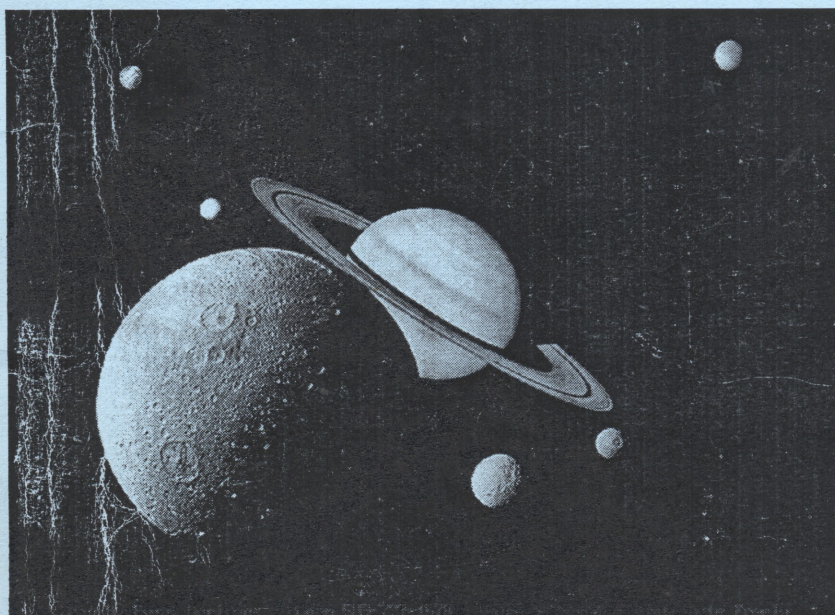


Міністерство освіти і науки України
Миколаївська астрономічна обсерваторія



**ЗАСТОСУВАННЯ ПЗЗ-МЕТОДІВ
ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТІЛ
СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ**

геодинамики. – Труды конф. 23-27 сент. 1996г. – СПб. ИТА РАН. – с.91–96.

8. *А.Н.Ковальчук, А.В.Шульга*, 1999. Світлоприймальний пристрій, заявка на патент № 99031256, 05.03.99 р. Рішення про видачу патенту від 28.05.99 р.

9. *Процюк Ю.И., Ковальчук А.Н., Шульга А.В.* Система программного управления и обработки информации автоматического АМК НАО. – Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики. – Труды конф. 23–27 сент. 1996: СПб, ИТА РАН. – с.97–101.

10. *Сергеев А.В., Шорников О.Е.* Фотоэлектрический отсчетный микроскоп. Авторское свидетельство № 741042, от 21.02.80 г.

11. *Процюк Ю.И.* Система программного керування для автоматичних меридіанних інструментів. Свідоцтво про державну реєстрацію авторського права ПА №1863, 1999 р.

12. *Пинигин Г.И., Шульга А.В., Федоров П.Н., Петров А.Г. и Мажеев А.Э.* Результаты исследования Аксиального меридианного круга (АМК)/Кинематика и физика небесных тел, 1994. –т.10. –№1. –с.54–57.

13. *Kovalchuk A., Pinigin G., Shulga A.*, 1997, Position determination of 12–14 magnitudes stars in the selected fields around extragalactic radiosources with the automatic АМС. In: Journees 1997 Systemes de reference Spatio-Temporels, Sept.22-24, Prague, 14–17.

14. *R.W.Argyle, L.V.Morrison, L.Helmer et al.* Comparison of the Carlsberg optical reference frame with the International celestial reference frame //Astronomy and Astrophysics, , 1996, 312, pp.1031-1037.

15. *G.Pinigin, I.Pakvõr and A.Shulga*, 1998, Modernization of the Belgrade meridian circle, Serb. Astron.J. №158. – pp.127–129.

16. *Pinigin G., Li Zhigang and Zu Zi*, 1997. A new Role of CCD Meridian Circles in Modern Astrometry. In: Astronomical and Astrophysical Transactions, Vol.13, pp. 83-91.

17. *Ковальчук О.М.* Універсальний ПЗЗ-мікрометр в астрономії. //Кинематика и физика небесных тел. Приложение №1. – 1999. С.97–100.

* * *

✓ *Процюк Ю.И.*, Миколаївська астрономічна обсерваторія.

