

В архив.

1

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ГОЛОВНА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ГАО НАН України
академік НАН України

_____ Я.С.Яцків

С.н.с., к.ф.-м.н. Майор С.П. (розділи 1-6)
Ізюмський О.М. (січ.-гр.1961р., розділ 5)
Калитинська С.В. (січ.-гр.1991р., розділи 4,5)
М.н.с. Іванович І.В. (січ.-гр.1991р., розділи 5,6)
М.н.с. Мухоморов С.В. (січ.-гр.1991р., розділи 3,5)
Інж. Токман В.В. розділ 5,
технік Мазанюк А.В. (січ.-гр.1992-звіт.1994р., розділ 5)

З В І Т

ВИСОКОТОЧНІ ПОЗИЦІЙНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ
РАДІОДЖЕРЕЛ ТА ВИБРАНИХ ТІЛ СОНЯЧНОЇ
СИСТЕМИ З МЕТОЮ ЗВ'ЯЗКУ РАДІО І ОПТИЧНОЇ
СИСТЕМ КООРДИНАТ
(Заключний)

Шифр теми: 1.4.6/1-102 В

Завідувач відділу астрометрії

дотор фіз.-мат.наук

Керівник теми

канд.фіз.-мат.наук

В.С.Кислюк В.С.Кислюк

С.П.Майор С.П.Майор

КИЇВ 1995

РЕЗЮМЕ

вміст 62 сторінок, 18 рисунків, 7 таблиць, 59 джерел

ФОТОГРАФІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ, ПЛАНЕТИ І СУПУТНИКИ, АСТЕРОІДИ,
РАДІОДЖЕРЕЛА СПИСОК ВИКОНАВЦІВ ВІДПОВІДНО КООРДИНАТ
ЗА ФОТОГРАФІЧНИМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯМИ

- С.н.с., к.ф.-м.н. Майор С.П. (розділи 1-6)
м.н.с. Іжакевич О.М. (січ.-гр.1991р., розділ 5)
м.н.с. Калтигіна С.В. (січ.-гр.1991р., розділи 4,5)
м.н.с. Ледовська І.В. (січ.-гр.1991р., розділи 5,6)
м.н.с. Шатохіна С.В. (січ.-гр.1991р., розділи 3,5)
інж. Головня В.В. (розділ 5)
технік Майданюк Л.В. (жовт.1992-лет.1994р., розділ 5)

Виконано спостереження за планетою Марс і його супутником Фобосом, в яких залучено 20 радіоджерел і близько 200 прізматичних вірок в їх околі. Досліджено вплив похибок приймачів на координати оптичного центра знімка на редуційні обчислення. Використано різні типи бланку 60-см рефлектора за спостереженнями тієї ж планети. Зроблено порівняння двох способів переводу координат в системі одного каталогу до системи іншого каталогу. Проведено порівняльний аналіз нев'язок в координатах 10 вибраних малих планет, визначених в системах Йельських каталогів, SAO і IAU за даними 1254 спостережень, які були зроблені в Галіції і Миколаєві в 1952-1976рр. Проведено симетричний аналіз нев'язок С-С комети Галая в появі 1966р.

РЕФЕРАТ

стор.

звіт 62 сторінки, 18 рисунків, 7 таблиць, 59 джерел

1. Дослідження впливу похибок координат оптичного
ФОТОГРАФІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ, ПЛАНЕТИ І СУПУТНИКИ, АСТЕРОЇДИ,
РАДІОДЖЕРЕЛА, ДОСЛІДЖЕННЯ ПОХИБОК ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ
спосте ЗА ФОТОГРАФІЧНИМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯМИ

3. Порівняльний аналіз положень вибраних малих планет.

Проведено позиційні фотографічні спостереження систем Сатурна, Урана і Нептуна за допомогою 60-см рефлектора та спостереження деяких вибраних малих планет за допомогою подвійного астрографа 400/2000. Одержано понад 150 астрознімків. Визначено 827 положень окремих тіл Сонячної системи (370 пол. Марса і його супутників, 232 пол. Сатурнових супутників S2-S9, 226 пол. малих планет), а також положення 20 радіоджерел і близько 200 прміжних опорних зірок в їх околі. Досліджено вплив похибок прийнятих координат оптичного центра знімка на редуційні обчислення. Визначено рівняння блиску 60-см рефлектора за спостереженнями тіл Сонячної системи. Зроблено порівняння двох способів переводу положень в системі одного каталога до системи іншого каталога. Проведено порівняльний аналіз нев'язок в координатах 10 вибраних малих планет, визначених в системах Йельських каталогів, SAOC і AGK3 за даними 1284 спостережень, що їх було зроблено в Голосієві і Миколаєві в 1952-1976рр. Проведено спектральний аналіз нев'язок 0-С комети Галєя в появі 1986р.

Зміст

До звіту включено основні результати досліджень	стор. 1
Вступ	5
1. Дослідження впливу похибок координат оптичного центра знімка на редуційні обчислення	6
2. Дослідження рівняння блиску 60-см рефлектора за спостереженнями тіл Сонячної системи	12
3. Порівняльний аналіз положень вибраних малих планет, визначених в системах різних каталогів	16
4. Визначення періодичних компонент в рядах 0-0 комети Галєя в появі 1986р.	42
5. Позиційні спостереження тіл Сонячної системи і визначення їх координат	44
6. Спостереження позагалактичних радіоджерел і визначення їх положень	48
Висновки	53
Список використаних джерел	56

Проведено порівняльний аналіз положень вибраних малих планет, визначених в системах різних каталогів, а також продовжено дослідження комети Галєя в координатах появи.

Дякі дослідження, наприклад, визначення положень фундаментальних зірок за фотографічними знітками на ДДА та ін. телескопах не були включені до цього звіту з огляду на їх незавершеність.

Цей звіт є четвертим нашим звітом про науково-дослідні роботи, котрі велись в ГАО НАН України в останні 20 років в царині астрометрії Сонячної системи.

Вступ

До звіту включено основні результати досліджень по темі, котрі велись впродовж 1991-1995рр. Головною метою цих досліджень було проведення фотографічних спостережень окремих тіл Сонячної системи і позагалактичних радіоджерел та створення оригінальних каталогів цих об'єктів.

Крім власне спостережень та їх обробки виконано ряд досліджень, спрямованих на подальше удосконалення методики цих робіт. Зокрема, досліджено вплив похибок прийнятих координат оптичного центра на точність фотографічних спостережень, вивчено рівняння блиску в спостереженнях членів планетних систем Сатурна, Урана і Нептуна, виконаних в 1990р. за допомогою 60-см рефлектора.

Чільне місце серед заторкнених проблем посіла проблема переведення визначених положень із системи одного каталога до системи іншого каталога. Порівняння двох способів її вирішення на прикладі спостережень вибраних малих планет 1952-1976р., проведених в Голосієві і Миколаєві, показало, що цілком прийнятним є використання систематичних різниць між каталогами.

Проведено порівняльний аналіз положень вибраних малих планет, визначених в системах різних каталогів, а також продовжено дослідження нев'язок в координатах комети Галея.

Деякі дослідження, наприклад, визначення положень фундаментальних зірок за фотографічними знімками на ДДА та ін. телескопах не були включені до цього звіту з огляду на їх незавершеність.

Цей звіт є четвертим нашим звітом про науково-дослідні роботи, котрі велись в ГАО НАН України в останні 20 років в царині астрометрії Сонячної системи.

1. Дослідження впливу похибок координат оптичного центра знімка на редуційні обчислення.

О.О.Кисельов[27] чи не перший звернув увагу на те, що при неправильно фіксованому положенні оптичного центра (далі-ОЦ) систематичні похибки положень, обчислених за лінійними формулами Тернера (метод шести сталих) чи за формулами Шлезінгера (метод депенденсів), нетотожні так званим членам нахилу. Натомість він вивів формули для обчислення цієї систематичної похибки - автор назвав її залишковою похибкою нахилу - і описав, як вона змінюється по полю знімка при певних припущеннях про розташування опорних зірок. При цьому О.О.Кисельов обмежився випадком, коли при фіксації положення ОЦ припустилися помилки лише по одній координаті - по схиленню. Доцільно розглянути найтипівіший випадок, а саме випадок, коли помилковими є обидві координати ОЦ.

Оскільки наше вирішення цієї задачі детально викладено в уже опублікованій роботі[36], то зараз ми обмежимось лише кількома тезами.

Було показано, що похибки ідеальних координат об'єкта, обчислених за методом депенденсів Шлезінгера, дорівнюють:

$$\Delta X'_{OS} = \Delta A \cos D (x_0^2 - \sum_{i=1}^n D_i x_i^2) + \Delta D (x_0 y_0 - \sum_{i=1}^n D_i x_i y_i),$$

$$\Delta Y'_{OS} = \Delta A \cos D (x_0 y_0 - \sum_{i=1}^n D_i x_i y_i) + \Delta D (y_0^2 - \sum_{i=1}^n D_i y_i^2).$$

(1)

У випадку застосування методу шести сталих Тернера вирази для цих похибок мають форму:

Формули (2) свідчать про те, що залишкова похибка по

координаті має дві складові, одна з яких є сталою на всьому просторі знімка і дорівнює середньому значенню членам нахилу для опорних зірок, а інша є величиною, залежною від

3

$$\Delta X'_{OT} = \Delta A \cos D (x_0^2 - [x_1^2]_1/n) + \Delta D (x_0 y_0 - [x_1 y_1]_1/n),$$

$$\Delta Y'_{OS} = \Delta A \cos D (x_0 y_0 - [x_1 y_1]_1/n) + \Delta D (y_0^2 - [y_1^2]_1/n). \quad (2)$$

У наведених формулах x_0, y_0 - вимірні координати спостережуваного об'єкта, x_1, y_1 - вимірні координати i -ої зірки, D_i - її депенденси, $\Delta A, \Delta D$ - похибки прийнятих екваторіальних координат ОЦ. Припускається, що початок вимірних координат лежить в ОЦ. Формули для $\Delta X'_{OT}, \Delta Y'_{OS}$ виведені при допущенні, що опорні зірки розташовані навколо ОЦ попарно симетрично.

Отже, вирази для похибок являють собою взяті з оберненим знаком різниці між членами нахилу, записаними для визначуваного об'єкта, з одого боку, і середньоваговими (вагами слугують депенденси) чи середніми значеннями цих членів, записаних для опорних зірок, з іншого боку.

Якщо в (1) покласти $x_1 = x_0 + dx_1, y_1 = y_0 + dy_1$, то матимемо:

$$\Delta X'_{OS} = -\Delta A \cos D \sum_{i=1}^n D_i (dx_1)^2 - \Delta D \sum_{i=1}^n D_i dx_1 dy_1,$$

$$\Delta Y'_{OS} = -\Delta A \cos D \sum_{i=1}^n D_i x_1 y_1 - \Delta D \sum_{i=1}^n D_i (dy_1)^2.$$

Це означає, що похибки координат спостережуваного об'єкта визначаються розташуванням цього об'єкта відносно центроїда опорних зірок та конфігурацією цих зірок, але не залежать (принаймні з точністю до членів першого порядку малості) від положення цього центроїда відносно ОЦ.

Формули (2) свідчать про те, що залишкова похибка по будь-якій координаті має дві складові, одна з яких є сталою на всьому просторі знімка і дорівнює середньому значенню членів нахилу для опорних зірок, а інша є величиною, залежною від

положення об'єкта на знімку, і збігається з членами нахилу, взятими з протилежним знаком. В сумі вони дають в різних місцях знімка різні значення залишкової похибки, причому в середній (по центральній координаті!) частині знімка знак цієї похибки є протилежним знаку похибки відповідної координати ОЦ, а на периферії знаки положень об'єкта і ОЦ збігаються.

Спробуємо проілюструвати формули (2) графічно і в такий спосіб ще ширше розкрити їх зміст. Будемо вважати, що у нашому розпорядженні є знімок ділянки неба, зроблений за допомогою астрографа, у якого $F=2m$. Хай на знімку є 25 об'єктів, рівномірно розташованих в квадраті $2^\circ \times 2^\circ$. Будемо вважати, що ці об'єкти є одночасно опорними зірками і визначуваними об'єктами, і до них відомі їх точні положення - виміряні і каталожні. Обчислимо похибки визначених за методом Тернера положень цих об'єктів. Спочатку зробимо це для 21 зірки, виключивши із числа опорних і визначуваних чотири кутові зірки. На рис.1.1 для кожної із цих 21 зірки зображено їх безпомилкове "каталожне" положення і 15 відхилень відповідно до похибок прийнятих координат ОЦ: $\Delta A_1=1.25$, $\Delta A_2=2.5$, $\Delta A_3=3.75$, $\Delta D_1=\Delta D_2=\Delta D_3=0$; $\Delta A_j=5\cos\pi(j-4)/6$, $\Delta D_j=5\sin\pi(j-4)/6$, $j=4,5,\dots,14$; $\Delta A_{15}=0$, $\Delta D_{15}=2.5$. (Всі значення похибок виражені в мм.) Зауважимо, що при побудові графіка відхилень були збільшені в 9 тис.разів.

Відмітини у вигляді радіальних зміщень ОЦ та пропуск точки на колі, зроблені для того, щоб ідентифікувати однорідні відхилення у різних об'єктів, дають змогу не тільки побачити, які похибки визначених координат у того чи іншого об'єкта при даних похибках прийнятих координат ОЦ, але і вловити певні закономірності в залежності цих похибок від положення визначуваного об'єкта. Найперше впадає у вічі одна особливість

ДО ПИТАННЯ ПРО ВІЛИВ ПОХИБОК КООРДИНАТ ОПТИЧНОГО ЦЕНТРА

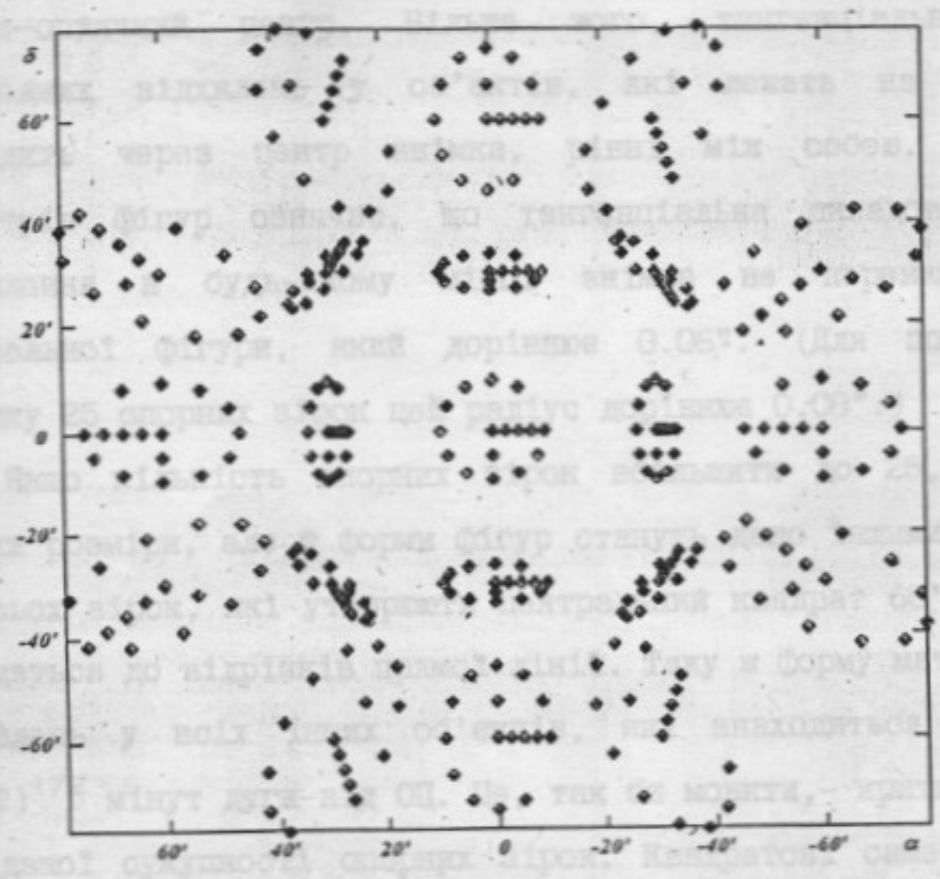


Рис. 1. Каталогні положення 21 зірки та відхилення від них положень, визначених за методом Тернера, для 15 варіантів (див. текст) похибок координат оптичного центра. Відхилення збільшено в 9000 разів

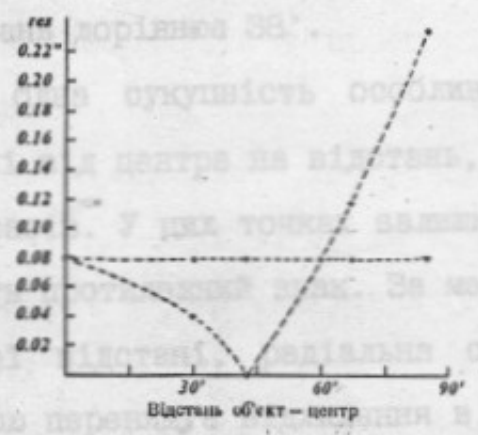


Рис. 2. Максимальні і мінімальні значення сумарних відхилень вгс обрахованих за методом Тернера положень об'єктів від справжніх положень. Прийнятний оптичний центр зміщується по колу радіусом 5 мм. Випадок 25 опорних зірок, розташованих рівномірно в квадраті $2 \times 2''$

10

фігур, що їх описують визначені положення пробних об'єктів, - це однаковість їх діаметрів, проведених перпендикулярно до лінії об'єкт-оптичний центр. Більше того, тангенціальні складові однорідних відхилень у об'єктів, які лежать на прямій, що проходить через центр знімка, рівні між собою. Однаковість діаметрів фігур означає, що тангенціальна складова сумарного відхилення в будь-якому місці знімка не перевищує радіуса центральної фігури, який дорівнює 0.06". (Для порівняння: у випадку 25 опорних зірок цей радіус дорівнює 0.08".)

Якщо кількість опорних зірок збільшити до 25, то не тільки розміри, але й форми фігур стануть дещо іншими. Зокрема, у чотирьох зірок, які утворюють центральний квадрат 60'x60', фігури спляцатся до відрізків прямої лінії. Таку ж форму матимуть фігури відхилень у всіх інших об'єктів, які знаходяться на відстані $30 \times (2)^{1/2}$ мінус дуги від ОЦ. Це, так би мовити, - критична відстань для даної сукупності опорних зірок. Квадратові саме цього числа дорівнюють середні квадрати координат опорних зірок, тобто, $[x_1^2]/25 = [y_1^2]/25 = (30 \times (2)^{1/2})^2 (')^2$. У випадку 21 опорної зірки ця відстань дорівнює 38'.

Ще одна сукупність особливих точок - це точки, які віддалені від центра на відстань, що перевищує критичну відстань в $(2)^{1/2}$ разів. У цих точках залишкові похибки такі ж, як у центрі, але мають протилежний знак. За межами відстані, що дорівнює $(2)^{1/2}$ критичної відстані, радіальна складова відхилень за абсолютною величиною перевищує відхилення в центрі поля і стрімко зростає по мірі віддалення від ОЦ. Залежність сумарного відхилення $\text{гез} = ((\Delta X'_{\text{от}})^2 + (\Delta Y'_{\text{от}})^2)^{1/2}$ від відстані між об'єктом і центром у випадку 25 зірок зображено на рис.1.2. На цьому рис. нанесено лише мінімальні і максимальні відхилення з-поміж усіх відхилень, що

обумовлені зміщеннями ОЦ по колу.

Отже, якщо узяті положення ОЦ описують навколо його справжнього положення коло, то фігури відповідних їм відхилень "обчислене положення об'єкта мінус його безпомилкове положення" мають форму кола, або відрізка прямої, або еліпса, велика вісь якого або перпендикулярна, або колінеарна до радіуса-вектора визначуваного об'єкта.

У наведених прикладах конфігурація опорних зірок така, що середні добутки координат $[x_i, y_i] / n$ дорівнюють нулеві. Саме таку (або майже таку) конфігурацію завжди намагаються підібрати спостерігачі. Відхилення від симетрії призводять до порушення описаної картини, але незмінно діє правило: залишкова похибка тим менша, чим менше поле опорних зірок, і найкраще, - коли зірки розташовані по всій площі поля і переважно у його центральній частині.

Розглянуто також питання про непрямий вплив похибок прийнятого положення ОЦ, що має місце при введенні поправок на дисторсію. Наявність дисторсії у астрографі призводить до того, що ідеальні координати у просторі предметів і у просторі зображень неоднакові. Якщо X, Y - ідеальні координати якогось об'єкта у просторі предметів, то у просторі зображень вони дорівнюють $X + KX(X^2 + Y^2), Y + KY(X^2 + Y^2)$, де K - коефіцієнт дисторсії. Знищити ці спотворення шляхом введення у виміряні координати x, y поправок $-Kx(x^2 + y^2), -Ky(x^2 + y^2)$ не становить ніяких труднощів, якщо відоме точне значення K , а початок вимірних координат лежить на оптичній осі. Насправді, так буває не завжди; крім того, може мати місце поворот осей, косокутність та інше.

Хай виміряні координати якогось об'єкта дорівнюють $x = x_0 + X + KX(X^2 + Y^2), y = y_0 + Y + KY(X^2 + Y^2)$, де x_0, y_0 - похибки відліку

вимірних координат. Нехай K' - прийняте значення коефіцієнта дисторсії. Після введення поправок на дисторсію матимемо такі співвідношення між ідеальними і виправленими вимірними координатами:

$$X-x' = -x_0 + Kx_0(x_0^2 + y_0^2) - K(3x_0^2 + y_0^2)x' - 2Kx_0y_0y' + \\ + 3Kx_0x'^2 + 2Ky_0x'y' + Kx_0y'^2 + (K-K')x'(x'^2 + y'^2),$$

$$Y-y' = -y_0 + Ky_0(x_0^2 + y_0^2) - K(x_0^2 + 3y_0^2)y' - 2Kx_0y_0x' + \\ + Ky_0x'^2 + 2Kx_0x'y' + 3Ky_0y'^2 + (K-K')y'(x'^2 + y'^2).$$

Отже, дисторсійні спотворення вимірів можуть бути усунуті, але якщо початок вимірних координат не збігається з оптичним центром, то у рівняннях зв'язку між ідеальними і вимірними координатами з'являються додаткові ускладнення у вигляді квадратного полінома.

2. Дослідження рівняння блиску 60-см рефлектора за спостереженнями тіл Сонячної системи.

При визначенні положень небесних об'єктів дуже дошкульним є зміщення яскравих зображень відносно слабких, або так зване рівняння блиску (РБ). Щоб звести нанівець вплив РБ, треба взяти опорні зірки такого ж блиску, як визначуваний об'єкт. Але так зробити не завжди вдається, як не завжди можна підібрати зірки такого розмаїття блисків, яке уможливило б адекватно описати РБ відповідними членами рівнянь для редуційних обчислень і, таким чином, скорегувати результати вимірювання. Існує більш доступний підхід до вирішення проблеми РБ. Це - спостереження одних і тих же об'єктів в симетричних положеннях телескопа відносно його колони і подальше усереднення результатів

спостережень з метою одержання безпомилкових результатів чи їх порівняння з метою віднайдення систематичних похибок, тобто виходити з припущення, що в протилежних відносно колони положеннях телескопа ефекти, обумовлені рівнянням блиску, однакові за величиною, але протилежні за знаком. Саме такої методики ми дотримувалися при проведенні фотографічних позиційних спостережень тіл Сонячної системи за допомогою 60-см рефлектора, що на г. Майданак (Узбекистан), влітку 1990 та 1991 років.

