ. **145**, 44 (2013), <http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/Cat?-source<sup>39</sup>=I/322>

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 2:

1. А.А.Киселев, О.В.Кияева, Астрон.ж. **57**, 1227 (1980).
2. И.С.Измайлов, М.Л.Ховричева и др., Письма в Астрон.журн., **36**, 365 (2010).
3. M.Scardia, Astrophys.Nachr. **302**, 291 (1981).
4. S.Soderhjelm, Astron. and Astrophys. **341**, 121 (1999).
5. И.С.Измайлов, Е.А.Рощина, Письма в Астрон. журн., (2015); <http://izmccd.puldb.ru/vds.htm>.
6. Gliese Catalog of Nearby Stars, 3d edition (Gliese+, 1991)}, <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-2/Cat?-source=V/20A>.

Автор выражает благодарности:

- авторам Вашингтонского каталога двойных звезд (WDS),
- И.С.Измайлову за предоставленные ПЗС-кадры, В.В.Орлову, Е.А.Рощиной и О.В.Кияевой за ценные консультации, а также Е.В.Милецкому за обучение работы с программой Origin8.
- Людмила Георгиевна Романенко,  
раб. тел. (812) 363-70-37 ,  
e-mail: < lrom@gao.spb.ru > ,



# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



# AMP method

Space distance between components

$$r^3 = \left| k^2 \frac{\rho \rho_c}{\mu^2} \sin(\psi - \theta) \right| \quad [AU^3]$$

$$k^2 = 4 \pi^2 (M_A + M_B) [AU^3/yr^2]$$

$$\cos \beta = \frac{\rho}{r \pi_t}$$

Space relative velocity

$$v^2 = \left( \frac{\mu}{\pi_{tr}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta V_r}{4.74} \right)^2$$

$$tg \gamma = \frac{\Delta V_r}{4.74} \cdot \frac{\mu}{\pi_t}$$

**If it is impossible to determine  $\rho_c$ ,  
then we obtain family of orbits  
according to the condition:**

$$\frac{\rho}{\pi_t} < r < \frac{2k^2}{v^2}$$

# Эволюционные треки.