СИСТЕМА ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО МЕРИДІАННОГО КРУГА З ПЗЗ-РЕЄСТРУЮЧИМИ ПРИСТРОЯМИ

Вступ

Велике значення для підвищення точності та продуктивності астрономічних спостережень має автоматизація процесу спостережень. Наявність уже існуючих інструментів та складність створення на їх базі автоматичних інструментів змушують автоматизувати в першу чергу окремі вузли телескопа та пристрої реєстрації. Така автоматизація звичайно покращує параметри окремих вузлів і таким чином, параметри усього телескопа в цілому, але все ж таки таке покращення не кардинальне. Більш

того, для участі в сучасних астрометричних програмах інструмент має відповідати деяким конкретним вимогам. І крім високої точності, однією з основних вимог є висока продуктивність спостережень, бо сучасні програми для спостережень включають від сотні тисяч до мільйона об'єктів.

Реалізація програмно-апаратного комплексу АМК

При створенні Аксиального меридіанного круга (АМК) підвищення точності та продуктивності спостережень відбулося шляхом об'єднання сучасних реєструючих засобів, засобів автоматизації в один інструментально-вимірювальний комплекс з програмним керуванням. Для цього було створено оригінальні методики повної автоматизації меридіанного круга та проведення масових високоточних спостережень в режимі телескопа-автомата, які й були втілені в життя на базі Аксиального меридіанного круга Миколаївської астрономічної обсерваторії. Загальна схема телескопа АМК та основні складові частини інструмента, що були використані при створенні апаратно-програмного комплексу, описано в [1].

Усі ці пристрої можуть працювати автономно, проте не використовуючи усіх своїх можливостей. Внаслідок їх зв'язку в єдиний програмно-апаратний комплекс за допомогою розробленої методики вдалось отримати вражаючі результати. Система програмного керування (СПК) АМК, яка не має аналогів в Україні, реалізована на базі двох комп'ютерів: основного (iP-MMX), котрий встановлено в службовому приміщенні сектора АМК та керуючого (5x86), що знаходиться в кабіні поряд з телескопом АМК, розташованих на відстані близько 200 м, що одночасно працюють в спільній комп'ютерній мережі [2]. СПК використовується для керування усіма пристроями телескопа (ПЗЗ-зоряний мікрометр, ПЗЗ-мікрометр коліматора, система відліку лімба, пристрої точного часу та наведення телескопа, система збору метеоданих), проведення їх досліджень та визначення параметрів телескопа, підготовки до спостережень, виконання автоматичних спостережень небесних об'єктів в різноманітних режимах, проведення первинної обробки, відображення та збереження отриманої інформації.

Для забезпечення створення на базі усіх перерахованих вузлів автоматичного астрономічного інструментально-вимірювального комплексу з програмним керуванням було створено методику модернізації та автоматизації телескопа АМК. Вона включає в себе наступні складові частини:

- Для розміщення електронних засобів АМК вибрано стандарт САМАС як найбільш доцільний на момент створення для розв'язання усього комплексу проблем автоматизації процесу спостережень. Практично вся електроніка реєструючих пристроїв та схем керування вузлами телескопа виконана в стандарті САМАС і розміщена в двох типових кейтах, що зв'язані з керуючим комп'ютером.

- Усі реєструючі пристрої розроблено з можливістю програмного керування та оперативної зміни режимів роботи на відстані.

- Для всіх електронних пристроїв реалізовано системи зворотного зв'язку для оперативного реагування та контролю.

- Для механічних пристроїв реалізовано електронні системи, що забезпечують повний контроль та управління механікою.
- Програмне забезпечення для доступу до усіх вузлів створено в єдиній системі з подібним інтерфейсом.
- Параметри роботи та схеми пристроїв передбачають резервні можливості, що вмикаються в разі виходу з ладу окремих вузлів або їх некоректної роботи.
- Методика проведення спостережень враховує специфічні особливості реалізації окремих вузлів.

Реалізація цих задумів у повному обсязі створила єдиний інструментально-вимірювальний комплекс. З цією метою було реалізовано надбудову у вигляді системи програмного керування, що стала завершальним штрихом у всьому комплексі і завдяки якій інструмент з простого набору вузлів та пристроїв перетворився у телескоп світового рівня, що за своїми параметрами входить у п'ятірку кращих меридіанних кругів світу.