Коротко переповімо результати дослідження РВ за даними спостережень 1990р. [31]. В результаті обробки спостережень Урана, Нептуна, деяких супутників цих планет та супутників Сатурна - всього 13 об'єктів - було знайдено майже 500 різниць $O-C$ по прямому сходженню (α) і схиленню (δ) на п'ять дат: 19, 21, 22, 24 і 25 липня 1990р. Якщо в якусь дату в якомусь положенні телескопа відносно його колони - труба на сході (E) чи труба на заході (W) - було зроблено кілька вдалих знімків (інколи їх число сягало шести), то відповідні значення $O-C$ усереднювались. Після цього була обчислена величина $\Delta = ((O-C)_E - (O-C)_W)/2$. Всього було знайдено 45 значень Δ_α (сукупність по α) і 44 значення Δ_δ (сукупність по δ). Кожне із них являє собою оцінку спричиненої РВ похибки тієї чи іншої координати відповідного об'єкта за умови тотожності списків опорних зірок на E і W-знімках, однаковості видержок, незмінності координат оптичних центрів тощо.

Уже побіжний огляд сукупностей Δ показав, що існує певна залежність цих величин від блиску. Щоб з'ясувати це детальніше, були обчислені коефіцієнти кореляції R між величинами Δ і зоряною величиною m об'єктів та коефіцієнти рівняння регресії $\Delta = a + bm$. При цьому кожна сукупність аналізувалась як одне ціле або частинами у вигляді вибірок за датами спостережень. Розчленування

на вибірки за датами зроблено з метою контролю. Результати обчислень наведені в Табл. 2. В таблиці даються також величини: n - кількість об'єктів(умовних рівнянь); V_M - блиск найяскравішого об'єкта; V_m - блиск найслабшого об'єкта; $\varepsilon_a, \varepsilon_b$ - похибки відповідних коефіцієнтів рівнянь регресії; σ - середня квадратична похибка апроксимації.

Як бачимо, значення коефіцієнтів регресії у обох сукупностей перевищують їх похибки. Таке ж співвідношення має місце у всіх складових сукупностей, окрім вибірки $\Delta\delta$ за 22 липня. Оцінювання за t -критерієм Стюдента показало, що при 5%-ому рівні значущості гіпотеза про відмінність від нуля коефіцієнтів a і b не справджується лише для трьох найменш чисельних вибірок $\Delta\delta$ за 19, 21 і 22 липня. Отже, рівняння блиску притаманне обом координатам, але для схилень воно набагато менше, ніж для прямих піднесень. Про це також свідчать коефіцієнти кореляції.

Детальний аналіз одержаних результатів, зокрема перевірка статистичних гіпотез: 1)про однорідність сукупностей Δa , Δb , 2)про близькість величин вільних членів a та 3)про близькість величин коефіцієнтів b , а також зіставлення між собою коефіцієнтів a і b - зауважимо, що при певних умовах відношення $a/(-b)$ повинно дорівнювати середньому значенню блиску опорних зірок, - показали, що попри деякі розбіжності між сукупностями одержані для об'єднаних сукупностей рівняння регресії узгоджуються між собою, і, отже, можна вважати, що що вони адекватно описують спричинені РБ спотворення знімків, принаймні їх основну частку. Одержані параметри були використані потім для обчислення поправок до визначених положень Урана, Нептуна, супутників цих планет[24] та супутників Сатурна[25].

15

Таблиця 2. Коефіцієнти рівняння регресії $\Delta = a + b m$ та інші дані по вибірках за датами спостережень і об'єднаних вибірках похибок Δ . (a, ϵ_a, σ в $0.001''$ по α і $0.01''$ по δ ; b, ϵ_b в 0.0001 $''/m$ по α і 0.001 $''/m$ по δ .)

Дата	a	ϵ_a	b	ϵ_b	σ	R	n	V_M	V_m
По координаті α :									
19.07.1990	54	11	-46	10	8	0.93	9	5.6	14.16
21.07.1990	101	7	-71	7	5	0.97	8	5.6	13.94
22.07.1990	32	5	-32	6	3	0.94	6	5.6	11.1
24.07.1990	38	12	-37	10	9	0.76	11	5.6	14.2
25.07.1990	56	8	-49	8	7	0.91	11	5.6	14.2
всі дати	56	8	-47	7	12	0.72	45	5.6	14.2
По координаті δ :									
19.07.1990	16	13	-15	11	9	0.43	9	5.6	14.16
21.07.1990	2	7	-8	7	4	0.46	7	8.3	13.73
22.07.1990	2	40	-5	40	8	0.07	5	8.3	11.1
24.07.1990	12	7	-9	6	6	0.44	11	5.6	14.2
25.07.1990	14	7	-11	7	6	0.48	12	5.6	14.2
всі дати	9	5	-9	4	7	0.20	44	5.6	14.2

МАО програма позиційних спостережень 15 вибраних малих планет за 1991-2000 рр.

В ході виконання проекту "Нумерона" зусиллями багатьох обсерваторій світу зроблено велику кількість (понад 30000) спостережень. Проте у виконанні цих робіт є деякі вади, бо мали місце не тільки зміни об'єктів (програма спостережень), але час від

3. Порівняльний аналіз положень вибраних малих планет, визначених в системах різних каталогів.

3.1. Вступ.

Позиційні фотографічні спостереження вибраних малих планет з метою визначення систематичних похибок зоряних каталогів і в тому числі похибок рівнодення і екватора фундаментальних каталогів ведуться вже давно. Вперше відповідні проекти були запропоновані Б.Нумеровим і В.Брауером в 1935 р.

Проект Брауера вже завершено: в 1935-1948 рр. на чотирьох обсерваторіях проведено майже 7000 результативних спостережень 15 вибраних малих планет, а підсумкове дослідження цих спостережень опубліковано в 1978 р. /57/.

Робота по проекту Нумерова перебуває в стадії виконання. Перші спостереження по цьому проекту (до речі, вони були започатковані як складова т. зв. каталога слабких зірок) були проведені лише в 1949 р. Програмний список - його склала Н.С.Самойлова-Яхонтова /44/- налічував 10 малих планет. Щоб повніше охопити екваторіальну зону неба В.І.Орельська /41/ запропонувала продовжити ці спостереження до 1990 р., включивши в нову програму 20 малих планет. Зараз є чинною запропонована Інститутом теоретичної астрономії (ІТА) РАН і схвалена Комісією 20 МАС програма позиційних спостережень 15 вибраних малих планет на 1991-2000 рр.

В ході виконання проекту Нумерова зусиллями багатьох обсерваторій світу зроблено велику кількість (понад 30000) спостережень. Проте у виконанні цих робіт є деякі вади, бо мали місце не тільки зміни об'єктів (програм спостережень), але час від

17

часу мінялися також суб'єкти спостережень, методи і засоби спостережень та їх обробки і, що найсуттєвіше, каталоги опорних зірок. Нагадаємо, що для редуційних обчислень застосовувались зонні каталоги Йельської обсерваторії (YC), компілятивний каталог Смітсонівської астрофізичної обсерваторії (SAOC), Третій каталог Німецького астрономічного товариства (AGK3), а часом і деякі інші. Зараз найбільшого поширення набув каталог PRM.

Отже, найперша проблема - це поприводити всі ці спостереження до одного каталога, бажано сучасного і найбільш точного. Про можливі шляхи вирішення цієї проблеми йдеться в наступному підрозділі

3.2. Два способи редуції результатів спостережень на систему іншого каталога, їх застосування до деяких спостережень 1952-1976 рр..

З самого початку припускалося, що приведення спостережного положення малої планети до іншого каталога буде робитися шляхом додавання зважених різниць між координатами опорних зірок в новому і старому каталогах, тобто поправок $\sum_{i=1}^n D_i \Delta \alpha_i$ і $\sum_{i=1}^n D_i \Delta \delta_i$, де $\Delta \alpha_i$, $\Delta \delta_i$ - різниці прямих сходжень і схилень i -ої зірки у двох каталогах, а D_i - так звані депенденси:

$$\alpha_{red} = \alpha_{or} + \sum_{i=1}^n D_i \Delta \alpha_i, \quad \delta_{red} = \delta_{or} + \sum_{i=1}^n D_i \Delta \delta_i.$$

Саме тому рекомендувалося /18,42/ разом з результатами спостережень подавати такі дані як шифр каталога, номери опорних зірок, їх депенденси та "хвости". Таку ж передбачливість проявляють керівники поточної (1991 р.) програми, котрі в дещо іншій, ніж в попередні роки, ситуації просять крім шифру каталога і номерів опорних зірок вказувати кількість параметрів редуційної

18

різницями між каталогами? Полегкість очевидна, але чи коректно так діяти? Щоб прояснити ці питання, ми застосували ці два підходи до спостережень вибраних малих планет, котрі були проведені в Головній астрономічній обсерваторії (ГАО) НАН України /1, 13, 26, 35, 37-40/ і в Миколаївській астрономічній обсерваторії (МАО) /2-8, 11, 12, 14, 19-22, 47/ по програмі Н.О.Самойлової-Яхонтової в 1952-1976 рр.

На цих двох обсерваторіях разом було визначено 1284 положення, із них в системі YC - 975 положень, в системі SAOC - 113, в системі AGK3 - 196. Позначимо ці частини відповідно через Y_{or} , S_{or} , A_{or} , а весь масив через M_{or} . Отже, $M_{or} = Y_{or} + S_{or} + A_{or}$.

Перевішивши (за допомогою депенденсів і різниць координат відповідних зірок) положення малих планет, визначені, наприклад, в системі YC, на системи каталогів SAOC та AGK3, а положення, визначені в системі SAOC і AGK3, відповідно на системи YC та AGK3 і YC та SAOC, ми одержали три варіанти положень (для одних і тих же спостережень!). Позначимо їх через Y, S, A. Сказане запишемо умовно так:

$$Y = Y_{or} + Y(S_{or}) + Y(A_{or}),$$

$$S = S(Y_{or}) + S_{or} + S(A_{or}),$$

$$A = A(Y_{or}) + A(S_{or}) + A_{or}.$$

Одночасно були переобчислені нев'язки $(O-C)_\alpha$, $(O-C)_\delta$. Зауважимо, що ефемеридні положення свого часу були пораховані в ІТА РАН В.І.Орельською за елементами орбіт, що їх вона /41/ визначила за спостереженнями в системі YC.

Четвертий варіант положень і нев'язок було одержано шляхом додавання до "йельських" (Y) значень цих величин систематичних різниць YC-GC /49/, FK3-GC /55/, FK4-FK3 /53/. Процедуру одержання цього варіанту - позначимо його через F - схематично зобразимо

так:

$$F = Y - (Y0-G0) + (FK3-G0) + (FK4-FK3).$$

Зауважимо, що вказаними систематичними різницями свого часу скористалися творці SAOC. Оскільки різниці $Y0-G0$, $FK4-FK3$ вони брали без інтерполювання, то і ми поступили таким же чином. Стосовно поправок $FK3-G0$, то їх ми знаходили шляхом інтерполяції таблиць Коффа 4, 5, 6 /55/. З огляду на те, що зірки SAOC в зоні $|\delta| \leq 30^\circ$ - це в основному зірки Йельських каталогів, слід очікувати, що варіанти S і F є близькі між собою.

Таким же робом ми створили п'ятий і шостий варіанти, скориставшись таблицями різниць координат і власних рухів між SAOC і AGK3, що їх склали Д.Д.Положенцев і Х.І.Поттер /43/. Згадані різниці додавались до положень і нев'язок варіанту А:

$$QS = A + (SAOC-AGK3),$$

або віднімались від положень і нев'язок варіанту S:

$$QA = S - (SAOC-AGK3).$$

При цьому табличні значення - нагадаємо, що вони даються для трапецій $24^m \times 6^\circ$ - ми брали без інтерполювання. Очевидно, одержані варіанти в систематичному відношенні повинні збігатися відповідно з варіантами S і A.

3.3. Аналіз варіантів нев'язок.

В подальшому аналізі використовувались тільки нев'язки O-C, причому кілька спостережень, які виходять за межі зони $|\delta| \leq 30^\circ$, та спостереження, які дають $|O-C| \geq 2''$, із розгляду були вилучені. Щоб зручніше було оперувати з масивами нев'язок, ми їх дещо модифікували. З цієї метою зона спостережень $|\delta| \leq 30^\circ$ була поділена на трапеції $\Delta\alpha \times \Delta\delta$, а значення нев'язок осереднено в межах цих трапецій. Зроблено це в два етапи. На першому етапі брались

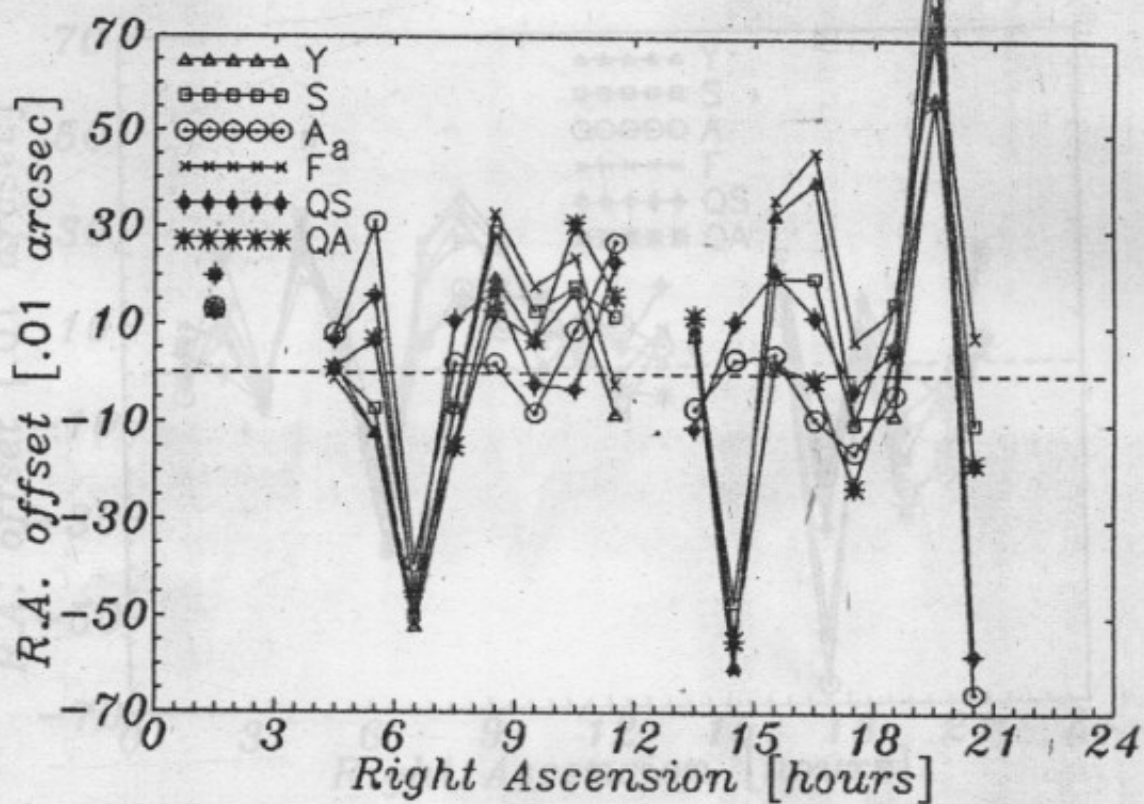
трапеції $10^m \times 2.5^\circ$. Це дало змогу усунути загушення і, отже, обмежити вплив повторних спостережень. Після цього одержані дані усереднювались в межах трапецій $1^h \times 10^\circ$.

В результаті такої трансформації нев'язок O-C для всіх шести варіантів були складені таблиці середньогрупових нев'язок $m_j = \langle (O-C)_{1j} \rangle / n_j$. Кількість і розподіл спостережень такі, що не всі клітини таблиць заповнились. Зокрема, із 144 трапецій розмірами $1^h \times 10^\circ$ порожніх виявилось 37 і більшість із них знаходиться нижче небесного екватора. І все ж певна закономірність, зокрема залежність нев'язок від прямого сходження і схилення, чітко проглядається. Як ілюстрацій сказаного приводимо графіки залежності середньогрупових нев'язок від прямого сходження для всіх шести 10-градусних зон (Рисунки 3.1-3.6) та кілька порівняльних графіків в зоні $10^\circ < \delta \leq 20^\circ$ (Рисунки 3.7-3.9).

Зіставлення кривих Y, S, A показує, що вони збігаються лише інколи. У більшості випадків графіки не збігаються, а розбіжності між ними, почасти дуже значні, мають систематичний характер. Це і не дивно - оскільки похибки каталогів різні, то і нев'язки мають бути різними. Є також певні відмінності між цими та іншими варіантами.

Щоб дослідити ті чи інші особливості нев'язок і виявити ті із них, які кореспондується з вузлами таблиць систематичних різниць UC-GC, FK3-GC, etc., робилося варіювання розмірів великих трапецій. Границі цих трапецій проводились по прямому сходженню через 48^m , 1, 2 та 4^h , а по схиленню через $10, 12$ і 15° , а також вздовж паралелей $-30, -20, -14, -10, -2, 5, 9, 15, 20$ і 30° , які є границями 9-и координатних систем Йельських зонних каталогів. У випадку Йельських 8-границь великих трапецій відповідні малі трапеції межувались також під Yale. Повторні розбиття дали змогу,

YSAFqSqA(0-C)a 25N



YSAFqSqA(0-C)d 25N

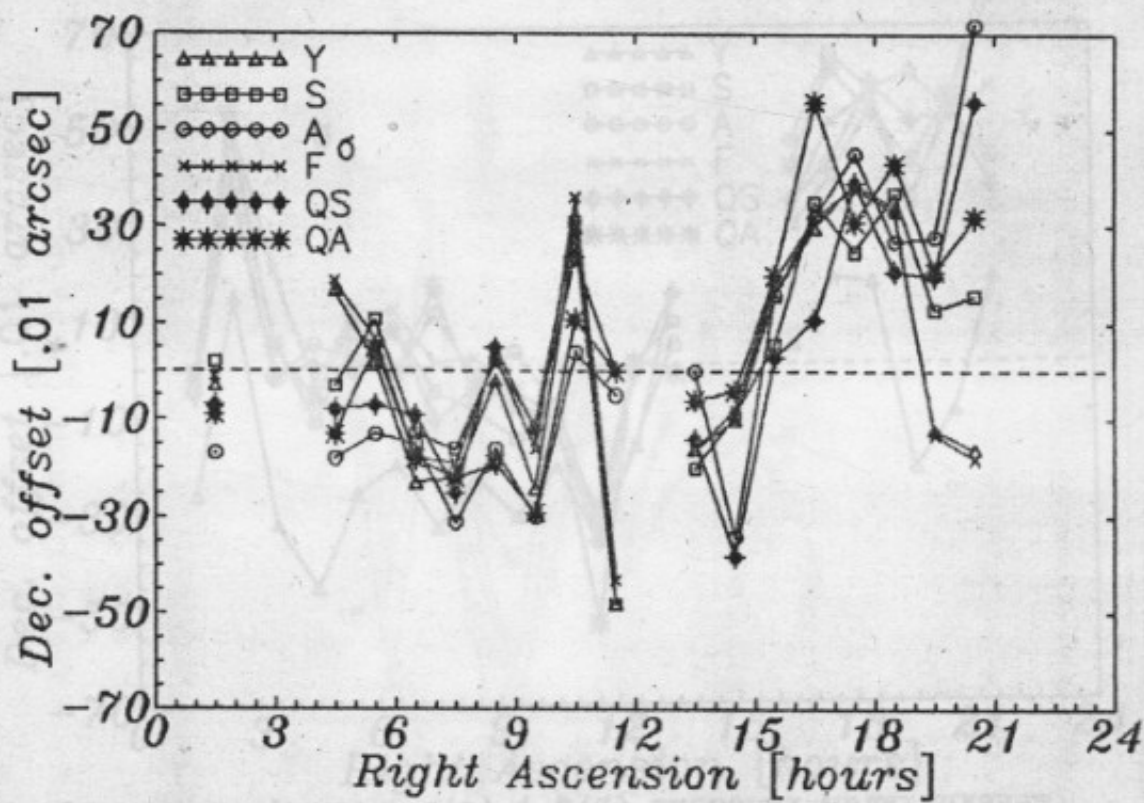
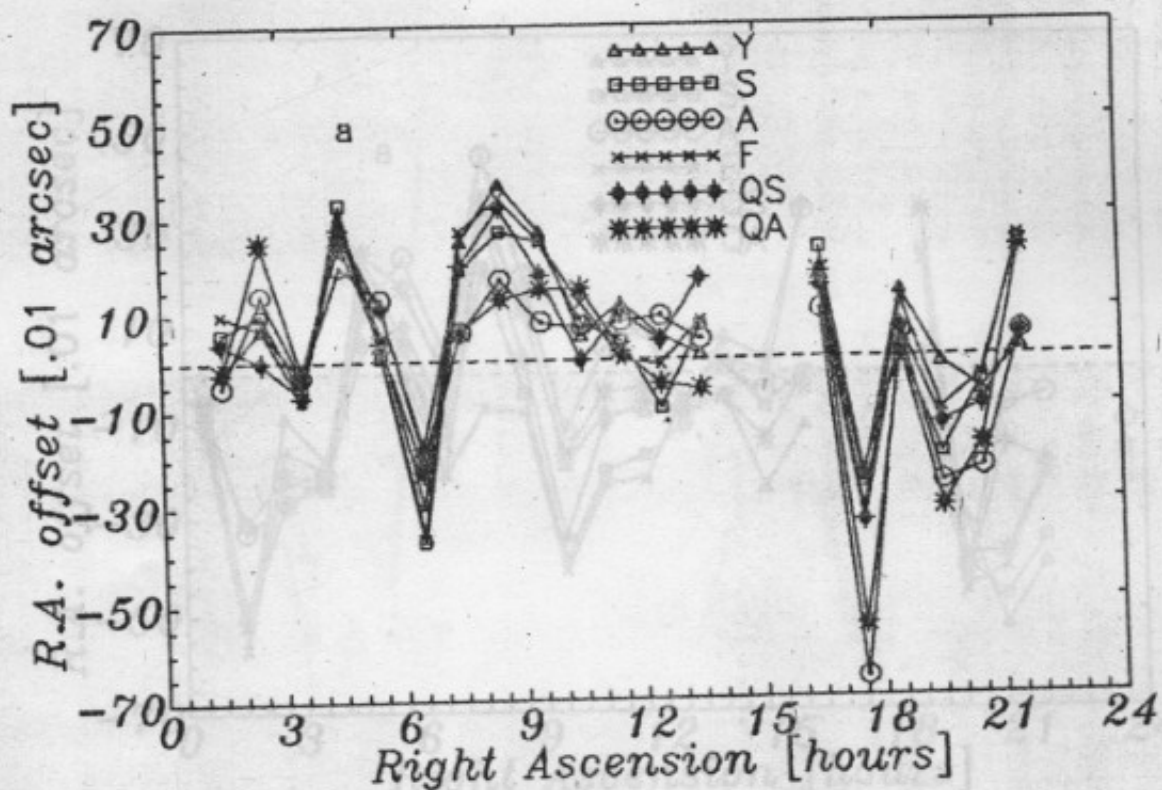


Рис.3.1а,б. Середні нев'язки в α (а) і δ (б) вибраних малих планет в системах каталогів УС, SAOC і АГКЗ за даними спостережень в ГАО і МАО в 1952-1976 рр. для трапецій $1^h \times 10^\circ$ в зоні $20^\circ < \delta \leq 30^\circ$.

YSAFqSqA(0-C)a 15N



YSAFqSqA(0-C)d 15N

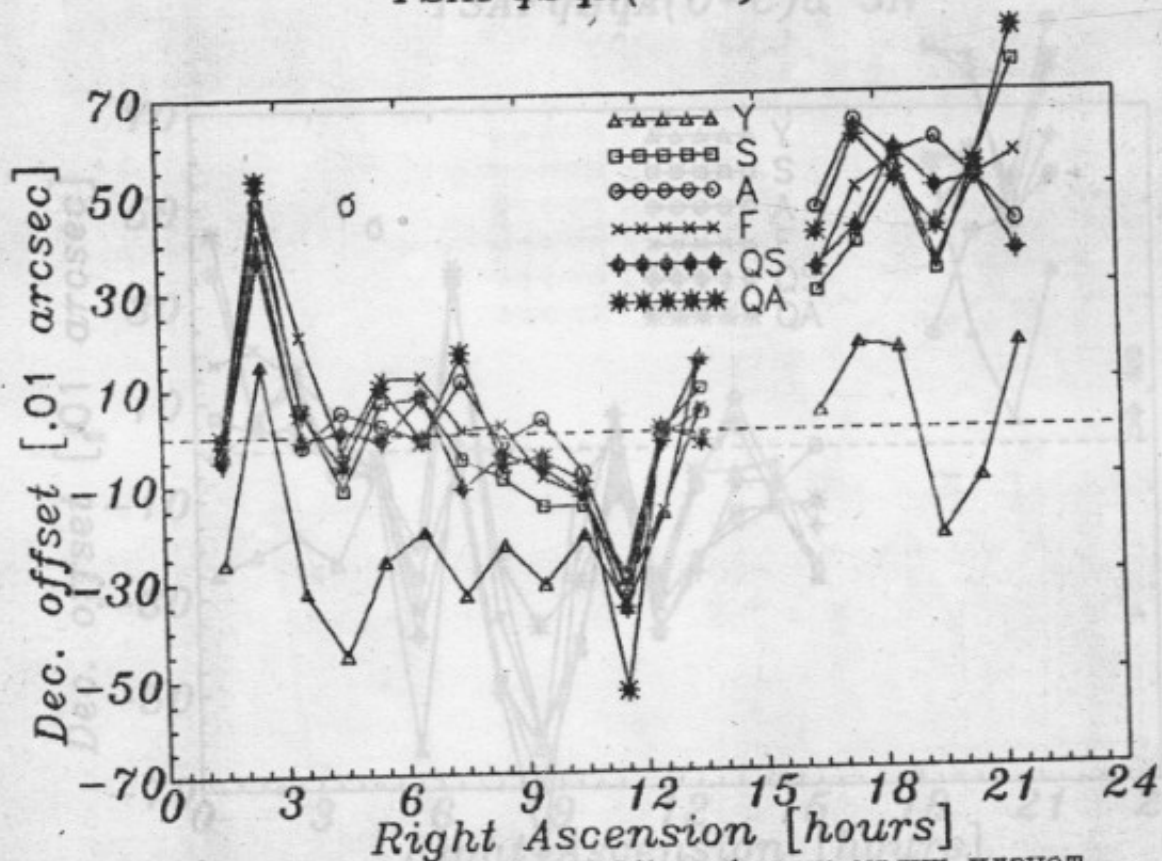
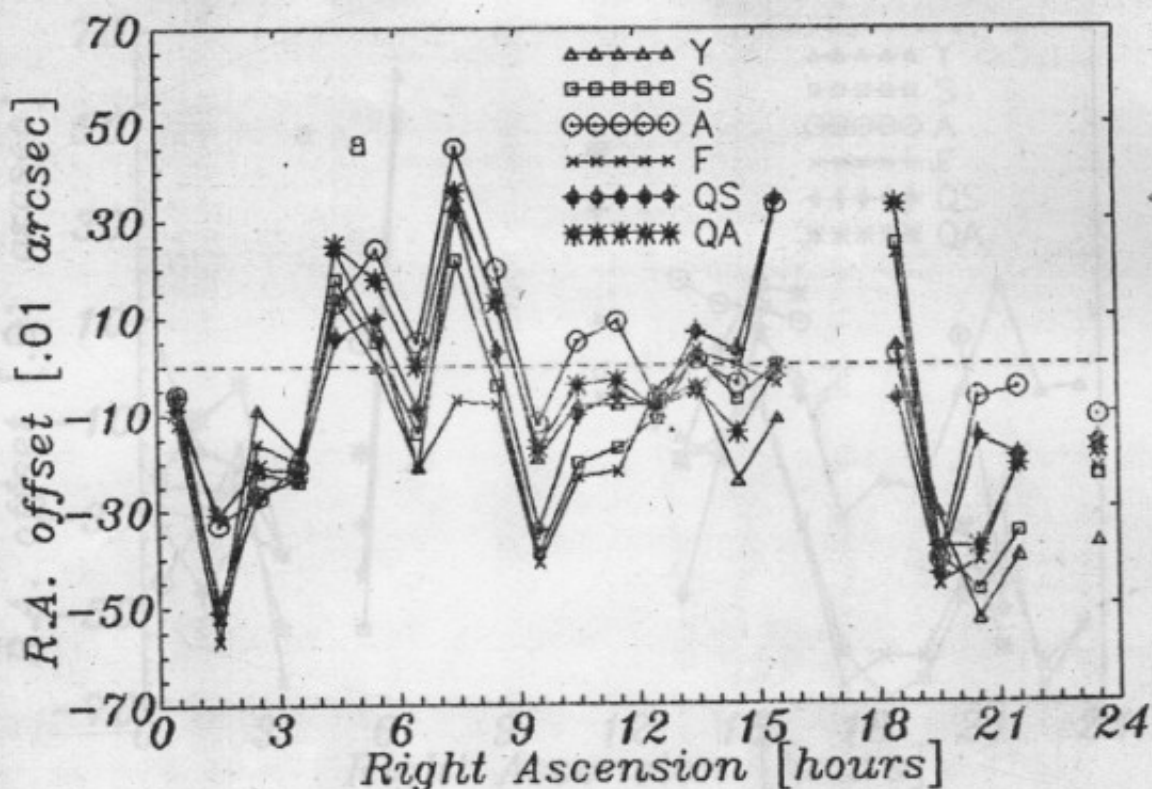


Рис.3.2а,б. Середні нев'язки в α (а) і δ (б) вибраних малих планет в системах каталогів YC, SAOC і AGK3 за даними спостережень в ГАО і МАО в 1952-1976 рр. для трапецій $1^h \times 10^m$ в зоні $20^\circ < \delta \leq 10^\circ$.

YSAFqSqA(0-C)a 5N



YSAFqSqA(0-C)d 5N

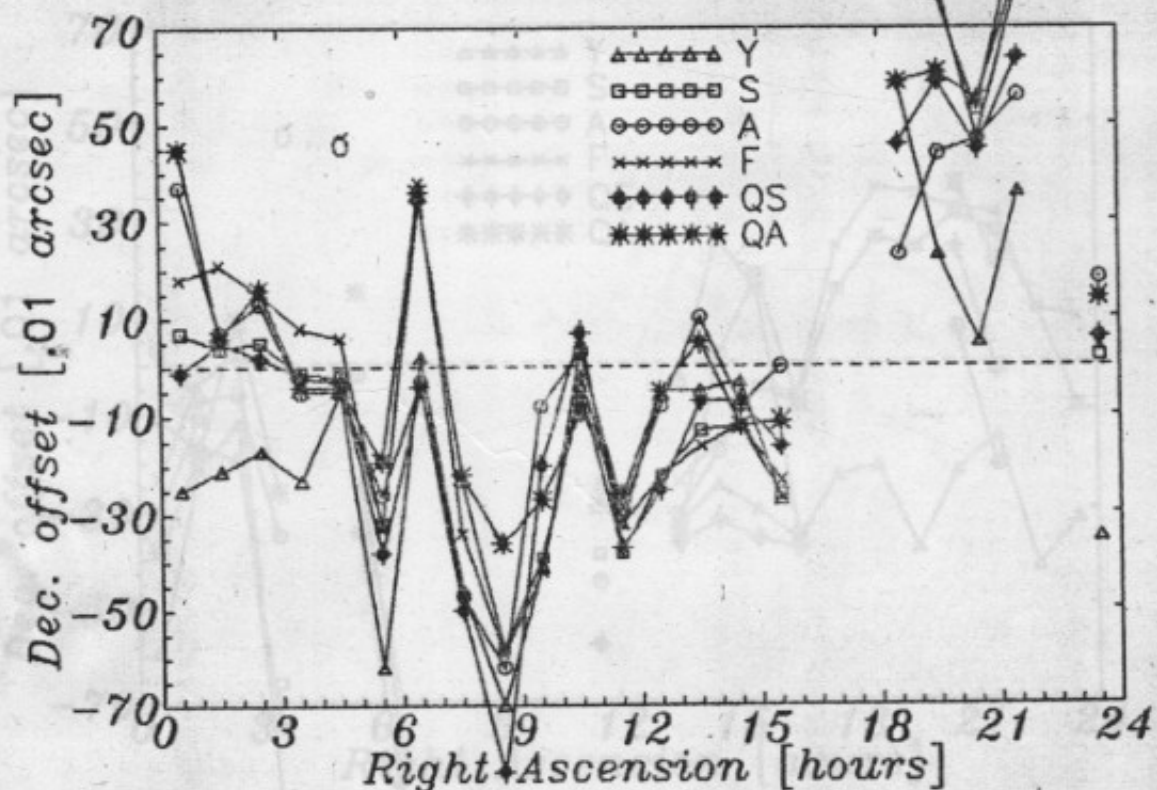
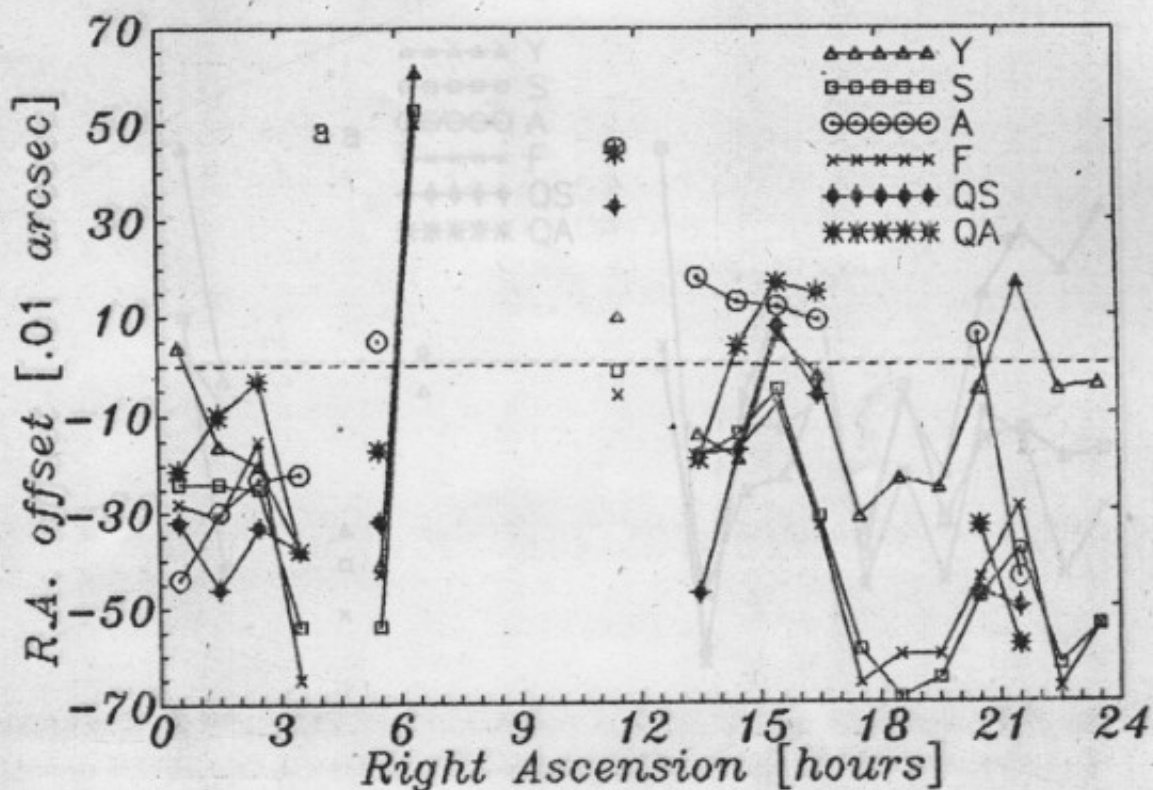


Рис.3.3а,б. Середні нев'язки в α (а) і δ (б) вибраних малих планет в системах каталогів YC, SAOC і AGKZ за даними спостережень в ГАО і МАО в 1952-1976 рр. для трапецій $1^h \times 10^\circ$ в зоні $10^\circ < \delta \leq 0^\circ$.

YSAFqSqA(0-C)a 5S



YSAFqSqA(0-C)d 5S

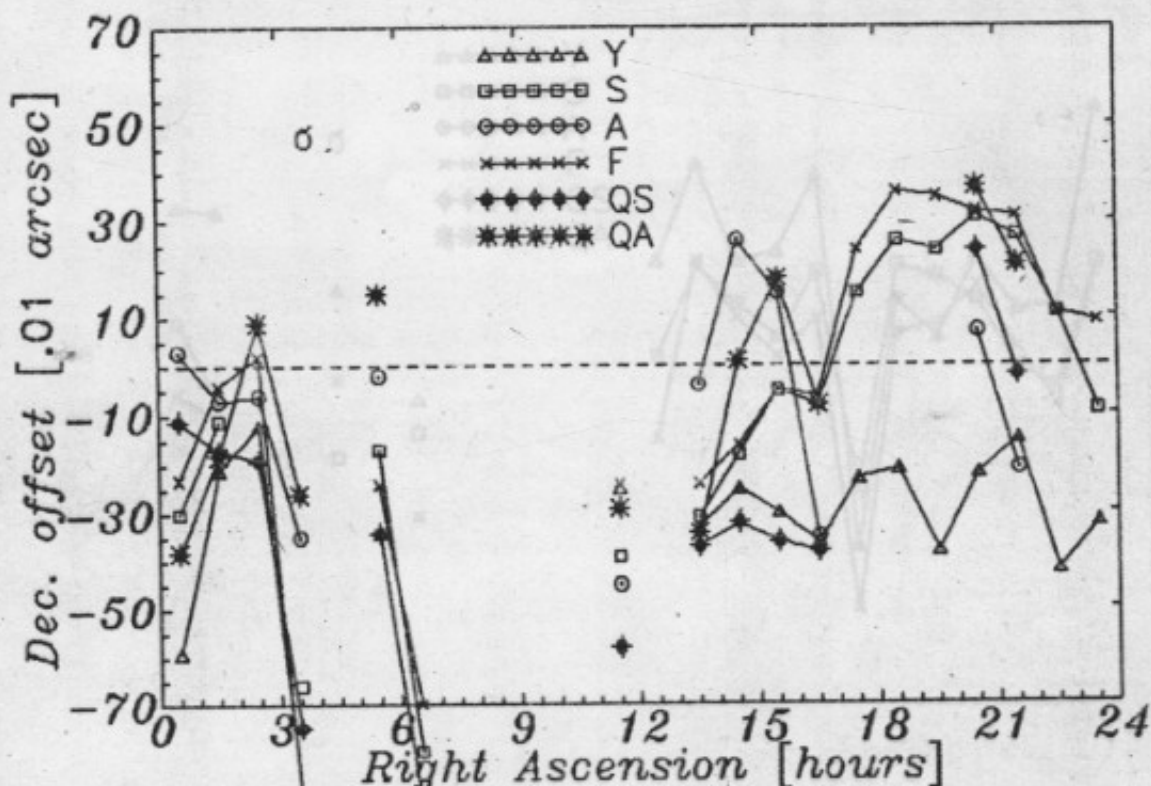
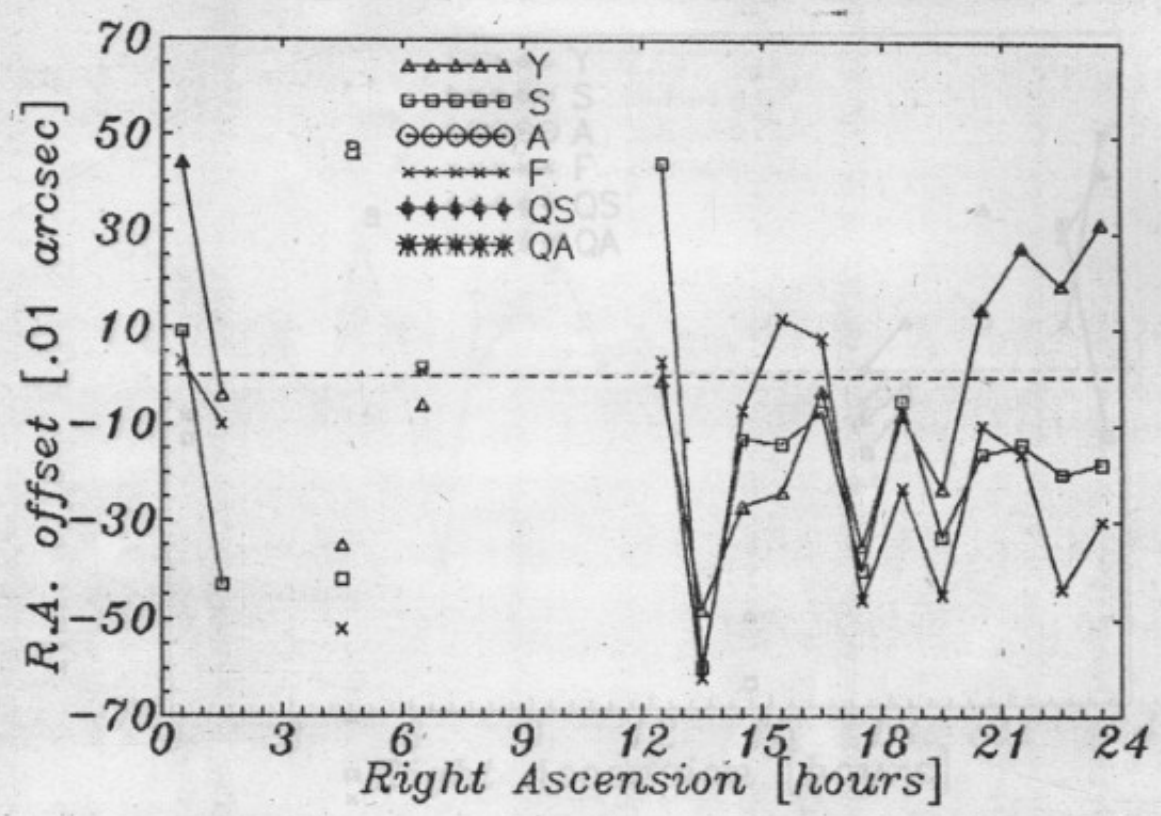


Рис.3.4а,б. Середні нев'язки в α (а) і δ (б) вибраних малих планет в системах каталогів YC, SAOC і AGK3 за даними спостережень в ГАО і МАО в 1952-1976 рр. для трапецій $1^h \times 10^\circ$ в зоні $-0^\circ < \delta \leq 10^\circ$.