Склад програмного комплексу

СПК складається з таких основних програмних засобів (ПЗ), що дозволяють проводити:

- а) підготовку вхідних даних для наступних спостережень.

ПЗ призначені для створення робочого списку небесних об'єктів для спостережень на даний вечір з вибором об'єктів із різних каталогів в зоні спостережень телескопа з врахуванням реальних швидкісних характеристик телескопа, обчислення видимих місць усіх об'єктів та установочних координат для телескопа.

В склад ПЗ входять: каталог HIPPARCOS; каталоги вибраних об'єктів; статистика по об'єктах, що спостерігались; програма створення робочого списку; програма обчислення видимих місць небесних об'єктів та установочних координат для телескопа; програма аналізу спектральної чутливості прийомного тракту інструменту.

- б) визначення параметрів телескопа та тестування його вузлів.

ПЗ призначені для контролю стану інструмента та подальшого врахування систематичних інструментальних похибок.

В склад ПЗ входять: програма вимірів польових та періодичних похибок лімба; програма вимірювання колімації телескопа; програма вимірювання прогину телескопа; програма для контролю та юстування ПЗЗ-мікрометрів; програма контролю пристрою точного часу; програма контролю системи відліку лімба;

в) спостереження небесних об'єктів при різних режимах роботи СПК, відображення інформації, одержуваної з вузлів телескопа та її збереження.

ПЗ призначені для проведення спостережень небесних об'єктів шляхом автоматичного керування всіма пристроями та вузлами телескопа, відображення основної інформації, одержуваної з вузлів телескопа, її збереження у вибраному форматі та забезпечення гнучкого керування усім процесом.

В склад ПЗ входять: програма інтегрованого графічного середовища спостерігача; робочий список об'єктів для спостереження;

г) первинну обробку одержаної інформації та ведення статистики по виконаних спостереженнях.

ПЗ призначені для автоматичної первинної обробки одержаної інформації, включаючи фільтрування ПЗЗ-кадрів та ототожнення присутніх на них об'єктів, ведення статистики по усіх об'єктах, що спостерігались на телескопі.

В склад ПЗ входять: програма фільтрації зображень, отриманих ПЗЗ-мікрометрами; програма ототожнення небесних об'єктів на ПЗЗ-кадрах; програма визначення координат ототожнених об'єктів в системі координат реєструючого пристрою; програма визначення координат штрихів лімба по їх зображеннях; програма збору, накопичення та аналізу статистичної інформації по проведених спостереженнях; програма визначення моментів часу для усіх етапів спостережень.

В склад СПК також входять наступні апаратні засоби: основний комп'ютер, на якому проводиться підготовка вхідних даних для спостережень, накопичення одержуваної від керуючого комп'ютера інформації та її первинна обробка та збереження інформації; керуючий комп'ютер, що знаходиться біля телескопа, на відстані близько 200 м від основного та призначений для забезпечення проведення спостережень, керування всіма вузлами телескопа, їх тестування та настройки, передачі інформації після часткової обробки на основний комп'ютер; лінія зв'язку між ними та однорангова комп'ютерна мережа для зв'язку між основним та керуючим комп'ютерами, що служить для забезпечення обміну інформацією між основним та керуючим комп'ютерами.

Функціонування системи програмного керування

Як зазначалось вище, СПК створено на базі двох комп'ютерів: основного, що знаходиться в робочому приміщенні сектора АМК, та керуючого, що знаходиться біля телескопа, рознесених на відстань близько 200 метрів та працюючих одночасно в спільній комп'ютерній мережі. Орієнтовна схема взаємодії програмного забезпечення показана на рис. 1, де цифрою 1 позначено ПЗ, встановлені на керуючому комп'ютері, а цифрою 2 – встановлені на основному комп'ютері.

В залежності від призначення програмні засоби реалізовано в наступному вигляді:

а) підготовка вхідних даних виконується автоматично щоденно по всій дузі спостережень та з врахуванням можливих змін метеорологічних умов. Результатом цієї підготовки є створення робочого списку небесних об'єктів для спостережень на даний вечір. Вона включає в себе вибір об'єктів із різних каталогів в зоні спостережень телескопа з врахуванням реальних швидкісних характеристик телескопа, обчислення видимих місць усіх об'єктів та установочних координат для телескопа. Для можливості оперативного реагування на зміни стану оточуючого середовища проводиться підготовка трьох списків для різних фіксованих станів. Для більш точного

врахування параметрів інструмента при підготовці списків реалізовано визначення спектральної чутливості усього прийомного тракту по опорних зірках, що вже спостерігались.