YSAFqSqA(0-C)a 15S



YSAFqSqA(0-C)d 15S

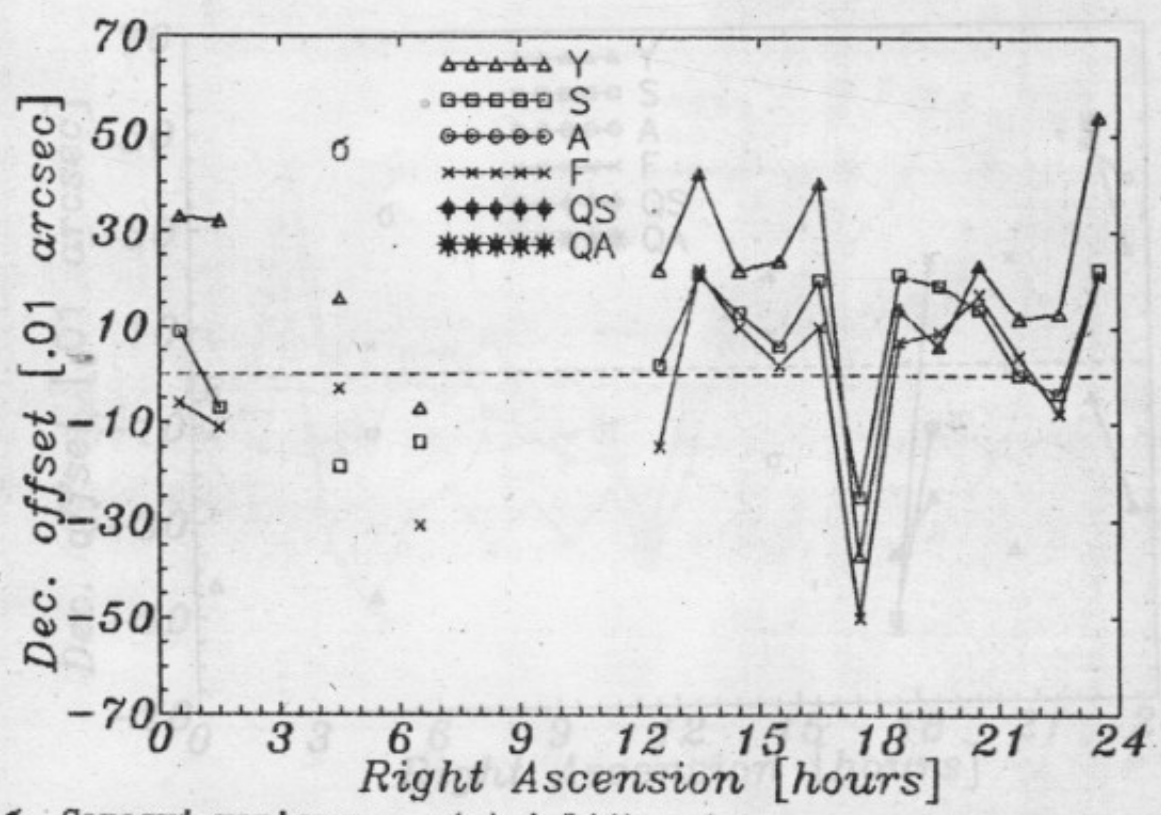
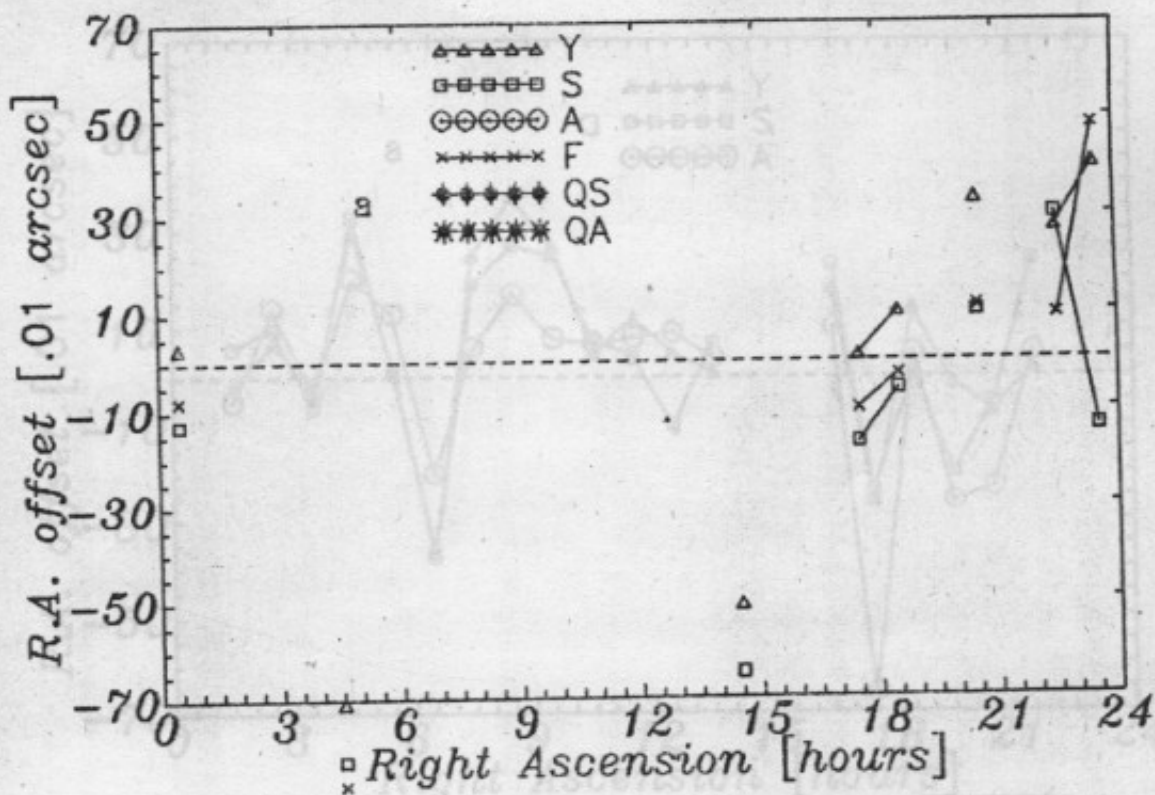


Рис.3.5а,б. Середні нев'язки в α (а) і δ (б) вибраних малих планет в системах каталогів YC, SAOC і AGK3 за даними спостережень в ГАО і МАО в 1952-1976 рр. для трапецій $1^h \times 10^\circ$ в зоні $-20^\circ < \delta \leq -10^\circ$.

YSAFqSqA(0-C)a 25S



YSAFqSqA(0-C)d 25S

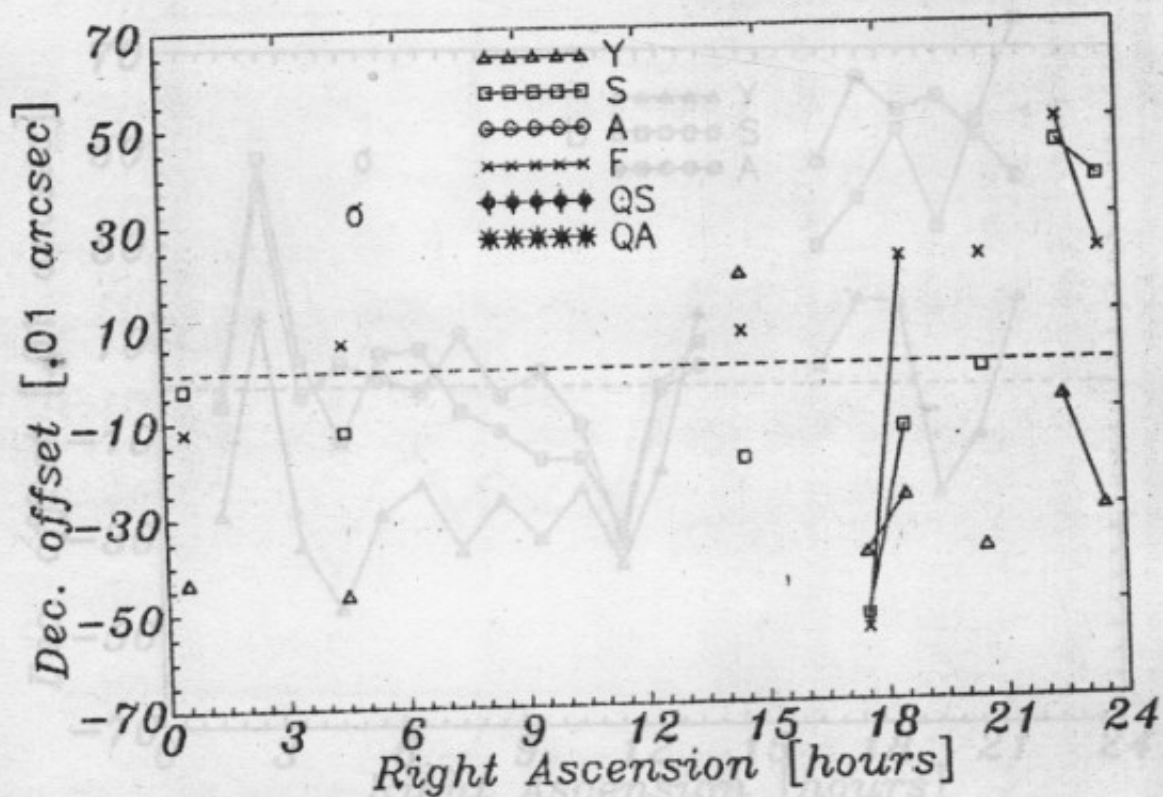
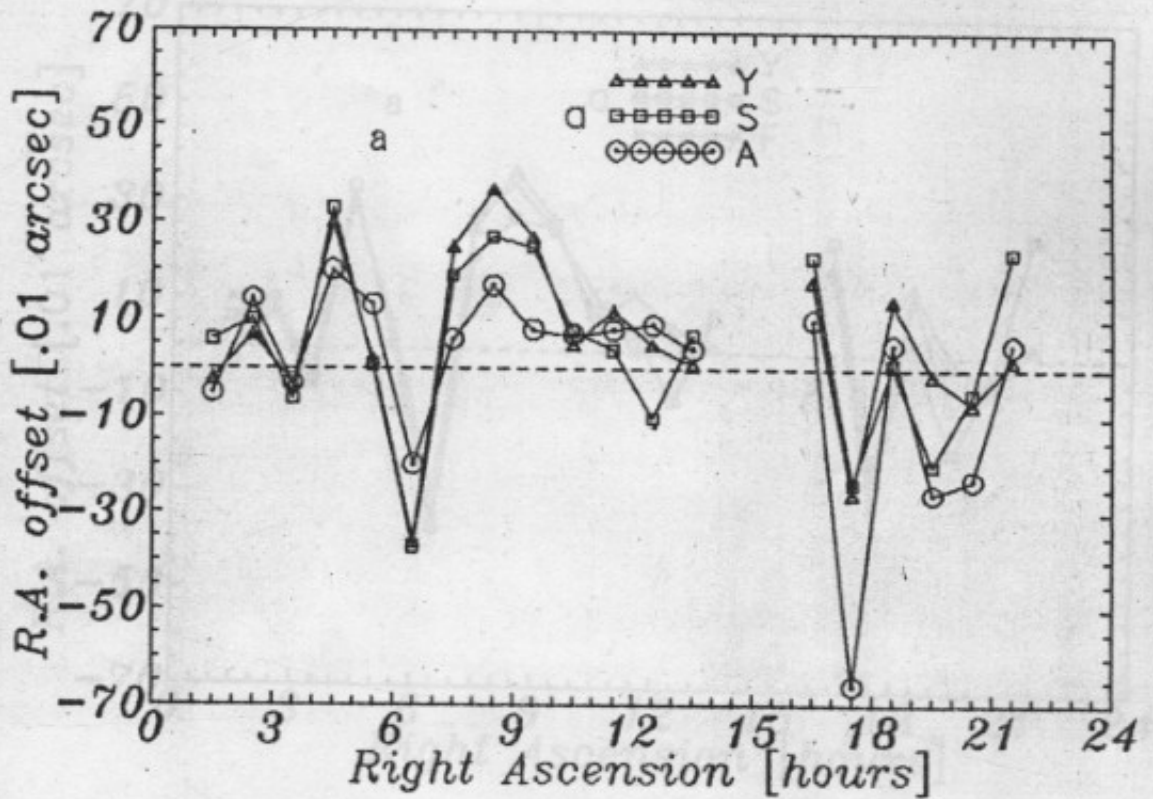


Рис. 3.6а, б. Середні нев'язки в а(а) і б(б) вибраних малих планет в системах каталогів YC і SAOC за даними спостережень в ГАО

YSA(0-C)a 15N



YSA(0-C)d 15N

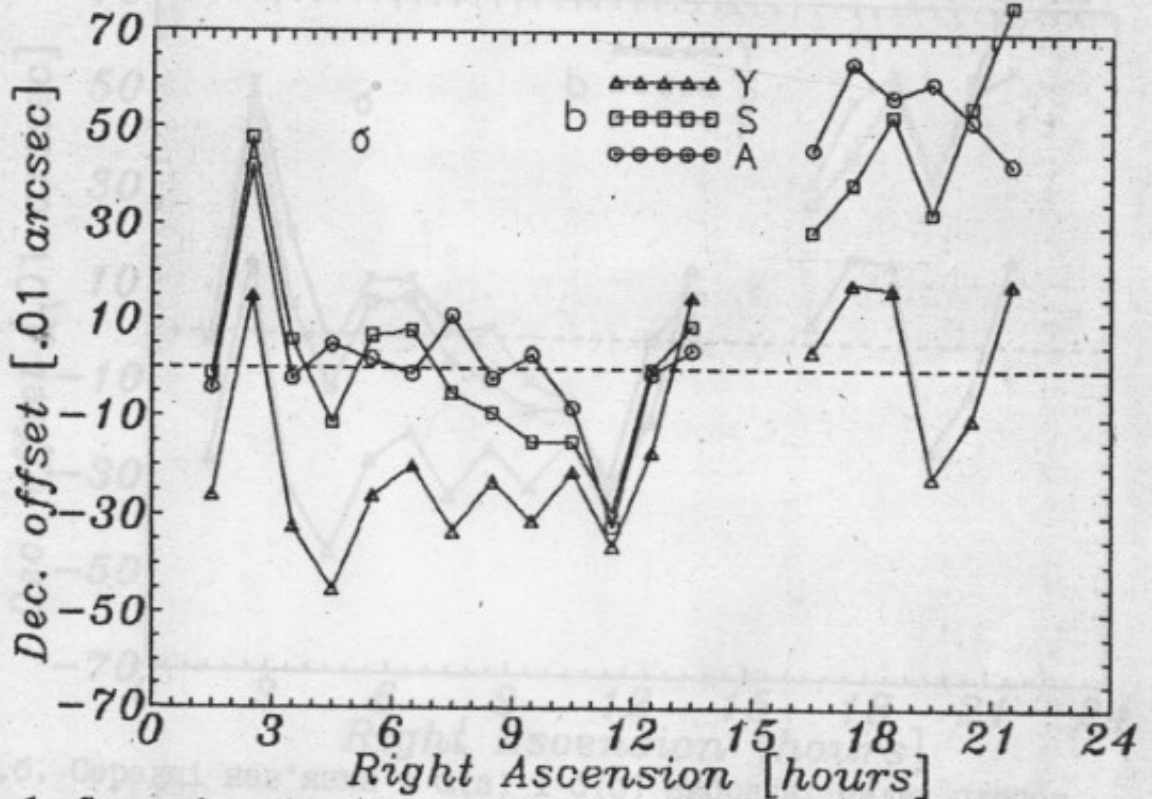
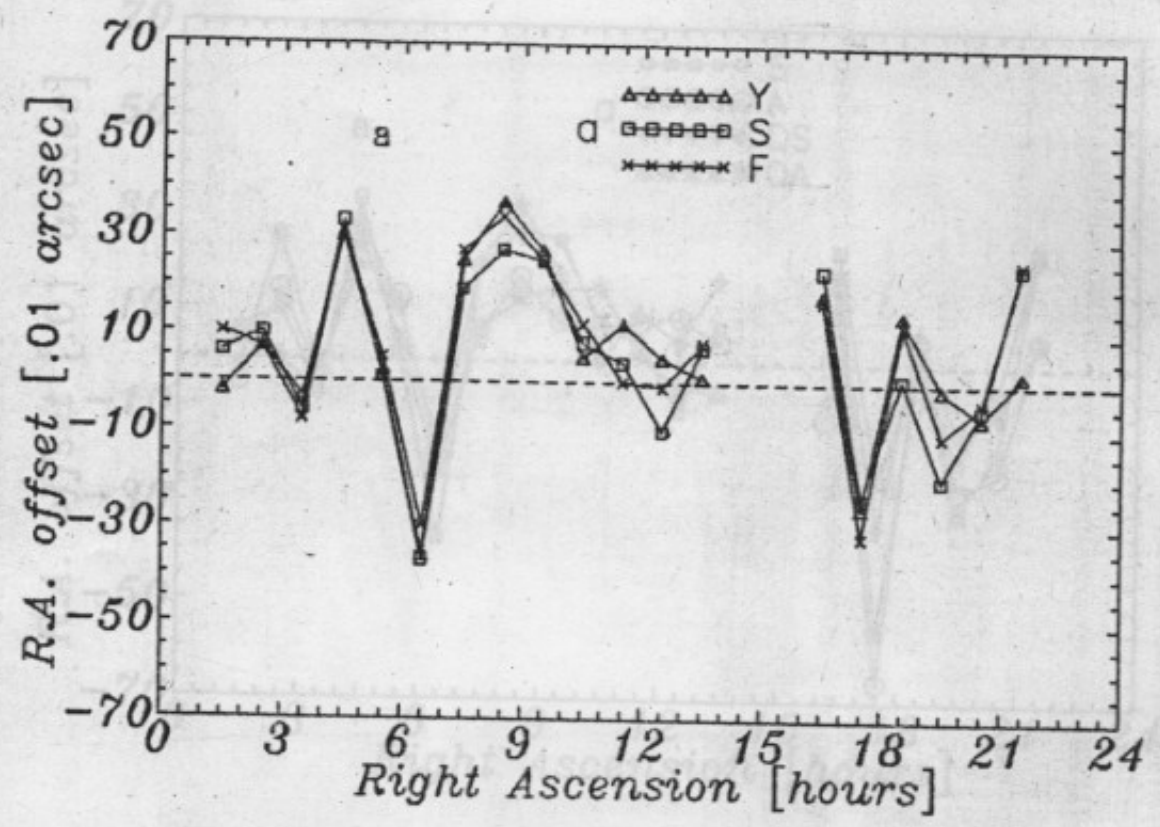


Рис.3.7а,б. Середні нев'язки в α (а) і δ (б) вибраних малих планет в системах каталогів YC, SAOC і AGK3 за даними спостережень в ГАО і МАО в 1952-1976 рр. для трапецій $1^h \times 10^\circ$ в зоні $10^\circ < \delta \leq 20^\circ$.

YSF(0-C)a 15N



YSF(0-C)d 15N

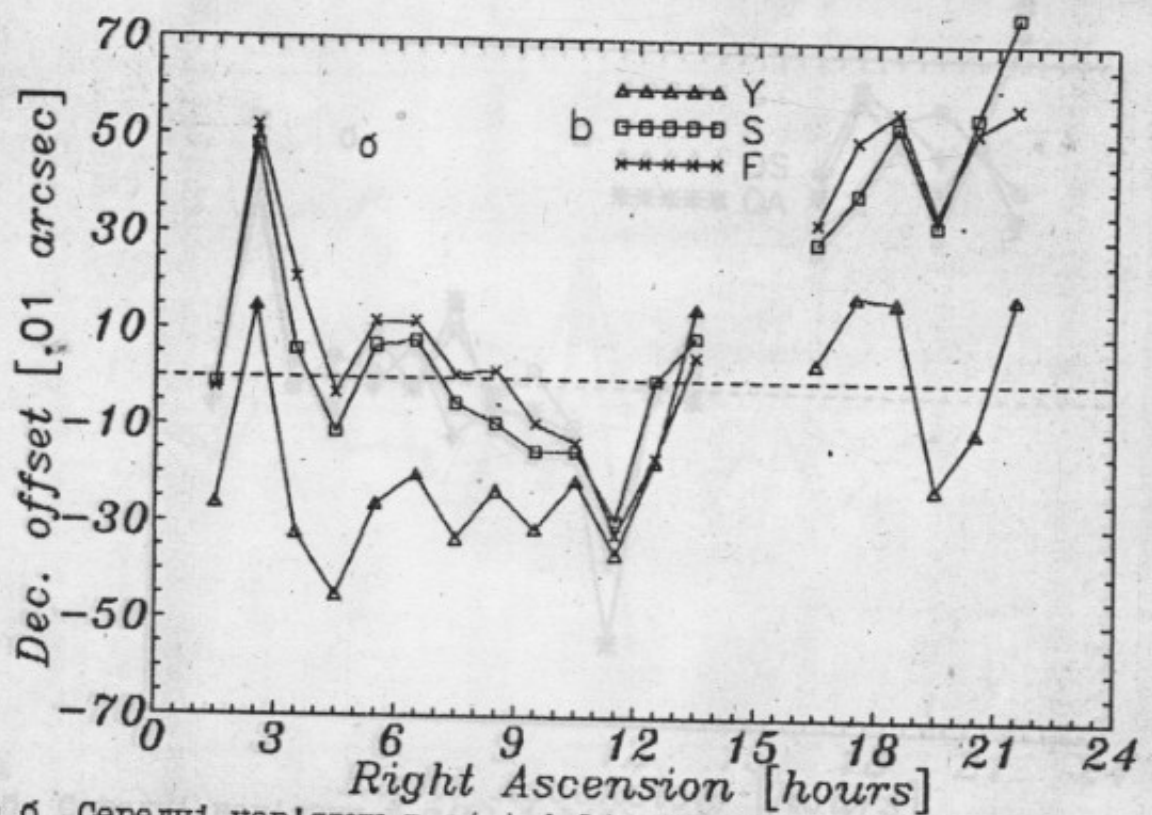
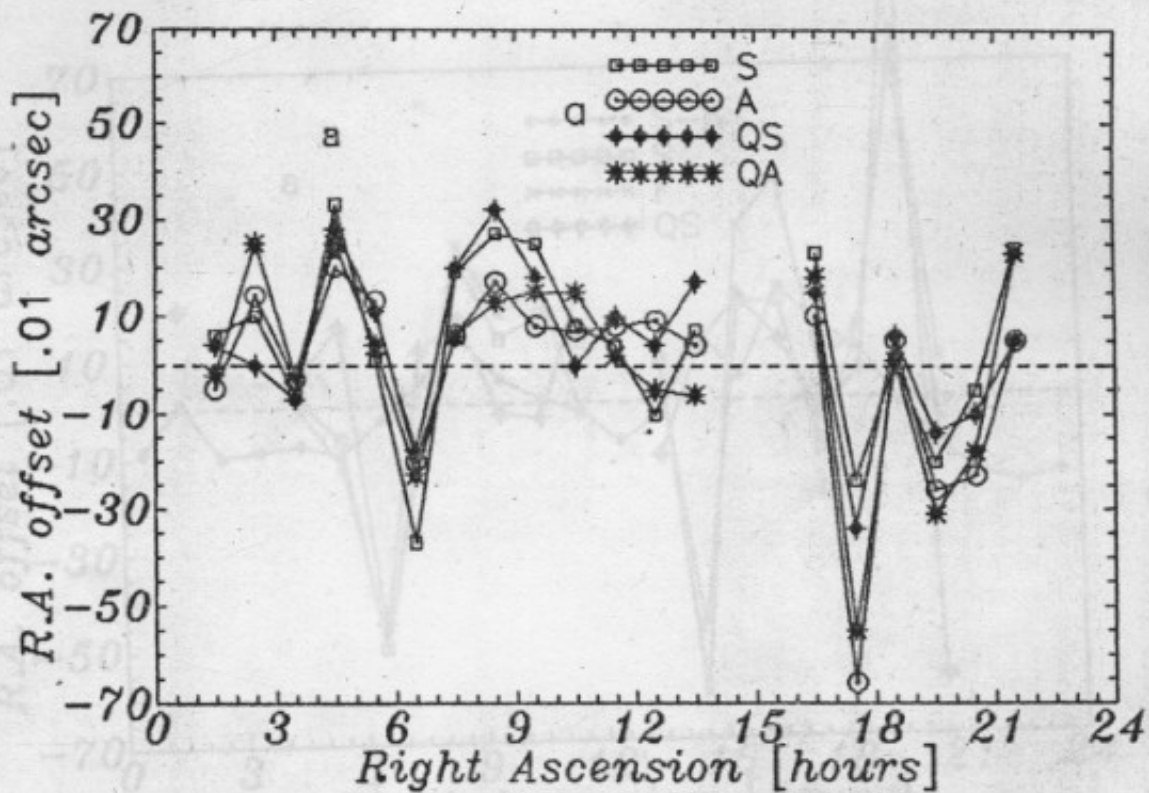


Рис.3.8а,б. Середні нев'язки в а(а) і б(б) вибраних малих планет в системах каталогів YC, SAOC і AGK3 за даними спостережень в ГАО і МАО в 1952-1976 рр. для трапецій $1^h \times 10^0$ в зоні $10^\circ < \delta \leq 20^\circ$.