б) Для підготовки до спостережень реалізовано можливість проводити юстування ПЗЗ-мікрометрів та відлікової системи, контролювати працездатність відлікової системи та пристрою точного часу (ПТЧ). Для контролю стану інструмента створено ПЗ для проведення вимірювань колімації та прогину, а також вимірювання нерівномірності поля зору мікрометра відліку лімба та періодичних похибок лімба. Для контролю стану інструмента та подальшого врахування систематичних інструментальних похибок проводиться постійний контроль вузлів телескопа та визначення його параметрів. Для цього створено програмне забезпечення, що дає змогу перед початком спостережень проводити контроль усіх важливих вузлів телескопа, а також в разі необхідності проводити їх настройку та юстування. Повна настройка також проводиться після значних перерв в роботі або зміни вузлів телескопа. Для одержання параметрів інструмента створено спеціальне програмне забезпечення для проведення рядів вимірів нерівномірності поля зору мікрометра відліку лімба та періодичних похибок лімба, колімації та прогину з наступною їх обробкою.

в) для проведення спостережень реалізовано автоматичне керування всіма пристроями та вузлами телескопа з можливістю оперативного контролю та гнучкого управління з боку оператора. Реалізовано можливість як автоматичної, так і ручної зміни режимів роботи вузлів телескопа та робочих списків для спостережень в залежності від умов спостережень. В ПЗ є можливість гнучкої настройки СПК в залежності від результатів тестування вузлів телескопа. Оскільки інструмент складається з багатьох вузлів, що можуть працювати у декількох режимах кожний, у системі програмного керування передбачено гнучку настройку режимів усіх вузлів, що дає змогу досягнути найкращих показників точності реєстрації в залежності від конкретних погодних умов та стану інструмента. Режими роботи можуть настраюватись як перед спостереженнями у вигляді конфігураційного файлу, так і в процесі спостережень як оператором, так і автоматично. Оператор має можливість оперативно міняти спостережні списки та в разі необхідності виключати окремі вузли з процесу спостережень. Оскільки усі вузли телескопа, і особливо зоряний мікрометр, протягом одного циклу збирають дуже багато інформації, постає питання її досить повного відображення для контролю ходу спостережень та збереження для подальшої обробки. Для цього та для більш точного контролю за інструментом та процесом спостережень в рамках СПК створено інтегроване графічне багатівіконне середовище з відображенням основної інформації, що надходить з телескопа, включаючи зображення зоряного неба з ПЗЗ зоряного мікрометра. Оскільки об'єми інформації досить великі, постає питання їх раціонального збереження для наступної обробки та зменшення інформаційних потоків і необхідного простору на жорстких дисках. Для цього в СПК передбачено часткову обробку вхідної інформації в режимі реального часу для зменшення її об'ємів шляхом виключення надлишкової інформації та зас-

тосування алгоритмів пакування. Об'єми та шляхи передачі потоків інформації одного вечора показано на рис.2, де M – це колімаційні відліки, L – відліки лімба, P – одержана площадка зоряного неба. З реєструючих пристроїв телескопа через КАМАК та напряду в керуючий комп'ютер надходить близько 1000Мб різноманітної інформації, яка частково обробляється в режимі реального часу і після чого близько 120Мб передається на основний комп'ютер для подальшої обробки.

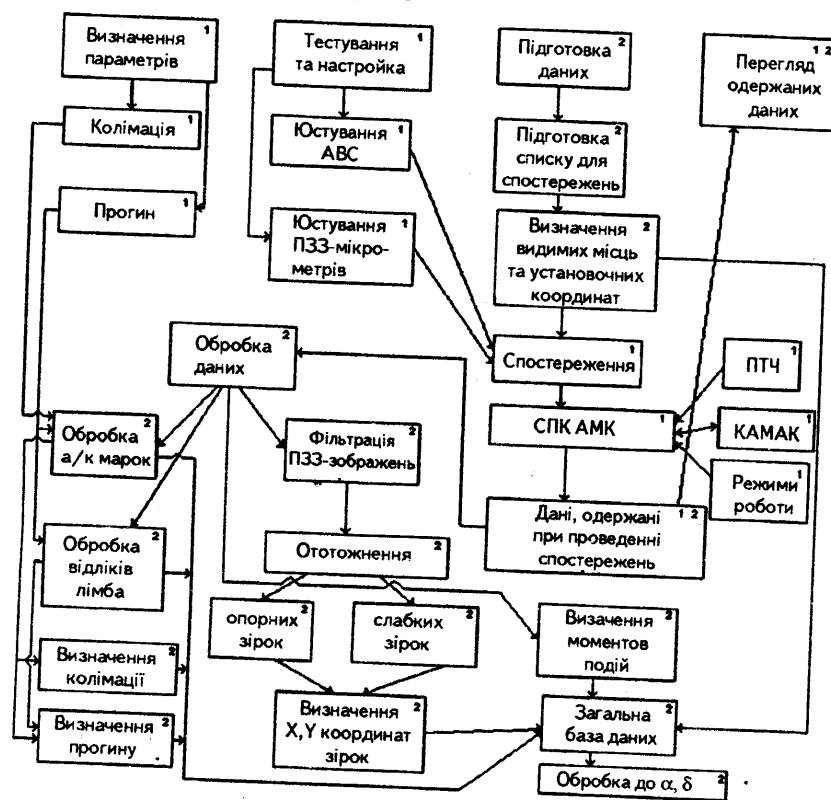


Рис. 1. Програмні засоби СПК АМК.

г) Для забезпечення первинної обробки одержаного матеріалу створено програмне забезпечення для фільтрації ПЗЗ-зображень, що дає змогу покращити відношення сигнал / шум та виділити для обробки достовірну інформацію. Також реалізовано автоматичне ототожнення усіх наявних на зображенні об'єктів до 16 зоряної величини по існуючих в електронному вигляді каталогах. Для забезпечення якнайшвидшої обробки одержаного матеріалу після закінчення спостережень на основному комп'ютері автоматично починається фільтрація ПЗЗ-зображень, що є найбільш тру-

домістким процесом усїєї первинної обробки. В процесі проведення спостережень інформація про всі об'єкти, що спостерігались, накопичується як у вигляді результатів обробки, так і статистичної інформації, яка в подаль-



Рис. 2. Структура інформаційних потоків СПК АМК.

шому використовується при підготовці спостережних списків на наступні спостереження.

Апаратні засоби СПК:

Основний комп'ютер, призначений для підготовки до спостережень, накопичення інформації та повної обробки всіх одержаних під час спостережень даних, включаючи ототожнення усіх об'єктів до 16 зоряної величини по каталогах об'ємом від 1.2Гб до 6.0Гб, та накопичення матеріалів обробки вечора для проведення обробки річного або багаторічного циклу, забезпечений достатнім об'ємом жорсткого диска для накопичення цієї інформації та проміжних даних після первинної обробки. Центральний процесор комп'ютера має швидкість, достатню для первинної обробки усього одержаного матеріалу, що займає найбільш значні ресурси, за час не більше 4-х годин. Об'єм оперативної пам'яті забезпечує проведення усіх операцій переважно без використання віртуальної пам'яті на жорсткому диску.

Комп'ютер обладнано пристроєм резервного копіювання на магнітній стрічці.

· Керуючий комп'ютер, призначений для забезпечення проведення спостережень, керування усіма вузлами телескопа, їх тестування та настройки, передачі інформації після часткової обробки на основний комп'ютер, забезпечений жорстким диском, що дає змогу проводити автономні спостереження не менше 2-х діб. Центральний процесор комп'ютера дозволяє частково обробляти в реальному часі усю одержувану від телескопа інформацію для виключення її надлишкової частини та аналізу ходу спостережень, а також відтворення цієї інформації в наочному графічному вигляді на екрані монітора без втрати інформації. Об'єм оперативної пам'яті достатній для проведення усіх операцій по керуванню, накопиченню інформації та її первинній обробці протягом одного спостереження без використання віртуальної пам'яті.