SAqSqA(0-C)a 15N



SAqSqA(0-C)d 15N

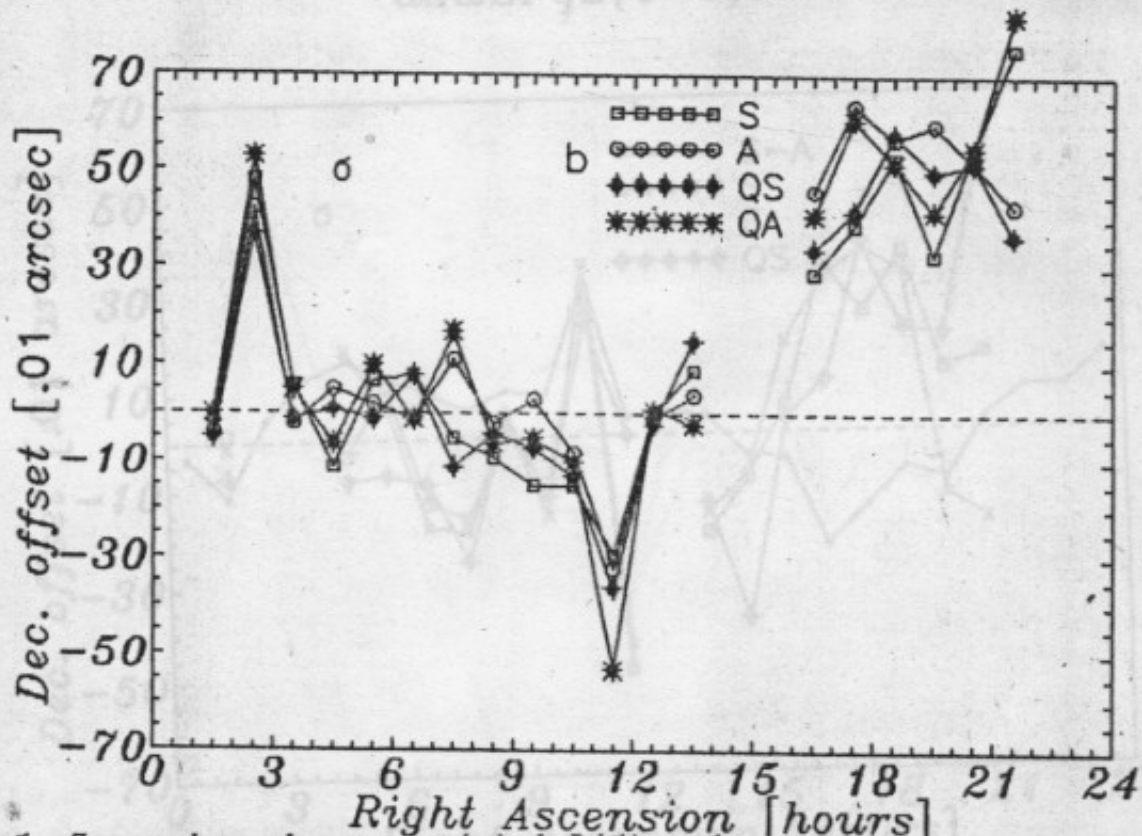
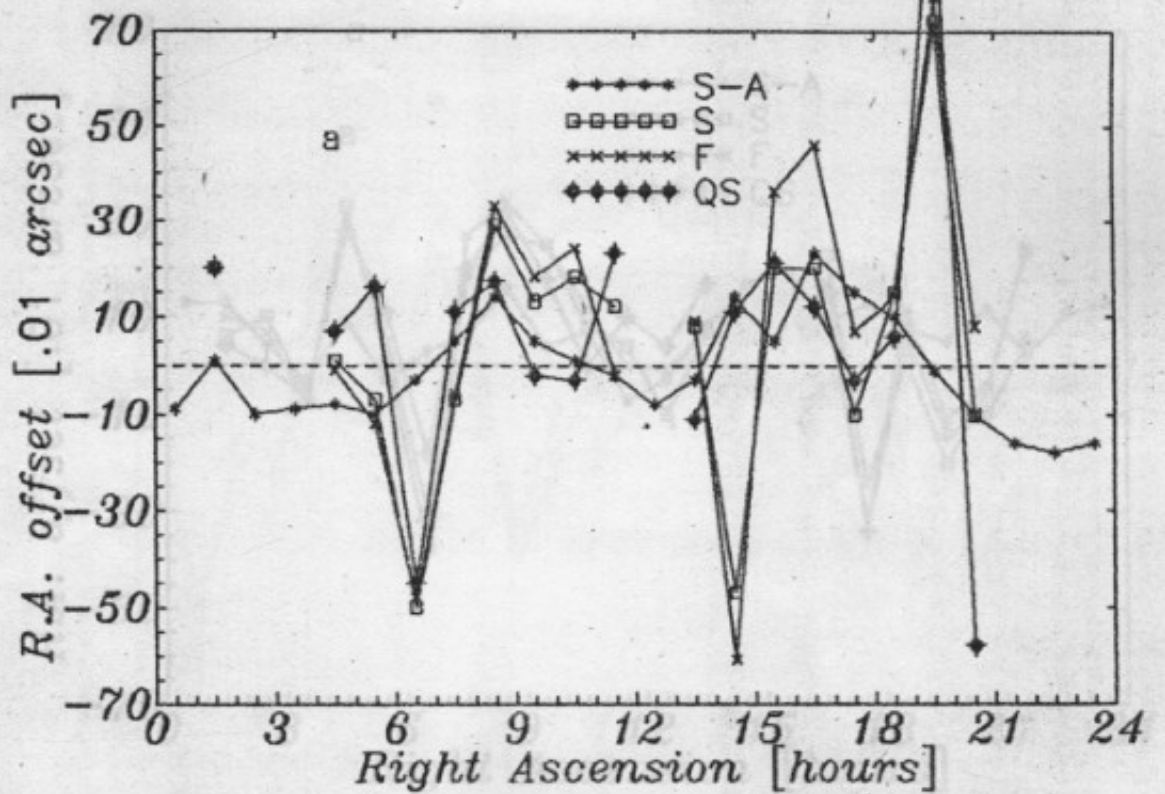


Рис.3.9а,б. Середні нев'язки в α (а) і δ (б) вибраних малих планет в системах каталогів SAOC і AGK3 за даними спостережень в ГАО і МАО в 1952-1976 рр. для трапецій $1^h \times 10^\circ$ в зоні $10^\circ < \delta \leq 20^\circ$.

$dS\&SFqS(0-C)\alpha$ 25N



$dS\&SFqS(0-C)\delta$ 25N

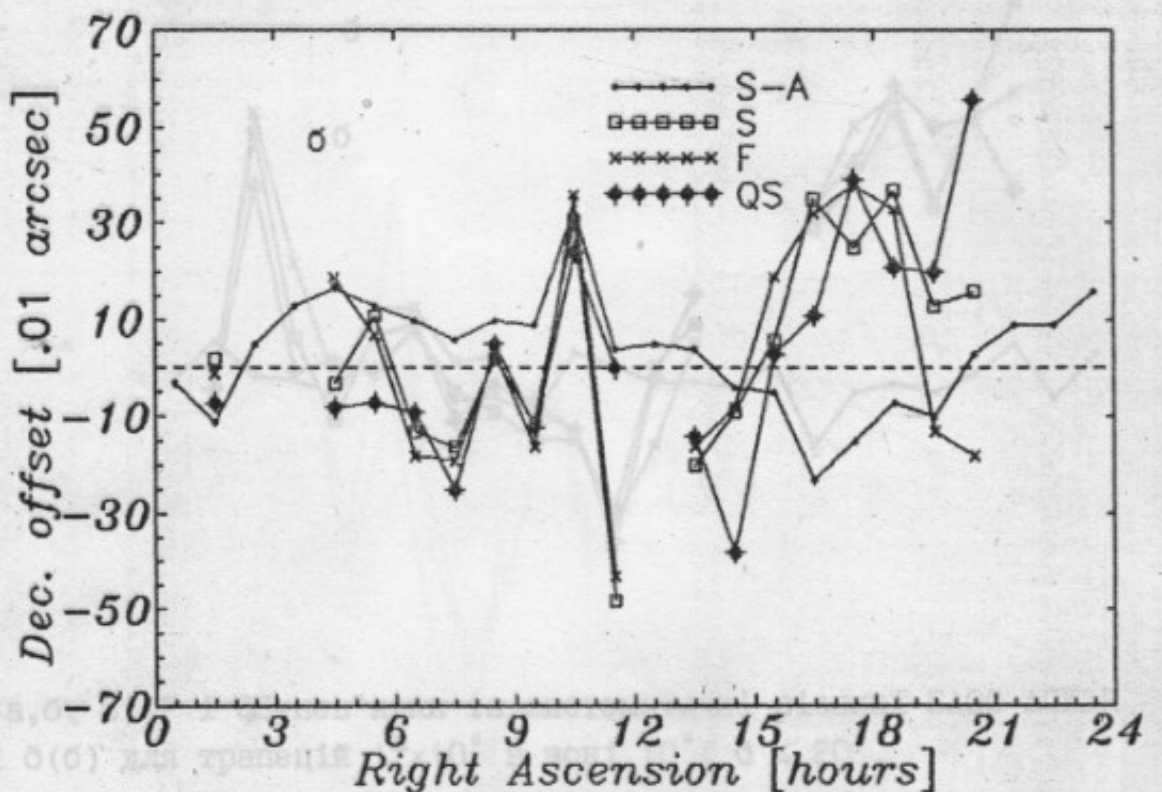
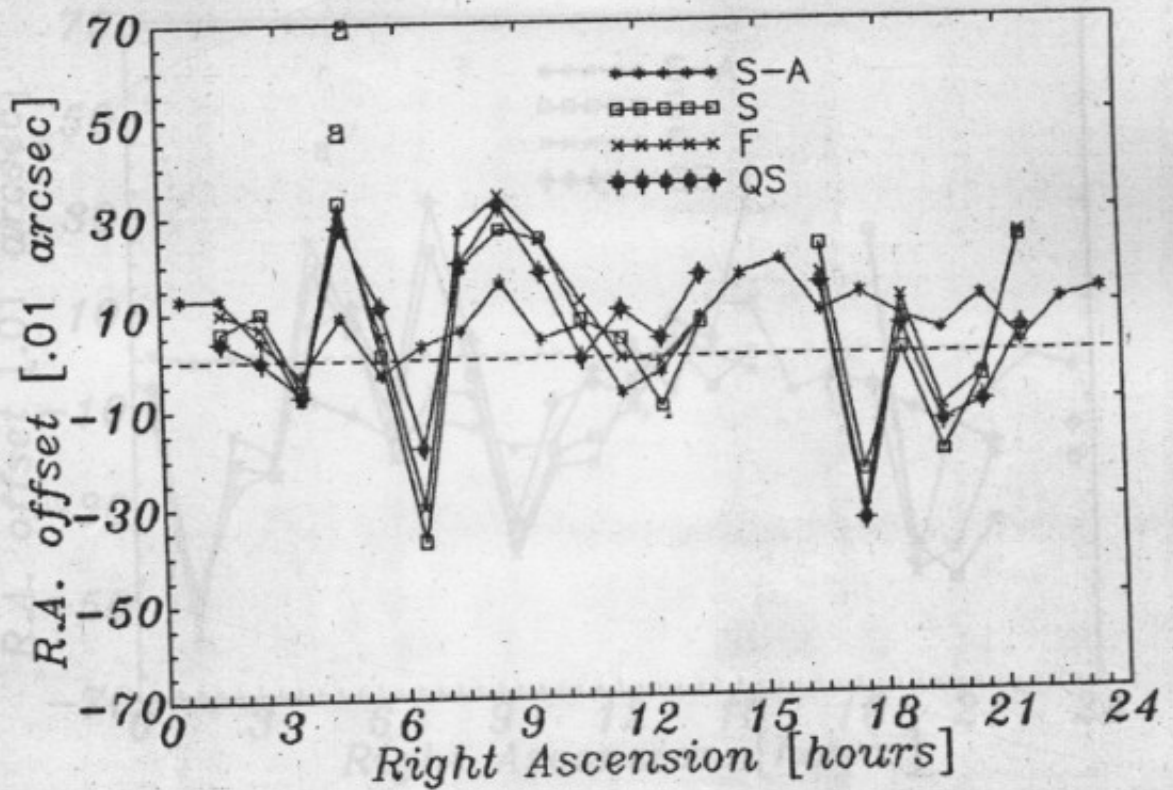


Рис.3.10а,б. S, F і QS-нев'язки та систематичні різниці SAOC-AGKЗР в $\alpha(a)$ і $\delta(b)$ для трапецій $1^h \times 10^\circ$ в зоні $20^\circ < \delta \leq 30^\circ$.

$dS \& SFqS(0-C)a$ 15N



$dS \& SFqS(0-C)d$ 15N

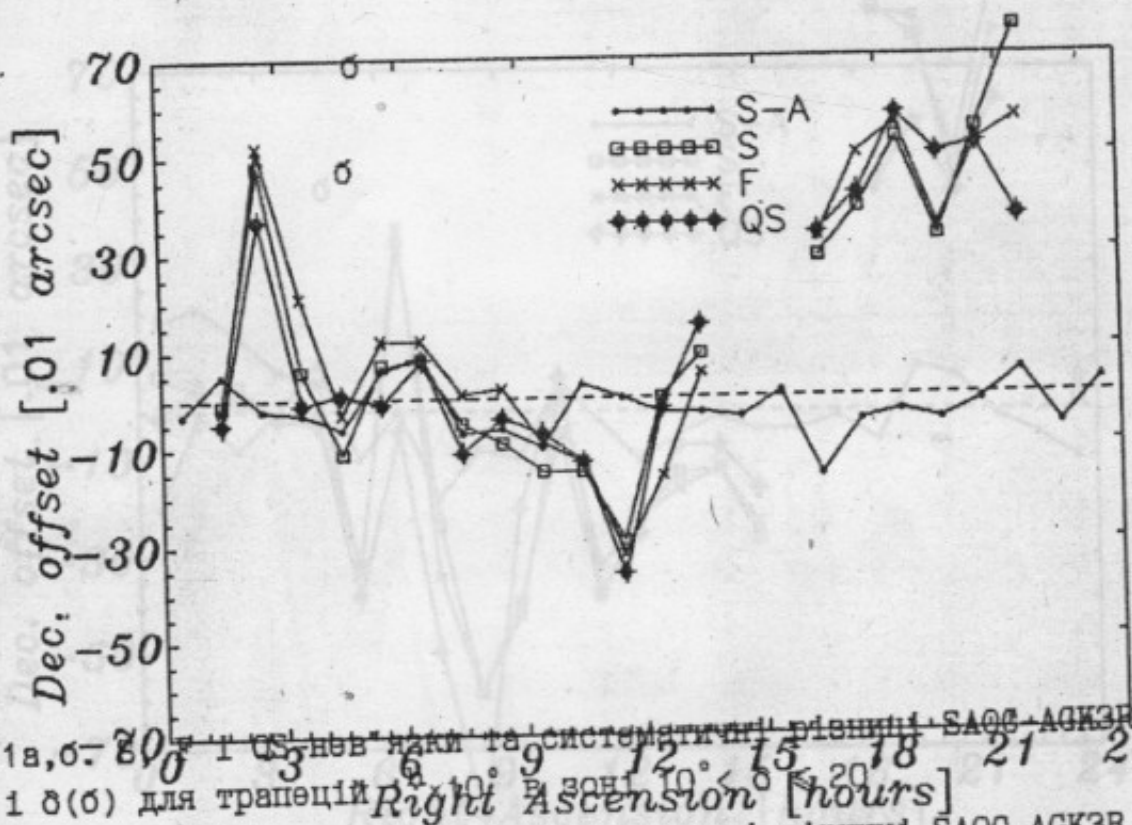
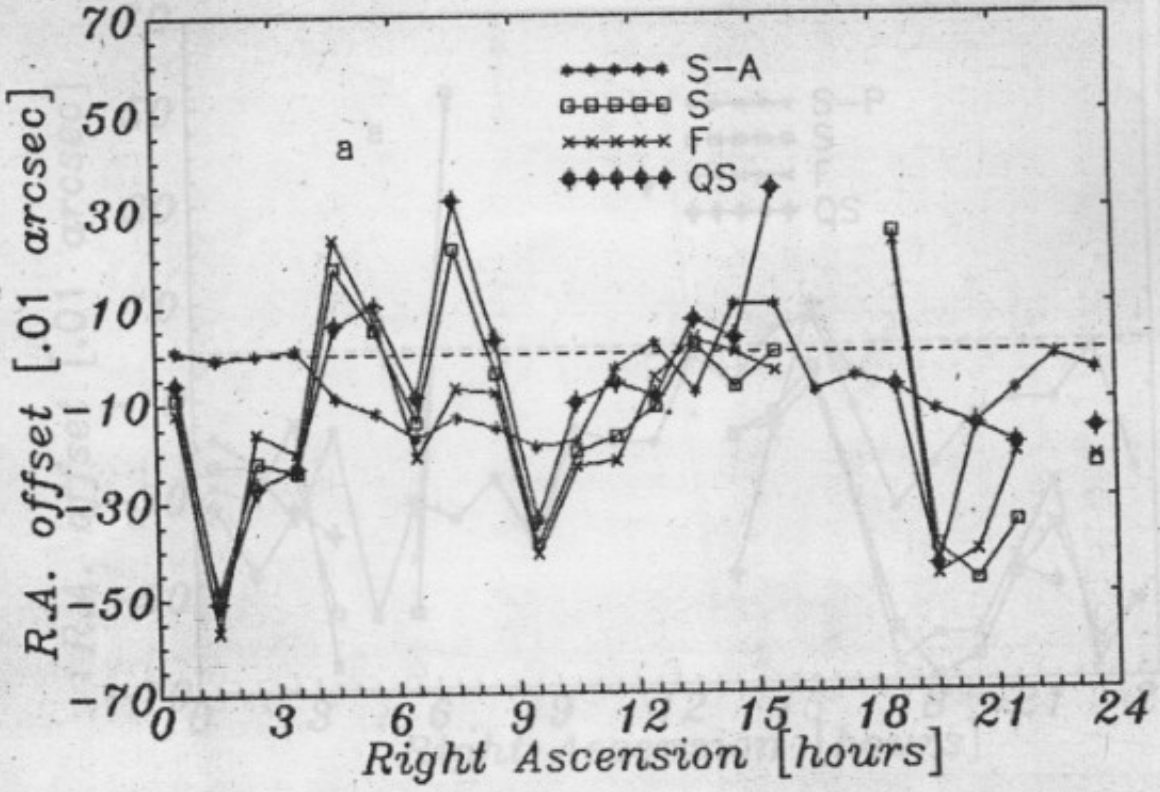


Рис.3.11а,б. δ і QS-нев'язки та систематичні різниці SAOC-AGK3R в $\alpha(a)$ і $\delta(b)$ для трапецій $1^h \times 10^\circ$ в зоні $10^\circ < \delta \leq 20^\circ$.
 Рис.3.11а,б. S, F і QS-нев'язки та систематичні різниці SAOC-AGK3R в $\alpha(a)$ і $\delta(b)$ для трапецій $1^h \times 10^\circ$ в зоні $10^\circ < \delta \leq 20^\circ$.

$dS\&SFqS(0-C)\alpha$ 5N



$dS\&SFqS(0-C)\delta$ 5N

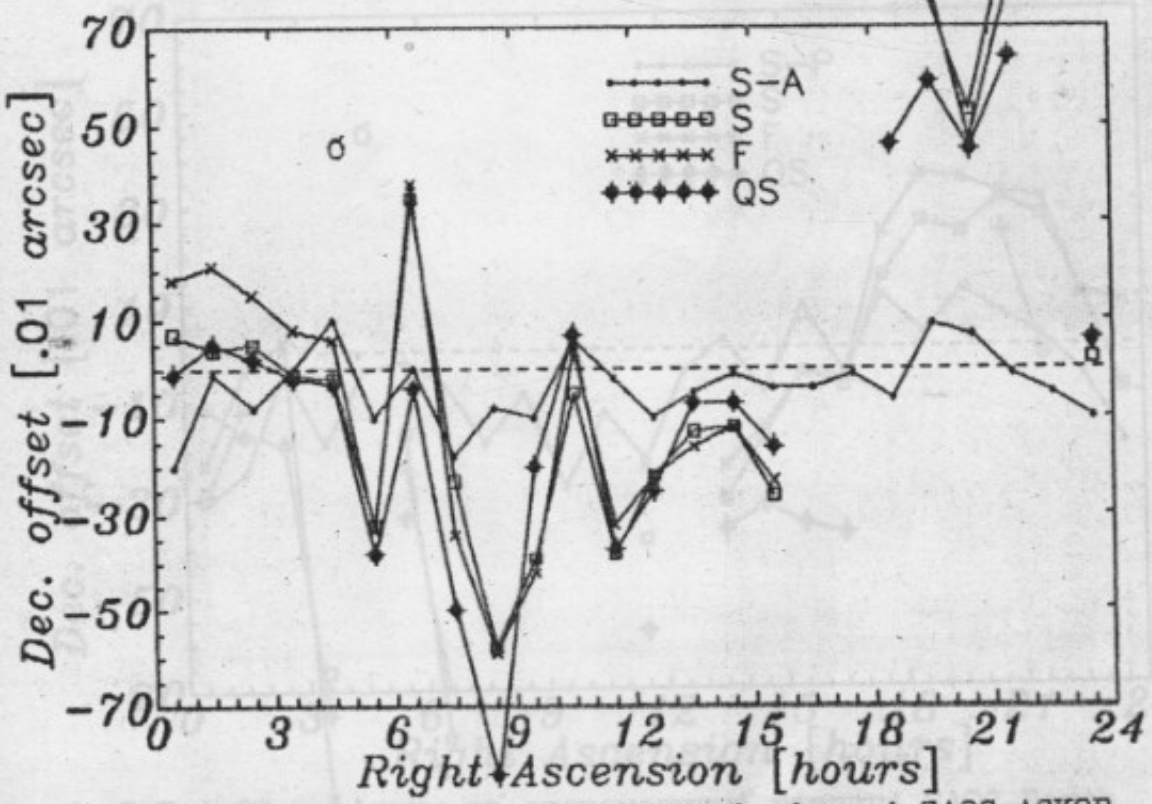
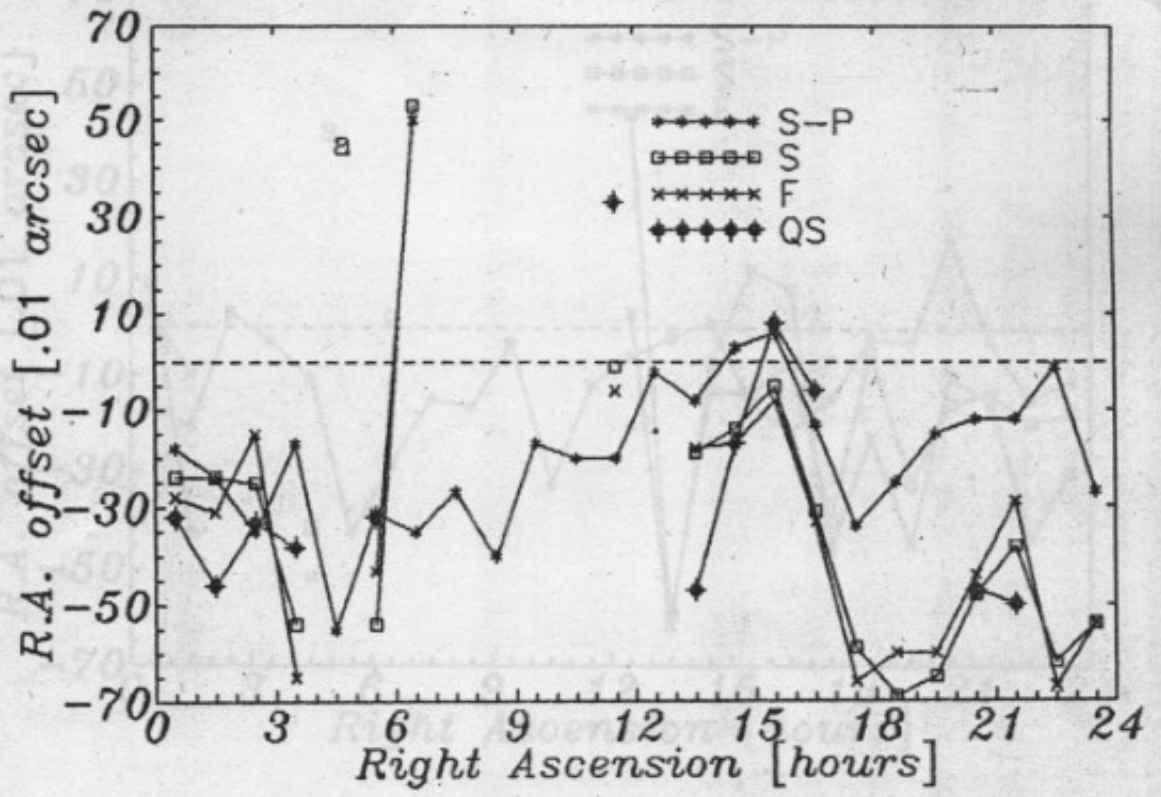


Рис.3.12а,б. S, F і QS-нев'язки та систематичні різниці SAOC-AGK3R в α (а) і δ (б) для трапецій $1^h \times 10^{\circ}$ в зоні $0^{\circ} < \delta \leq 10^{\circ}$.