· Лінія зв'язку довжиною більше 200 метрів виготовлена з коаксіального кабелю та для підвищення надійності прокладена під землею на глибині близько 0.3–0.4 м. Вона забезпечує неперервний та якісний зв'язок між керуючим та основним комп'ютерами. Для забезпечення необхідної швидкості передачі інформації між комп'ютерами використано однорангову комп'ютерну мережу та апаратні засоби її підтримки, так що обмін усією інформацією по одному спостережному об'єкту між основним та керуючим комп'ютерами відбувається за час не більше 10 секунд.

Технічні характеристики системи програмного керування

Весь програмний комплекс СПК використовувався під час проведення регулярних спостережень слабких зірок в зонах навколо позагалактичних радіоджерел в 1996-1998 роках. Технічні характеристики СПК, які були перевірені у реальних умовах, мають наступний вигляд:

Програмні засоби реалізовано на мовах Pascal та Assembler для реального та захищеного режимів роботи під управлінням операційної системи типу MS DOS версії 3.3 або вище.

а) Підготовка даних для наступних спостережень:

– програма підготовки робочих списків для спостережень – оперує каталогами 62000 зірок з каталога HIPPARCOS та 1600 зірок з каталогу FK5, також у процесі підготовки використовуються положення 270 позагалактичних радіоджерел та 60 малих планет. Всього створюється 3 списки для різних зовнішніх умов при спостереженні. Діапазон об'єктів по схиленню -30° – $+80^{\circ}$, по прямому піднесенню – по всій дузі (24h). Кількість об'єктів в базі проведених спостережень – більше 10000;

– програма визначення спектральної чутливості прийомного тракту – по вже проведених спостереженнях аналізує 70 спектральних підкласів чутливості прийомного тракту. Точність визначення чутливості в одному спектральному класі дозволяє оптимально настроїти режими роботи ПЗЗ-мікрометра на майбутні спостереження з похибкою не більше 0.2 зоряної величини;

– програма обчислення видимих місць – точність обчислення видимих місць, по обох координатах – 0."001.

Час, необхідний для повної підготовки усіх списків для спостережень, близько 5 хвилин. Підготовка проводиться щоденно в автоматичному режимі без втручання оператора. Оперативна пам'ять, необхідна для роботи програм підготовки даних, менше 600кб.

б) Визначення параметрів телескопа та тестування його вузлів:

– програма для вимірів періодичних похибок лімба та похибок поля мікрометра відліку лімба може проводити від 10 до 100 серій вимірів похибок лімба, діапазон визначення похибок лімба – 0."01–1."00. Дискретність інтервалу вимірів може бути будь-якою в діапазоні 4" – 10". Повний час проведення одного відліку менше 20 с. Є повний візуальний контроль ходу усіх вимірів похибок лімба;

– програма для вимірювання колімації та програма для вимірювання прогину – можуть проводити від 5 до 30 серій вимірів колімації та прогину. Повний час проведення одного виміру – 4–5 хв. Точність визначення колімації та прогину 0."01–0."02. Передбачено візуальний контроль ходу вимірів;

– програма контролю та юстування ПЗЗ зоряного мікрометра дозволяє в графічному вигляді контролювати положення ПЗЗ – зоряного мікрометра відносно меридіана та юстувати його положення по зображеннях колімаційних марок. При цьому розходження для лівого та правого краю мікрометра не перевищують 0.5 піксела;

– програма контролю пристрою точного часу – проводить контроль працездатності пристрою точного часу (ПТЧ). Час, необхідний для проведення повного контролю пристрою точного часу, від 2 до 10 хв.

– програма контролю та юстування системи відліку лімба – призначена для контролю системи відліку лімба та юстування положення ПЗЗ – відлікових мікрометрів по зображеннях штрихів лімба. При цьому розходження для верхніх та нижніх частин штрихів не перевищують 1 піксела.

Необхідна оперативна пам'ять для роботи програм визначення параметрів телескопа та тестування його вузлів від 0,5 до 4,0Мб.