$dS \& SFqS(0-C)\alpha$ 5S



$dS \& SFqS(0-C)\delta$ 5S

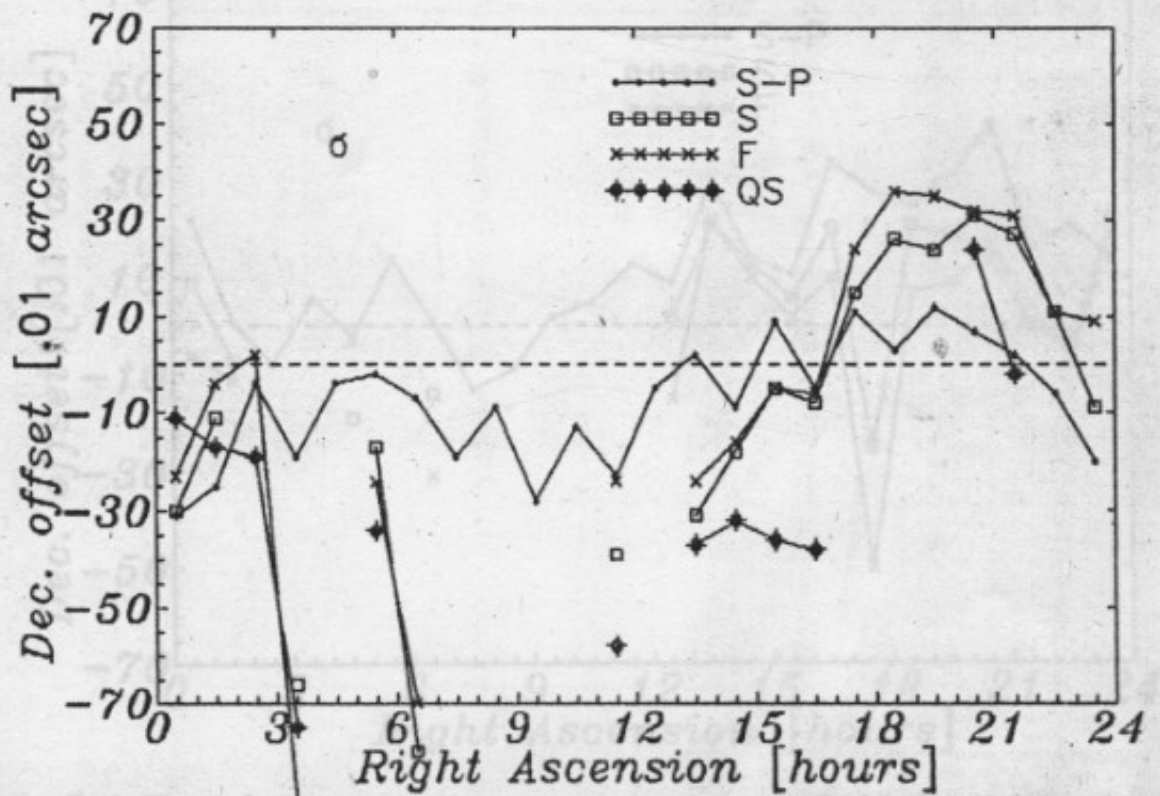
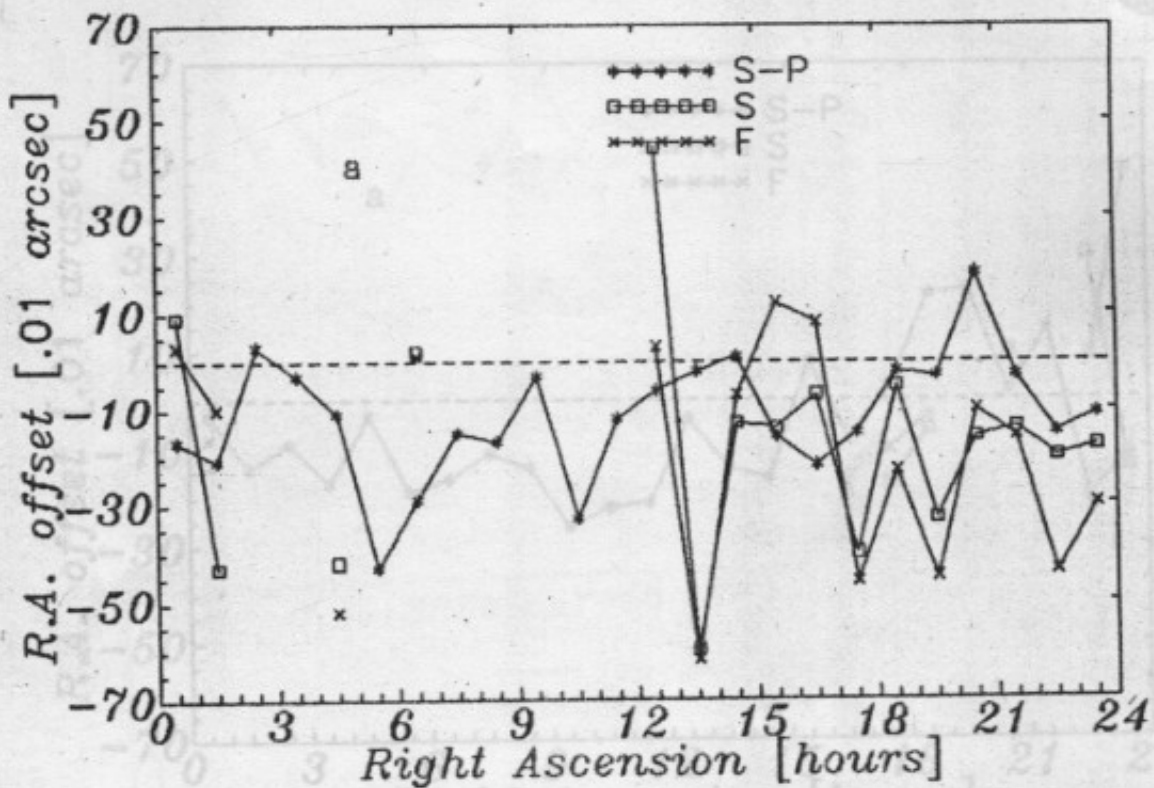


Рис.3.13а,б. S,F і QS-нев'язки та систематичні різниці SAOC-Perth 70 в α (а) і δ (б) для трапецій $1^h \times 10^\circ$ в зоні $-10^\circ < \delta \leq 0^\circ$.

$dS\&SF(0-C)a$ 15S

34



$dS\&SF(0-C)d$ 15S

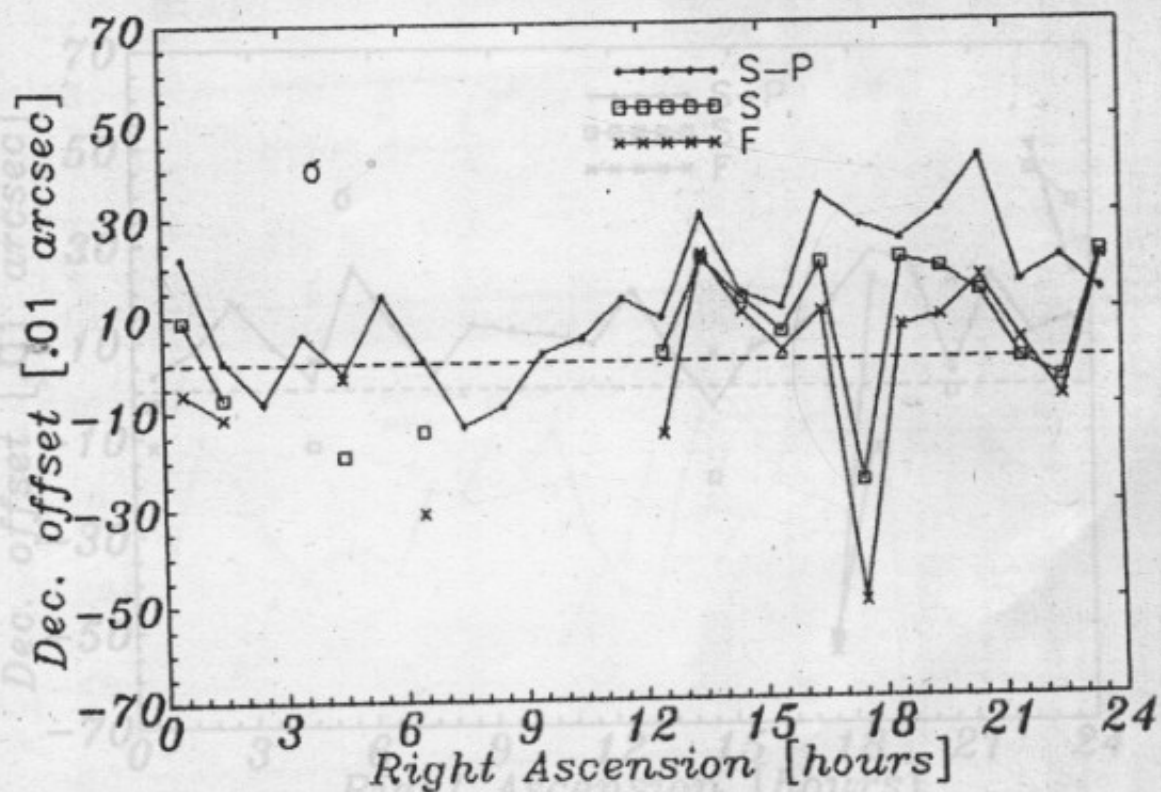


Рис.3.14а,б. S і F-нев'язки та систематичні різниці SAOC-Perth 70 в α (а) і δ (б) для трапецій $1^h \times 10^\circ$ в зоні $-20^\circ < \delta \leq -10^\circ$.

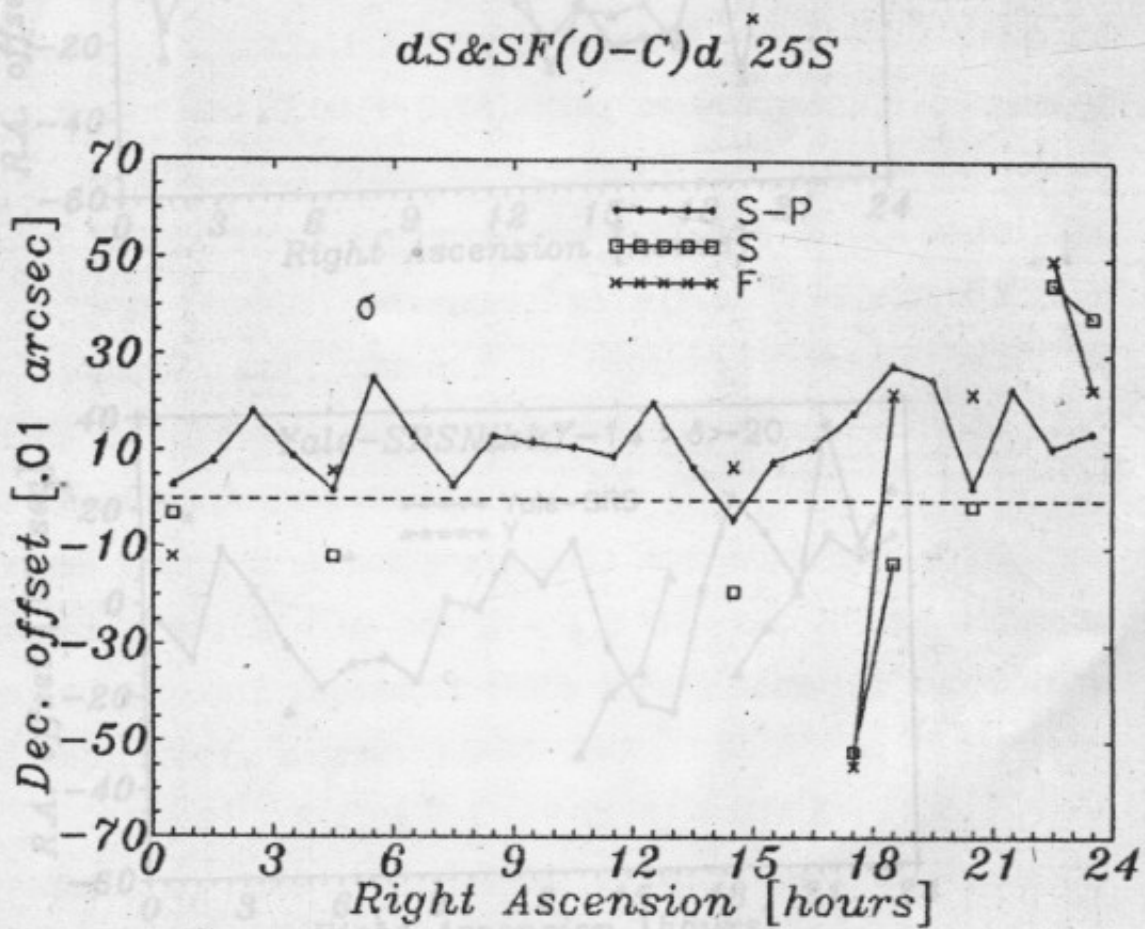
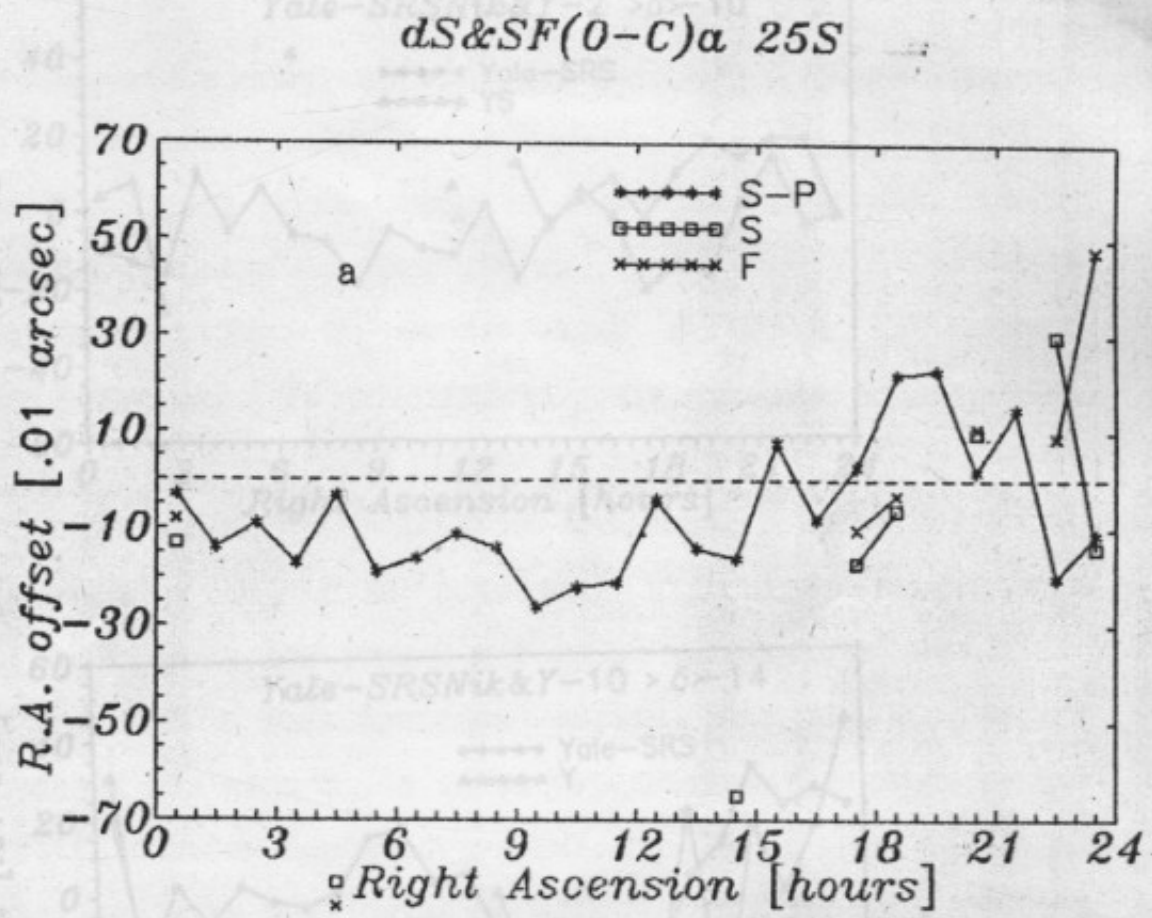


Рис.3.15а,б. S і F-нев'язки та систематичні різниці SAOC-Perth 70 в а(а) і δ(б) для трапецій $1^h \times 10^\circ$ в зоні $-30^\circ < \delta \leq -20^\circ$.

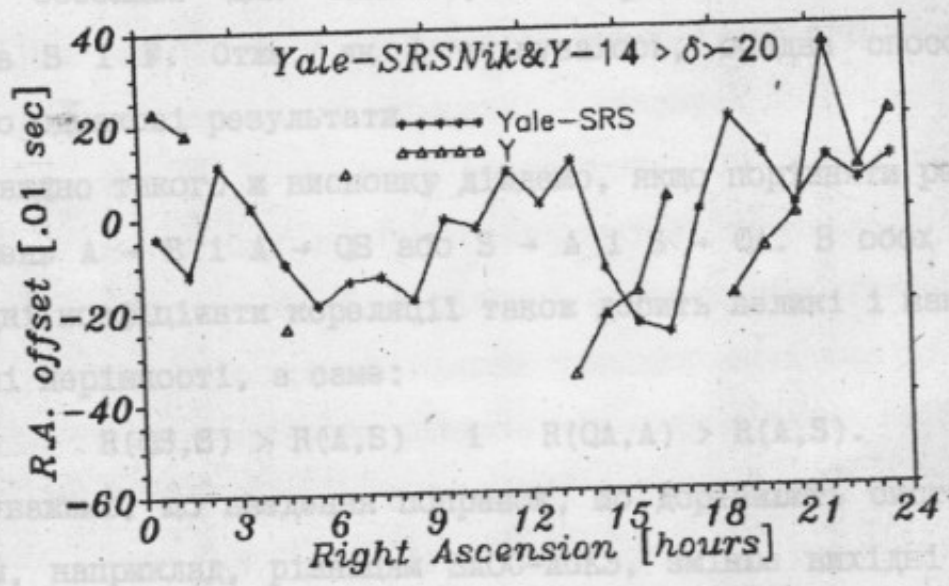
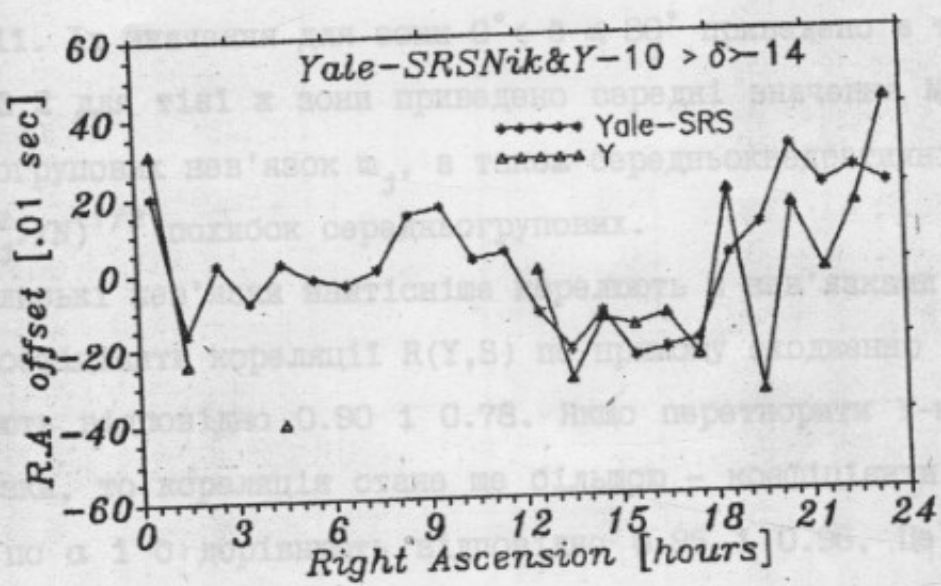
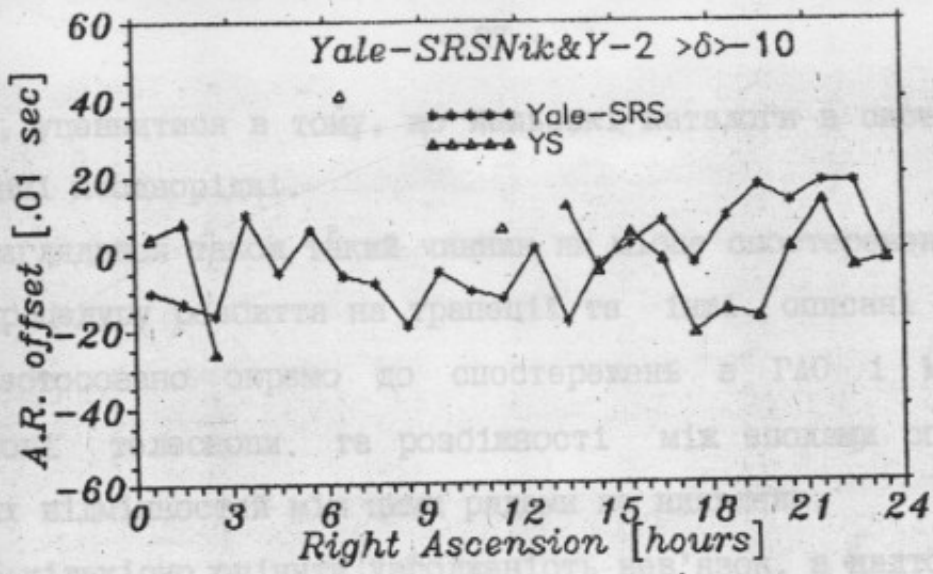


Рис.3.16а,б,в. Y-нев'язки і систематичні різниці Yale-SRS_{Nik} в α для трапецій 1^h×dδ° в зонах -2°>δ>-10°, -10°>δ>-14° і -14°>δ>-20°..

зокрема, упевнитися в тому, що Йельські каталоги в систематичному відношенні неоднорідні.

Розглядався також такий чинник як місце спостереження. З цієї метою процедуру розбиття на трапеції та інші описані нижче дії було застосовано окремо до спостережень в ГАО і МАО. Попри неоднакові телескопи та розбіжності між епохами спостережень суттєвих відмінностей між цими рядами не виявлено.

Щоб кількісно оцінити узгодженість нев'язок, а надто нев'язок S, F, QS та A і QA, були обчислені відповідні коефіцієнти кореляції. Їх значення для зони $0^\circ < \delta \leq 30^\circ$ приведено в табл.3.1. В табл.3.2 для тієї ж зони приведено середні значення $M = \langle m_j \rangle / N$ середньогрупових нев'язок m_j , а також середньоквадратичні значення $E = (\langle \epsilon_j^2 \rangle / N)^{1/2}$ похибок середньогрупових.

Йельські нев'язки найтісніше корелюють з нев'язками в системі SAOC. Коефіцієнти кореляції $R(Y,S)$ по прямому сходженню і схиленню дорівнюють відповідно 0.90 і 0.78. Якщо перетворити Y-нев'язки в F-нев'язки, то кореляція стане ще більшою - коефіцієнти кореляції $R(F,S)$ по α і δ дорівнюють відповідно 0.95 і 0.96. Це найбільші значення у всій таблиці. Знаменно, що $R(F,S) > R(Y,F)$. Досить близькі, особливо для схилень, є середні значення нев'язок варіантів S і F. Отже, як і очікувалось, обидва способи дали практично однакові результати.

Очевидно такого ж висновку дійдемо, якщо порівняти результати перетворень $A \rightarrow S$ і $A \rightarrow QS$ або $S \rightarrow A$ і $S \rightarrow QA$. В обох випадках відповідні коефіцієнти кореляції також досить великі і мають місце очікувані нерівності, а саме:

$$R(QS,S) > R(A,S) \quad \text{і} \quad R(QA,A) > R(A,S).$$

Зауважимо, що введення поправок, що дорівнюють систематичним різницям, наприклад, різницям SAOC-AGK3, змінює вихідні нев'язки

Таблиця 3.1. Коефіцієнти кореляції між визначеними в системах каталогів YC(Y), SAOC(S, F, QS) і AGKЗ(A, QA) нев'язками в прямих сходженнях (непарні стрічки) і скиленнях (парні стрічки) вибраних малих планет в зоні $0^\circ < \delta \leq 30^\circ$ за даними спостережень в ГАО і МАО в 1952-1976 рр.

Нев'язки	S	A	F	QS	QA
Y	0.90	0.58	0.88	0.70	0.80
Y	0.78	0.55	0.78	0.68	0.68
S		0.64	0.95	0.78	0.88
A		0.77	0.96	0.87	0.93
A			0.51	0.89	0.77
QS			0.73	0.92	0.86
F				0.69	0.78
				0.83	0.88
QS					0.68
					0.81

Примітка: Нев'язки Y, S, A одержані із безпосереднього порівняння з ефемеридними положеннями положень, визначених із редуційної обробки фотознімків в системі відповідно YC, SAOC, AGKЗ, або шляхом переведення цих нев'язок із однієї системи на іншу за допомогою відповідних зважених різниць в положеннях опорних зірок. Нев'язки F, QS, QA одержані шляхом трансформації нев'язок Y, A, S за допомогою систематичних різниць між відповідними каталогами.

Таблиця 3.2. Середні значення $M = \langle m_j \rangle / N$ середньогрупових нев'язок $m_j = \langle (O-O)_{1j} \rangle / n_j$ і середньоквадратичні значення похибок середньогрупових нев'язок $E = (\langle e_j^2 \rangle / N)^{1/2}$ в прямих сходженнях (α) і схиленнях (δ) вибраних малих планет в зоні $0^\circ < \delta \leq 30^\circ$ за спостереженнями в ГАО і МАО в 1952-1976 рр., в $0.001''$.

Нев'язки	M_α	E_α	M_δ	E_δ
Y	-27	21	-98	13
S	-19	19	74	12
A	1	21	77	12
F	-3	17	84	13
QS	5	21	44	13
QA	-20	20	107	16

тільки в систематичному відношенні і тільки до певної міри. Випадкова складова нев'язок при цьому залишається незмінною, а деякі систематичні похибки, як, наприклад, рівняння блиску і рівняння кольору, також можуть бути невраховані цими різницями. Тож не дивно, що похідні нев'язки деколи більш схожі на вихідні нев'язки, ніж на відповідників, які створені за допомогою зважених різниць. (Може тому по обох координатах $R(QA,S) > R(QA,A)$, $R(QS,A) > R(QS,S)$.) Очевидно, перетворення буде більш ефективним, якщо брати систематичні різниці координат і власних рухів для сукупностей зірок тих спектральних класів і зоряних величин, які використовувались при вимірюваннях, і в межах ділянок (трапецій), розміри яких відповідають розмірам робочого поля фотознімків. Цю

обставину слід мати на увазі, а надто у випадку, коли точності каталогів суттєво різні.

Нерідко можна бачити, що дві або більше малих планет, маючи близькі координати - бо спостерігались майже в одному й тому ж місці на небесній сфері, - дали проте різко відмінні нев'язки. Безсумнівно, що тут поряд з похибками спостережень, відіграли свою роль похибки ефемерид цих об'єктів. Відскоки деяких середньогрупових нев'язок також свідчать про помилковість ефемерид. Особливо помітно вирізняються з-поміж інших середньогрупові нев'язки по схиленню в області неба ($15^h < \alpha < 22^h$, $0^\circ < \delta < 30^\circ$). Зазначимо, що тут спостерігався лише один об'єкт. Це - Паллада. Цікаво, що в цій області деякі Йельські нев'язки, зокрема нев'язки в області ($19^h < \alpha < 21^h$, $0^\circ < \delta < 30^\circ$), є помірні. Доречно буде згадати, як були визначені елементи орбіт, за якими пораховано ефемеридні координати малих планет. Зацитуємо їх автора Орельську В.І. "...Найявні робочі елементи орбіт малих планет, - пише вона /41/, - одержані неодноразовим покращанням вихідних елементів, котрі опубліковано в збірнику "Ефемериди малих планет на 1966 р.", ще не давали досить точних значень О-С. З цієї метою із вивірених 18000 спостережень планет було вибрано біля 1500 добре узгоджених між собою положень астероїдів і виконано п'ятикратне покращання робочих елементів(...) В подальшому вони /нові елементи - С.М., С.Ш./ слугували основою для утворення більш точних значень О-С для всього спостережницького матеріалу..." Автор не пише, які - малі чи великі - були О-С у тих "добре узгоджених 1500" спостережень. Мабуть, вони були помірні. Як би там не було, але очевидно, що відбувся своєрідний перерозподіл похибок і нові елементи були узгоджені з окремими частинами Йельських каталогів. Тож не дивно, що АГКЗ, SAOC, а почасти й Йельські каталоги

конфліктують з цими елементами.

Насамкінець порівнюємо S, F і QS-нев'язки з систематичними різницями SAOC-AGK3R і SAOC-Perth 70[59], а Y-нев'язки -з взятими з оберненим знаком систематичними різницями SRS_{Nik} -Yale[46]. Відповідні графіки наводимо на рис.3.10-3.16. Нагадаємо, що систематичні різниці SAOC-AGK3R і SAOC-Perth 70 в прямих сходженнях і схиленнях були знайдені для 10-градусних зон по δ відповідно по 19596 зірках з $\delta > 0^\circ$ і 18775 зірках з $\delta < 0^\circ$. Систематичні різниці SRS_{Nik} -Yale в прямих сходженнях виведені для кожної Йельської зони по 5973 зірках з $0^\circ > \delta > -20^\circ$. Слід також мати на увазі, що епохи спостережень названих каталогів не збігаються: у SAOC це приблизно 1930р., AGK3R - близько 1950, Perth і SRS_{Nik} - приблизно 1970р. Систематичні різниці пораховано для епохи 1950.0. Одержані нами нев'язки відносяться в середньому до 1964р. І все ж попри відмінність епох спостережень є дуже багато подібного між графіками систематичних різниць dS , dY та нев'язками. Справді, в окремих δ -зонах коефіцієнти кореляції $R(dS, S)$, $R(dY, Y)$ дорівнюють 0.5-0.6.

3.4. Висновки.

1. Приведення астрометричних спостережень до однорідної системи, що є важливою передумовою багатьох досліджень, пов'язано з неабиякими труднощами. Чи не найбільші проблеми маємо з фотографічними спостереженнями тіл Сонячної системи. Бо ж чи можливо, наприклад, заново переіряти чисельні фотознімки цих об'єктів і зробити редуційні обчислення з урахуванням новітніх даних про зірки порівняння? Мабуть, єдине, що зараз спроможні зробити дослідники, це привести визначені колись координати на систему сучасного каталога, скориставшись систематичними різницями між відповідними каталогами. Проведене дослідження показало, що цей спосіб є не

тільки економічний, але й досить точний. Ефективність його тим вища, чим ретельніше, з урахуванням блиску, спектрів та розмірів полів опорних зірок складено таблиці систематичних різниць.

2. Із аналізу нев'язок з очевидністю випливає, що похибки спостережних положень вибраних малих планет, спричинені дією похибок Йельських каталогів, та інші похибки спостережень суттєво вплинули на точність виведених Орельською В.І. /41/ елементів орбіт цих об'єктів або принаймні деяких із них. Безсумнівно, що це сталося завдяки тому, що помилкові спостережені положення розподілились на небесній сфері і в часі нерівномірно. Очевидно, цей селективний ефект постійно заважає дослідникам знаходити істинні значення не тільки елементів орбіт, але й поправок екватора і рівнодення фундаментального каталога, систематичних похибок опорних каталогів тощо. Тож є підстави для сумнівів стосовно узгодженості між собою ефемерид тіл Сонячної системи.

4. Визначення періодичних компонент в рядах O-C

комети Галлея в появі 1986 р.

У звітний період було продовжено дослідження [34] 1781 різниць O-C, які були одержані в Лабораторії реактивних досліджень (Пасадена, США) відносно орбіти INW №55 за спостереженнями, проведеними на 15 обсерваторіях СРСР. На цей раз була зроблена спроба визначити періодичні компоненти за допомогою двох методів, а саме: 1) методу довжини відрізків або методу фазових діаграм [52, 56] та 2) методу Фур'є для випадку довільнорозподілених спостережень [51].

Отже, для кожної обсерваторії, окремо для $(O-C)_\alpha$ та $(O-C)_\beta$, були обраховані спектри $L(P)$, $\Phi(P)$, $W(P)$ і $S(P)$, при цьому величина пробного періоду варіювалася з кроком

0.1 доби в середньому на інтервалі 1-20 діб. Аналізуючи одержані результати, було встановлено, що: а) для різниць $(O-C)_\alpha$ екстремуми функцій визначаються менш впевнено і однозначно оскільки ці нев'язки, як показав статистичний аналіз, в значній мірі обтяжені випадковими похибками; б) одержані різними методами результати узгоджуються між собою з точністю 0.1 - 0.3 доби; в) характер спектрів залежить від розмірів і заповненості ряду $O-C$; г) ні один з методів не дав стійкого розв'язку.

Оскільки у кожному випадку окремого ряду різниць $O-C$ було важко розрізнити справжні і несправжні періодичності, то для визначення найвирогідніших були побудовані діаграми розподілу виявлених періодичностей у всіх рядах, окремо по прямому сходженню і схиленню і окремо для кожного із чотирьох спектрів. На їх основі була складена Табл. 4, в котру внесено ті періодичні складові, які найчастіше зустрічаються у спектрах. Серед них виділено групу основних гармонік періодів P та дві групи гармонік з періодами $0.5P$ і $2P$. Як бачимо, деякі гармоніки погано розділяються між собою, має місце їх перекриття (в межах точності визначення, тобто 0.1 - 0.3 доби). Зазначимо, що діаграми усіх чотирьох спектрів майже однакові.

З метою інтерпретації виявлених періодичностей було проведено порівняння з результатами інших дослідників. Виявилось, що виявлені періодичності добре узгоджуються зі спектром варіацій блиску цієї комети [58], підтверджують деякі прогнози та висновки стосовно обертального руху її ядра [50, 45].

На основі проведеного дослідження зроблено ряд висновків. Підкреслюється, зокрема, що ні один із розглянутих рядів $O-C$ не описується законом Гауса і що виявлені періодичності не є наслідком похибок опорних каталогів чи якихось умов

спостережень, а в, мабуть, відзеркаленням реальних варіацій яскравості комети Галлея. Докладніше це дослідження висвітлено в роботі автора [23].

Таблиця 4. Періодичні компоненти в рядах 0-0 комети Галлея за даними фотографічних спостережень 15 обсерваторій СРСР

0.5P, діб	P, діб	2P, діб
-	1.7-1.8	3.4-3.6
1.1; 1.2-1.3	2.0-2.2; 2.3-2.4	4.0-4.2; 4.4-4.9
1.4-1.5	2.8-2.9	5.5-5.6; 5.8-5.9
1.9-2.0	3.7-4.0	7.4-7.7; 7.9-8.0
2.1-2.2	4.2-4.4	8.4-8.5; 8.7-8.9
2.6-2.7	5.1-5.4	9.9-10.4; 10.4-10.9
3.1-3.2	6.1-6.2; 6.3-6.5	12.6-12.7; 12.8-13.0
3.5-3.6	7.0-7.3	14.5-15.0
4.5-4.7	9.0-9.4	18.3-18.4
5.5-5.9	11.2-11.4; 11.8-11.9	~21.1

5. Позиційні спостереження тіл Сонячної системи

і визначення їх координат.

Фотографічні спостереження окремих тіл Сонячної системи (ТСС) з метою визначення їх точних координат започатковано в ГАО НАН України ще в 1952р., коли за допомогою тільки-но встановленого астрографа Тепфера 40/550 були розпочаті систематичні спостереження вибраних малих планет для орієнтації небесної

45

45

системи координат. До цього було здійснено лише кілька пробних спостережень астероїдів і комет. Трохи згодом, на початку 1960-их років виконано перші ряди спостережень Венери, Марса, Юпітера і Сатурна. Дещо пізніше на цьому телескопі почали спостерігати деякі супутники Марса, Юпітера і Сатурна. Ще більшого розмаху набули ці роботи після вводу в експлуатацію в 1976р. подвійного (ширококутного) астрографа 400/2000 (ДША), коли стало можливим спостерігати більш слабкі об'єкти. У 1980-і роки в зв'язку з виконанням робіт по астрометричному забезпеченню космічного проекту "Фобос" для позиційних спостережень планет і їх супутників (а надто слабких) було залучено 60-см рефлектори (Цейс-600), встановлені на г.Майданак (Узбекистан) і в Обсерваторії Санта-Ана (Таріха, Болівія). Це дало змогу робити великомаштабні знімки областей неба з цими об'єктами і, отже, одержувати результати вищої точності. Тоді ж, на жаль, почався занепад фотографічних спостережень. В 1986р. перестав функціонувати подвійний (на той час виповнилось 10 років, як подвійний!) (довгофокусний) астрограф 40/550 (ДДА). Після 1990р. в Обсерваторію перестали надходити фотопластинки. З грудня 1991р. практично недоступними стали телескопи Цейс-600. Все це, а також деякі кадрові та організаційні зміни, що мали місце в останні 10 років, призвели до того, що, починаючи з 1994р., позиційні фотографічні спостереження ТСС в ГАО НАН України не ведуться взагалі.

У звітний період за допомогою телескопа Цейс-600 (г.Майданак) проведено фотографічні спостереження систем Сатурна, Урана і Нептуна в опозиції 1991р. Одержано 39 пластинок або 80 знімків (експозицій). Крім того, за допомогою ширококутного астрографа

ДАІШ (г.Майданак) зроблено ширококутні знімки ділянок неба з цими планетами для визначення координат проміжних опорних зірок. На подвійному астрографі Обсерваторії ДНА виконано спостереження деяких вибраних малих планет в опозиціях 1991, 1992 і 1993рр. Одержано 26 пластинок або 78 знімків. Розподіл пластинок по об'єктах наводимо в табл.5. Там же дається інформація про визначення положень цих об'єктів.

Таблиця 5. Відомості про позиційні фотографічні спостереження тіл Сонячної системи в ГАО НАН України за станом на кінець 1995р.

Об'єкт(и)	Початок спостережень, рік	Кількість одержаних пластинок і положень		
		до 1976р.	до 1991р.	до 1996р.
Венера	1960	256 -	360 284	360 284
Марс +супутн.	1962	383 195+33	759 1161+618	759 1318+831
Юпітер+супутн.	1962	99 56	376 56+ 60	376 56+ 60
Сатурн+супутн.	1962	45 4	252 92+348	267 252+580
Уран +супутн.	1963	4 -	46 18+ 35	61 18+ 35
Нептун+супутн.	1963	3 -	31 18+ 8	40 18+ 8
Плутон	1979	-	25 -	25 -
Астероїди	1952	554 335	1824 1075	1850 1433
Комети	1952	120 25	489 382	489 382
Всі	1952	1464 648	4162 4155	4227 5115

У звітній період було продовжено обробку за повною схемою спостережень Марса і його супутників, що виконані в 1988р. в Обсерваторії Санта-Ана (Болівія) за допомогою 60-см рефлектора по програмі "Фобос". Нагадаємо, що ці спостереження уже раз оброблялись, але за упрощеною схемою, що дозволило в оперативному режимі визначити відносні положення Фобос-Марс, Деймос-Марс та Фобос-Деймос і, отже, одержати необхідну інформацію для уточнення орбіт Фобоса і Деймоса. Тільки таким чином можна було в експедиційних умовах виконати жорсткі вимоги графіка робіт про передачу до 15 листопада 1988р. результатів спостережень в Центр керування польотами. Тепер, так би мовити, в камеральних умовах визначаються екваторіальні координати цих об'єктів. Для цього використовуються дані колишніх вимірювань знімків і нові дані, одержані після вимірювання тих знімків, які неможливо було міряти за допомогою експедиційного координатометра. Уже визначено 370 положень, в т.ч. 157 Марса, 86 Деймоса і 127 Фобоса. Пересічно похибка одиниці ваги становить $0.27''$ і $0.31''$ по прямому сходженню і схиленню відповідно. Результати ще не опубліковано.

Виконано обробку спостережень супутників Сатурна S2-S9 в опозиції 1990 р., котрі були проведені на г.Майданак за допомогою 60-см рефлектора. Визначено 232 геоцентричні положення цих об'єктів в системі SAOC. Зроблено це за методом двохступеневого прив'язування. Сигми цих положень, оцінені по внутрішній сходимості, у різних супутників різні і лежать в інтервалах: $0.22'' - 0.47''$ по α і $0.20'' - 0.30''$ по δ . Результати опубліковано [25].

Продовжено обробку спостережень малих планет, зроблених за допомогою ДША. Опрацьовано 220 фотопластинок. В результаті для 31

малої планети (із них 16 належать до списку вибраних м.п.) визначено 358 положень (в т.ч. 276 положень вибраних малих планет). Координати опорних зірок брались по SAOC, AGK3 і PPM. Результати опубліковано частково [9, 10].

Крім того, у звітний період підготовлено до друку і опубліковано спостережені координати супутників Сатурна в опозиції 1980р. [15] та Урана, Нептуна і їх супутників в опозиції 1990р. [24]. В цей же час вийшла із друку робота [16].

Ми не торкались тут методик спостережень і їх обробки оскільки ці питання докладно викладено в наших попередніх звітах [32-34] і в згаданих публікаціях.

Як і в попередні роки систематично велись реєстри одержаних астронегативів зі знімками ТСС з відміткою про їх придатність для вимірювання, а також про їх обробку. Ці реєстри використовуються зараз для створення баз даних астронегативів з ТСС і баз даних з їх положеннями. Одна із таких баз, а саме База даних положень астероїдів, визначених за спостереженнями 1950-1983рр. на ДДА і ДША, наводиться в Додатку.

6. Спостереження позагалактичних радіоджерел

Роботи по визначенню точних положень радіоджерел (РД) були розпочаті в ГАО НАН України в 1984р. і виконувались в руслі Всесоюзної програми ROAS (пізніше KONFOR) [54], основною ціллю якої є встановлення зв'язку між оптичною і радіоінтерферометричною системами координат. В той час спостереження радіоджерел, точніше оптичних двійників радіоджерел з огляду на їх малу світність в

оптичному діапазоні можна було робити тільки за допомогою світлосильних телескопів, астрометричні властивості котрих часто-густо були маловивчені. Тож щоб досягти поставленої мети треба було вирішити триєдину задачу: провести фотографічні спостереження РД; виконати дослідження телескопів з метою віднайдення оптимальних моделей редукції вимірів; визначити точні координати проміжних опорних зірок (при потребі) і координат РД.

У звітний період велась обробка спостережень. Зокрема виконано вибірку знімків, непридатних для вимірювання; ототожнено і проміряно ряд знімків з РД; визначено біля 20 положень РД і біля 200 положень проміжних опорних зірок; перевизначено в системі PPM положення всіх опрацьованих до 1992р. проміжних опорних зірок і РД. Коротко опишемо зроблене, зокрема подамо деякі відомості стосовно спостережницьких даних, досліджень телескопів, одержання положень проміжних опорних зірок і РД.

Фотографічні знімки РД одержано в 1984-1990рр. за допомогою ДША, 60-см рефлекторів Цейс-600, встановлених на г.Майданак (Узбекистан) і в Обсерваторії Санта-Ана(Таріха, Болівія), а також 50-см Шмідта Бюраканської астрофізичної обсерваторії АН Вірменії. (Зауважимо, що спостереження РД, виконані в 1988-1989рр. в Болівії поки-що неопрацьовувались.) Крім того, було оброблено 14 знімків, зроблених за допомогою 200-см Шмідта Таутенбурзької обсерваторії і котрі люб'язно надав нам В.Дік із Потсдамського Центрального інституту астрофізики. Деякі відомості про ці спостереження подано в табл.6.1

координата 500 проміжних опорних зірок і РД в системі АУЕЗ, 5400 і PPM. Із спостережень на ДША визначено положення 335

Таблиця 6.1. Характеристика опрацьованих спостережень.

Телескоп	D, см/F, см	поле знімка	к-т дисторсії мм/мм ⁻³	к-кість знімків	к-кість РД
ДША	40/200	8°×8°	-0.5×10 ⁻⁷	238	65
50-см Шм.	50/175	5°×5°	-0.3×10 ⁻⁶	9	4
60-см Кас.	60/750	40'×40'	-0.4×10 ⁻⁶	142	41
200-см Шм.	200/400	1.5°×1.5°	-0.3×10 ⁻⁶	14	2

Примітка: залишилось неопрацьованих ≈ 10 знімків для визначення положень РД і ≈ 30 знімків для визначення координат проміжних опорних зірок.

Особлива увага приділялась дослідженню астрометричних характеристик телескопів, а надто зеркальних телескопів. Зокрема були визначені коефіцієнти дисторсії 50-см Шмідта і 60-см рефлектора. Оптимальні редуційні моделі зв'язку між ідеальними і вимірними координатами визначалась шляхом порівняння середньоквадратичних похибок умовних рівнянь кількох моделей або керуючись статистичним критерієм Ейхгорна-Вільямс. Деякі подробиці цих досліджень викладено в [29, 30, 34].

Для визначення положень проміжних і опорних зірок використовувались знімки ділянок неба з РД, спеціально зроблені для цього за допомогою ДША і телескопів Шмідта. Визначено координати ≈ 500 проміжних опорних зірок 11-13^m в системі AGK3, SAOC і PPM. Із спостережень на ДША визначено положення 335

проміжних опорних зірок для 22 ділянок з (середньов по всіх ділянках і двох координатах) середньоквадратичною похибкою одиниці ваги (сигма) $0.46''$ в системі AGK3 і $0.31''$ в системі PPM. Із Б'юроканських спостережень для 3-ох ділянок визначено положення 64 зірок; похибки відповідно дорівнюють $0.45''$ і $0.29''$. Із Таутенбурзьких спостережень для 2-ох ділянок визначено положення 39 зірок; згадані похибки дорівнюють $0.35''$ і $0.22''$. Оцінюючи точність визначених в системі PPM положень проміжних опорних зірок шляхом порівняння їх значень по різних знімках, тобто по внутрішній сходимості, було встановлено, що їх середньоквадратичні похибки за спостереженнями в Голосієві, Б'юрокані і Таутенбурзі дорівнюють відповідно $0.22''$, $0.20''$ і $0.13''$. Оцінювання по зовнішній сходимості зроблено із порівняння одержаного каталога проміжних опорних зірок з аналогічним каталогом, складеним в Абстуманській обсерваторії [17]. В цих двох каталогах виявлено 11 ділянок з 67 спільними зірками. Систематичні різниці між каталогами, обраховані по цих зірках, дорівнюють $-0.06'' \pm 0.04''$ по α і $+0.01'' \pm 0.05''$ по δ .

В подальшому каталог проміжних опорних зірок було використано для визначення координат РД. (Інколи положення РД визначались безпосередньо відносно зірок AGK3.) Визначені в ГАО НАН України положення 31 радіоджерела опубліковано в [28], де, крім прямих сходжень і схилень в системі AGK3 і PPM або в системі SAOC для РД південної півкулі, наводяться також різниці в смислі "радіоположення мінус оптичне положення" (R-O). Зразу зауважимо, що більше 60% різниць R-O не виходять за межі інтервалу $\pm 0.2''$. В середньому відмінності між оптичними координатами (в системі

52

каталога PPM) і радіокоординатами становлять $-0.05'' \pm 0.05''$ по α і $+0.01'' \pm 0.05''$ по δ . Відзначимо, що під час виконання цих досліджень серед спостережених РД, зокрема серед лацертидів, було виявлено кілька об'єктів, у яких $R-0 > 0.5''$. Таку різницю неможливо пояснити лише похибками вимірювання чи похибками опорних каталогів. З подібним стикалися й інші дослідники [48]. Мабуть, ці об'єкти не являються компактними в оптичному діапазоні.

Порівнюючи значення координат 20 РД, визначені в системах AGK3 і PPM, було знайдено, що систематичні різниці AGK3-PPM в середньому дорівнюють $+0.02'' \pm 0.03''$ і $+0.03'' \pm 0.04''$ відповідно по прямому сходженню і схиленню відповідно.

Якщо якийсь об'єкт спостерігався за допомогою якогось телескопа кілька разів, то результати таких спостережень усереднювались. Порівняння цих результатів дало змогу оцінити точність визначення координат за допомогою даного телескопа. Відповідні оцінки похибок координат РД в системі PPM наводимо в табл. 6.2.

Таблиця 6.2. Середні по кількох (N) РД середньоквадратичні похибки визначення прямих сходжень і схилень в системі PPM за спостереженнями на Цейс-600, 50-см та 200-см Шмідтах.

Телескоп	к-сть (N) РД	$\epsilon_{\alpha} \cos \delta$	ϵ_{δ}
Цейс-600 (Майданак)	17	$\pm 0.16''$	$\pm 0.11''$
50-см Шм. (Б'вракан)	4	$\pm 0.36''$	$\pm 0.23''$
200-см Шм. (Таутенбург)	2	$\pm 0.09''$	$\pm 0.07''$

3

Насамкінець зауважимо, що за точністю одержані положення такі ж як і в інших дослідників і, отже, можуть бути використані для розв'язання проблеми встановлення зв'язку між радіо і оптичною системами координат. Якщо спостереження цих РД повторити, то можна буде дослідити також власні рухи зірок в їх околі.

В И С Н О В К И

В ході виконання РДР одержано такі основні результати:

1. Було показано, що при неточно фіксованому положенні оптичного центра(ОЦ) знімка похибки ідеальних координат об'єкта, обчислених за методом депенденсів Шлезінгера, дорівнюють:

$$\Delta X'_{\text{ОВ}} = \Delta A \cos D (x_0^2 - \sum_{i=1}^n D_i x_1^2) + \Delta D (x_0 y_0 - \sum_{i=1}^n D_i x_1 y_1),$$

$$\Delta Y'_{\text{ОВ}} = \Delta A \cos D (x_0 y_0 - \sum_{i=1}^n D_i x_1 y_1) + \Delta D (y_0^2 - \sum_{i=1}^n D_i y_1^2);$$

у випадку застосування методу шести сталих Тернера вирази для цих похибок мають форму:

$$\Delta X'_{\text{ОТ}} = \Delta A \cos D (x_0^2 - [x_1^2]_n) + \Delta D (x_0 y_0 - [x_1 y_1]_n),$$

$$\Delta Y'_{\text{ОТ}} = \Delta A \cos D (x_0 y_0 - [x_1 y_1]_n) + \Delta D (y_0^2 - [y_1^2]_n),$$

де x_0, y_0 - виміряні координати спостережуваного об'єкта, x_1, y_1 - виміряні координати i -ої зірки, D_i - її депенденси, $\Delta A, \Delta D$ - похибки прийнятих екваторіальних координат ОЦ. Припускається, що початок виміряних координат лежить в ОЦ. Формули для $\Delta X'_{\text{ОТ}}, \Delta Y'_{\text{ОТ}}$ виведені при допущенні, що опорні зірки розташовані навколо ОЦ попарно симетрично. Отже, вирази для похибок являють собою взяті з оберненим знаком різниці між членами нахилу, записаними для визначуваного об'єкта, з одого боку, і сідньоваговими (вагами слугують депенденси) чи середніми значеннями цих членів, записаних

для опорних зірок, з іншого боку.

2. Дисторсійні спотворення вимірів можуть бути усунуті шляхом введення відповідних поправок на дисторсію, але якщо початок вимірних координат не збігається з оптичним центром, то у рівняннях зв'язку між ідеальними і вимірними координатами з'являються додаткові ускладнення у вигляді квадратного полінома. Виведено відповідні формули.

3. Визначено рівняння блиску (РБ) 60-см рефлектора шляхом порівняння результатів позиційних спостережень тіл Сонячної системи в двох положеннях телескопа відносно його колони. Узгодженість визначених в різні ночі спостережень параметрів цього рівняння свідчить про те, що ці параметри адекватно описують спричинені РБ спотворення знімків, принаймні їх основну частину.

4. На прикладі 1284 фотографічних спостережень 10 вибраних малих планет (вмп), проведених в Головній астрономічній обсерваторії НАН України і Миколаївській астрономічній обсерваторії в 1952-1976рр., виконано порівняння двох способів переводу спостережних положень із системи одного каталога до системи іншого каталога, а саме: 1) за допомогою зважених різниць $\sum_{i=1}^n D_i \Delta \alpha_i$,

$\sum_{i=1}^n D_i \Delta \delta_i$ прямих сходжень і схилень опорних зірок в цих каталогах; 2) за допомогою систематичних різниць між ними. Обидва способи дали практично однакові результати. Це означає, що спосіб систематичних різниць є цілком прийнятним. Дано рекомендації щодо знаходження оптимальних систематичних різниць між каталогами.

5. Шляхом порівняння визначених в системах трьох каталогів (використовувались Йельські зонні, SAOC і AGK3) нев'язок

встановлено, що похибки спостережних положень в.м.п., спричинені дією похибок Йельських каталогів, та інші похибки спостережень суттєво вплинули на точність виведених Орельською В.І. /41/ елементів орбіт цих об'єктів або принаймні деяких із них.

Безсумнівно, що це сталося завдяки тому, що помилкові спостережені положення розподілились на небесній сфері і в часі нерівномірно. Очевидно, цей селективний ефект постійно заважає дослідникам знаходити істинні значення не тільки елементів орбіт, але й поправок екватора і рівнодення фундаментального каталога, систематичних похибок опорних каталогів тощо. Тож є підстави для сумнівів стосовно узгодженості між собою ефемерид тіл Сонячної системи.

6. Виконано спектральний аналіз нев'язок O-C комети Галлея в появі 1986р. Порівняння з результатами інших дослідників показало, що виявлені періодичності добре узгоджуються зі спектром варіацій блиску цієї комети [58], підтверджують деякі прогнози та висновки стосовно обертового руху її ядра [50, 45].

7. Проведено серію фотографічних спостережень окремих тіл Сонячної системи. За допомогою рефлектора Цейс-600 (г. Майданак) одержано 39 пластинок або 80 знімків систем Сатурна, Урана і Нептуна в опозиції 1991р. На подвійному астрографі 400/2000 одержано 26 пластинок (78 знімків) деяких вибраних малих планет в опозиціях 1991, 1992 і 1993рр.

8. Виконано обробку кількох рядів спостережень Марса, Сатурна, мп і позагалактичних радіоджерел. Визначено близько 1000 положень цих об'єктів, що є суттєвим поповненням існуючих баз даних.

9. Вороненко В.И., Горель Г.К., Гудкова Л.А., Калиханку Ф.Ф.
Наблюдения избранных малых планет в Николаеве в 1974-1975 гг.
Ленинград, 1982. - 54 с. - (Рукопись деп. ВИИТИ 22.01.1982.)

9. Створено базу даних про визначені положення малих планет.
10. Опубліковано 10 наукових статей [9,10,15,16,23-25,28,31,36];
одну статтю подано до друку.

Список використаних джерел.

1. Василенко Н.А., Деменко И.М. Наблюдения малых планет в ГАО АН СССР // Бюл. Ин-та теор. астрономии.-1979.-14, №8(161).- С.499-506.
2. Вороненко В.И., Горель Г.К., Калихевич Ф.Ф. и др. Фотографические наблюдения малых планет в Николаеве // Бюл. Ин-та теор. астрономии.-1970.-12, №4(137).-С.364-375.
3. Вороненко В.И., Горель Г.К., Федорова Р.Т. Фотографические наблюдения малых планет в Николаеве в 1966-1967 гг. // Бюл. Ин-та теор. астрономии.-1970.-12, №5(138).-С.426-433.
4. Вороненко В.И., Горель Г.К., Калихевич Ф.Ф. и др. Наблюдения малых планет в Николаеве в 1967 году // Бюл. Ин-та теор. астрономии.-1971.-12, №10(143).-С.910-922.
5. Вороненко В.И., Калихевич Ф.Ф. Наблюдения малых планет в Николаеве в 1968 году // Бюл. Ин-та теор. астрономии.-1972.-13, №2(145).-С.125-129.
6. Вороненко В.И., Калихевич Ф.Ф. Фотографические наблюдения малых планет в Николаеве в 1969 г. // Бюл. Ин-та теор. астрономии.-1972.-13, №5(148).-С.318-321.
7. Вороненко В.И., Калихевич Ф.Ф. Фотографические наблюдения малых планет в Николаеве в 1970 г. // Бюл. Ин-та теор. астрономии.-1973.-13, №6(149).-С.383-388.
8. Вороненко В.И., Горель Г.К., Гудкова Л.А., Калихевич Ф.Ф. Наблюдения избранных малых планет в Николаеве в 1974-1975 гг.- Ленинград, 1982.- 54 с.- (РУКОПИСЬ ДЕП. ВИНТИ 22.01.1982,

57

№1169-82 Деп.).

9. Головня В.В. Положения малых планет в 1978, 1979гг. по наблюдениям, выполненным в ГАО АН Украины.-Киев, 1992. -6 с.
- (РУКОПИСЬ Деп. Укр. ИНТЭИ 21.10.92, №1716 Ук92)
10. Головня В.В., Ижакевич Е.М. Положения избранных малых планет в 1979-1980гг. по наблюдениям, выполненным в ГАО АН Украины с помощью двойного астрографа 400/2000.Украины.-Киев, 1992. -22 с.
- (РУКОПИСЬ Деп. Укр. ИНТЭИ 21.10.92, №1715 Ук92).
11. Горель Г.К., Ивакина Т.Я., Калихевич Ф.Ф. и др. Фотографические наблюдения малых планет в Николаеве в 1963-1964 гг. // Бюл. Ин-та теор. астрономии.-1968.-11, №5(128).-С.314-324.
12. Горель Г.К. Положения малых планет.-Николаев, 1976.-18с.-
(РУКОПИСЬ ДЕП. ВИНТИ 8.04.1977, №1586-77 Деп.).
13. Деменко И.М. Положения малых планет по наблюдениям на 400-миллиметровом астрографе Главной астрономической обсерватории АН УССР // Астрометрия и астрофизика.-1971.- Вып.13.-С.108-110.
14. Ивакина Т.Я., Калихевич Ф.Ф., Федорова Р.Т. Результаты фотографических наблюдений малых планет в Николаеве (1962 г.) // Бюл. Ин-та теор. астрономии.-1965.-10, №2(115).-С.164-170.
15. Ижакевич Е.М. Позиционные фотографические наблюдения спутников Сатурна в ГАО АН УССР в 1980г. -Киев, 1991. -25с. -(Рукопись деп. ВИНТИ 22.01.1982, №1169-82 Деп.).
16. Ижакевич Е.М., Калтыгина С.В., Майор С.П., Шатохина С.В. Позиционные наблюдения VI спутника Юпитера в ГАО АН УССР в 1987-1988гг. // Кинематика и физика небес.тел.- 1991. -7, №2.-с.98-99,104.
17. Инасаридзе Р.Я. Точные положения промежуточных опорных звезд вокруг РИ// Бюл. Абаст. астрофиз. обсерватории. -1987.

58

-№62.-с.139-153

- 18. Инструкция по фотографическим наблюдениям малых планет для ориентировки Каталога слабых звезд // Труды 11-й астрометрической конференции СССР.-Ленинград,1955.-С.261-262.
- 19. Калихевич Ф.Ф. Результаты фотографических наблюдений малых планет в Николаеве (1961) // Изв. ГАО АН СССР.-1964.-23, №174. С.192-193.
- 20. Калихевич Ф.Ф. Дополнительные сведения к опубликованным работам по определению фотографических положений малых планет, наблюдаемых в Николаеве в 1961-1963 гг. // Бюл. Ин-та теор. астрономии.-1968.-11, №5(128).-С.325-332.
- 21. Калихевич Ф.Ф. Фотографические наблюдения малых планет в Николаеве в 1971 г. // Бюл. Ин-та теор. астрономии.- 1975.-14, №1(154).-С.54-59.
- 22. Калихевич Ф.Ф., Вороненко В.И., Горель Г.К. Фотографические наблюдения малых планет в Николаеве в 1972-1973 гг.- Ленинград, 1975.-30 с.- (РУКОПИСЬ ДЕП. ВИНТИ 4.08.75, №2997а-75 Деп.).
- 23. Калтыгина С.В. Некоторые свойства рядов позиционных наблюдений кометы Галлея в 1986г. // Кинематика и физика небес. тел.- 1993. -9, №5.-с.3-7.
- 24. Калтыгина С.В., Ледовская Т.В., Майор С.П. Результаты позиционных наблюдений Урана и Нептуна на г.Майданак в 1990г. - Киев, 1992.- 10с.- (РУКОПИСЬ ДЕП. ВИНТИ 1992, №1221-В92).
- 25. Калтыгина С.В., Ледовская Т.В., Майор С.П., Шатохина С.В. Результаты позиційних спостережень Сатурнових супутників S2-S9 на г.Майданак(Узбекистан) в 1990г. - Київ, 1992.- 12с.- (РУКОПИСЬ ДЕП. Укр.ІНТЕІ 1992, №1044-Ук92).
- 26. Калтыгина С.В., Майор С.П., Мороз Г.В. и др. Положения избранных малых планет в 1971-1982 гг.- Киев, 1985.- 35 с.-

(РУКОПИСЬ ДЕП. ВИНТИ 3.12.1985, №8619-B85).

27. Киселев А.А. О влиянии погрешности принятого положения оптического центра на результаты редукции астрофотографий // Изв. Глав. асрон. обсерватории в Пулкове. - 1960. - 22, №166. - с.165-175.
28. Ледовская И.В. Оптические координаты радиоисточников и их сравнение с положениями, полученными из РСДБ-измерений // Кинематика и физика небес. тел. - 1994. - 10, №1. - с.92-95.
29. Ледовская И.В., Майор С.П., Шабохина С.В. Астрометрические свойства телескопов умеренных // размеров // Современная астрометрия: Сб. Труды 23-й астрометрической конференции СССР. - Ленинград: ГАО АН СССР, 1987. - с.407-409.
30. Ледовская И.В., Пакуляк Л.К. Определение положений внегалактических оптических радиоисточников с помощью телескопов-рефлекторов // Кинематика и физика небес. тел. - 1990. - 6, №3. - с.86-90.
31. Майор С.П. Рівняння блиску 60-см рефлектора за спостереженнями планет і їх супутників влітку 1990р. // Кинематика и физика небес. тел. - 1993. - 9, №2. - с.34-36.
32. Майор С.П. и др. Отчет по НИР "Определение точных положений тел Солнечной системы фотографическим методом". - Киев: ГАО АН УССР, 1980. - 89с.
33. Майор С.П. и др. Отчет по НИР "Позиционные фотографические наблюдения тел Солнечной системы и исследование факторов, влияющих на их точность". - Киев: ГАО АН УССР, 1985. - 88с.
34. Майор С.П. и др. Отчет по НИР "Позиционные фотографические наблюдения тел Солнечной системы и их применение для улучшения орбит и исследования систематических ошибок опорных каталогов". - Киев: ГАО АН УССР, 1990. - 48с.
35. Майор С.П., Мороз Г.В. Положения избранных малых планет по

- фотографическим наблюдениям в ГАО АН УССР и анализ их точности
// Астрометрия и астрофизика.-1984.-Вып.51.-С.69-74.
36. Майор С.П., Шатохина С.В. До питання про вплив похибок координат оптичного центра знімка на редукційні обчислення// Кинематика и физика небес.тел.- 1990. -10, №3. - С.75-83.
37. Онегина А.Е. Результаты фотографических наблюдений малых планет в Главной астрономической обсерватории АН УССР (Голосеево) в 1952-1959 гг. // Изв. Гл. астрон. obs.-1961. Вып.1.-С.73-87.
38. Онегина А.Б. Результаты фотографических наблюдений малых планет // Изв. Гл. астрон. obs. -1963.-4, Вып.2.-С.57-62.
39. Онегина А.Б., Заславская С.А. Положения малых планет // Вопросы астрометрии.-Киев: Наук. думка, 1964.- С.57-62.
40. Онегина А.Б., Заславская С.А. Положения малых планет, полученные в ГАО АН УССР с 400-мм астрографом // Бюл. Ин-та теор. астрономии.-1970.-12, №5(138).-С.434-435.
41. Орельская В.И. Улучшение элементов орбит избранных астероидов для исправления звездных положений // Бюл. Ин-та теор. астрономии.-1975.-14, №2(155).- С.95-101.
42. Орельская В.И. Рекомендации для наблюдений избранных малых планет на 1974-1990 гг. // Новые идеи в астрометрии : Сб.Труды 20-й астрометрической конференции.- Ленинград: Наука, 1978.- С.25-28.
43. Поттер Х.И., Положенцев Д.Д. Сравнение каталогов SAO и AGK3 // Изв. Гл. астрон. obs. в Пулкове.- 1985.-№203.-С.10-20.
44. Самойлова-Яхонтова Н.С. Наблюдения малых планет для определения постоянных Каталога слабых звезд // Труды 11-й астрометрической конференции СССР.- Ленинград, 1955.-С.78-82.
45. Сарычев В.А., Сазонов В.В., Савченко В.В., Тарнопольский В.И.

61

- Онекоторых периодичностях в движении кометы Галлея относительно центра масс. -М., 1987. 23с.- (Препр./АН СССР. Ин-т прикладной математики им М.В. Келдыша; №133).
- 46.Хруцкая Е.В. О систематических и случайных ошибках Иельских каталогов в зоне -0° - -20° .//АЦ. 1974. -№80. -с.3-6.
- 47.Чудовичева О.Н. Точные положения м.пл. Ириды по фотографическим наблюдениям в Николаеве // Изв. АН СССР.- 1964.-23, №174.-С.194-195.
- 48.Шокин Ю.А., Евстигнеева Н.А. Позиционная нестационарность некоторых оптических двойников радиоисточников как проявление их оптической структуры// Письма в А.Ж. -1992.-18, №10. -с.90.
- 49.Barney I. Supplementary volume to the Yale Zone Catalogues, -30° to $+30^{\circ}$ // Trans. Astron. Obs. Yale Univ.- 1951.- 23 p.
- 50.Belton M.J. Rationalization of Comet Halley's Periods//Icarus. 1990. 86,n 1. -p.30-51.
- 51.Deeming T.J. Fourier analysis with unequally spaced data// Astrophys. and Space Sci. -1975. -36,n1. p.137-158.
- 52.Dworetzky M.M. A period-finding method for sparse randomly observations or "How long is a piece of string?"//Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. -1983. 203. p.917-924.
- 53.Fricke W., Kopff A. in collaboration with Gliese W. et al. Fourth Fundamental Catalogue. (FK4) // Veroff. Astron. Rechen - Inst. Heidelberg.-1963.-Nr.10.
- 54.Gubanov V.S., Kumkova I.I., Tel'nyuk-Adamchuk V.V.
Confor: a new program for determining the connection between radio and optical frames// IAU Symp. n141 Inertial coordinate system on the Sky. -pulkovo obs. Leningrad, 1989, 17-21 oct. Leningrad, 1989.-p.75-76.
- 55.Kopff A. Vergleich des FK3 neit dem General Catalogue von

- B.Boss // Astron. Nachr. -1939.- 269.-P.160-167.
- 56.Lafler J., Kinman T.D. An RR Lyrae Star Survey with the Lick 20-inch Astrograph. 11.The calculation of RR Lyrae periods by electronic computer//Astrophys. J. Suppl. Ser. -1965. -11.-p.216-220.
- 57.Pierce D.A. Star catalog corrections determined from observations of selected minor planets // Astron. Pap. of the American Ephemeris.-1978.-22,N3.-P.207-360.
- 58.Sekanina Z. Light variation of periodic comet Halley beyond 7AU //Astron. and Astrophys. -1985. -148,n2.-p.299-303.
- 59.Sullivan Chris. and Argue A.N. A comparison of the Smithsonian astrophysical observatory catalogue (SAO) with AGK3 and Perth 70//Mon.Notic.Roy. astron.Soc. -1980.-193. p.921-929.

Головна астрономічна обсерваторія
Національної академії наук України, Київ