в) Спостереження небесних об'єктів:

– програма інтегрованого графічного середовища спостерігача – призначена для гнучкого автоматичного керування усіма вузлами телескопа і процесом спостережень в цілому з можливістю оперативного втручання оператора в разі необхідності. Використовується підготовлений на етапі а) робочий список об'єктів для спостережень. Кількість спостережуваних об'єктів залежить від тривалості ночі. Діапазон режимів роботи вузлів телескопа задається в конфігураційному файлі. Перелік вузлів, що беруть участь в спостереженнях, задається також в конфігураційному файлі (тобто є можливість виключити окремі вузли з процесу спостережень). Зміна режимів роботи вузлів телескопа в залежності від умов спостережень та об'єкта спостережень проводиться автоматично або, в разі необхідності, оператором. Реалізовано можливість зміни спостережуваних списків в про-

цесі спостережень. Вибір об'єктів для спостережень із робочого списку проводиться автоматично. Передбачено можливість вибору об'єктів для спостереження оператором. Відлік автоколімаційних параметрів проводиться автоматично до та після спостереження об'єкта. Реалізовано візуальний контроль усіх відліків та візуальний контроль зображення зоряної смуги, одержуваної ПЗЗ-мікрометром, з вирівнюванням поля матриці в режимі реального часу. Також в режимі реального часу в процесі спостережень проводиться первинна обробка та виключення надлишкової інформації з колімаційних відліків та відліків лімба. Передбачено пакування ПЗЗ зображення зоряного неба в порядкувому режимі. Час відліку параметрів та положення телескопа з первинною обробкою інформації близько 50 с. Час спостереження смуги з опорною зіркою – 2-4 хв. Час спостереження смуги з визначуваними об'єктами – 5-10 хв. Програмою також проводиться аналіз і відображення зміни положення вісі інструменту та колімаційних міток протягом ночі. По всіх спостережених об'єктах ведеться відображення статистичних даних. В програмі реалізовано звуковий моніторинг усього процесу спостережень, що при унікальних звукових схемах для різних подій дає змогу контролювати хід спостережень та роботу вузлів телескопа на значній відстані, наприклад з іншого павільйону. Для усіх відліків автоколімаційних марок та відліків лімба в процесі первинної обробки проводиться контроль їх якості з автоматичним повтором відліку в разі необхідності. Наведення на спостережуваний об'єкт проводиться автоматично по відліках штрихів лімба з контрольного фотоелектричного мікрометра. Точність наведення не гірше 10". Також передбачено автоматичний контроль точності наведення по положенню опорних зірок при подальшому спостереженні з видачею повідомлення оператору в разі значної похибки. В програмі реалізовано регулювання та зміну швидкості обертання телескопа в залежності від зміни погодних умов та стану інструмента. Передбачено автоматичний вибір режимів роботи ПЗЗ зоряного мікрометра для забезпечення оптимальної чутливості та динамічного діапазону залежно від положення об'єктів, їх спектрального класу та зоряної величини. Є також можливість регулювання цих режимів оператором за допомогою клавіатури. Передбачено автоматичне проведення вимірювань напрямку на міру через кожні 1.5–2 години або в разі значної паузи між спостережуваними об'єктами. Необхідна оперативна пам'ять для роботи програми (в залежності від початкової конфігурації та довжини смуги) від 6 до 10 Мб.

г) Первинна обробка одержаної інформації:

– програма фільтрації зображень, отриманих ПЗЗ-мікрометрами, – призначена для покращення відношення сигнал/шум та виділення достовірної інформації. Вона включає в себе 8 різних алгоритмів фільтрації та забезпечує достовірне виділення зореподібних об'єктів при відношенні сигнал/шум ≥ 1 . Час обробки однієї смуги на іР200 близько 3–4 хв. Необхідна пам'ять для роботи програми фільтрації 12–20 Мб в залежності від розміру смуги. Передбачено автоматичний початок фільтрації спостережених кадрів після закінчення спостережень;

– програма ототожнення зореподібних об'єктів – призначена для автоматичного ототожнення усіх наявних на зображенні об'єктів до 16 зоряної величини по існуючих в електронному вигляді каталогах. Передбачено врахування рівня сигнал / шум для ототожнених об'єктів та форми їх зображення. Кількість ототожнених об'єктів на кадрі від 3 до 1000. Гранична зоряна величина ототожнених об'єктів залежить від використовуваних каталогів та якості зображення, але не гірше 15^m. Необхідна пам'ять для роботи програми ототожнення близько 8 Мб;

– програма визначення координат ототожнених об'єктів – призначена для отримання координат спостережених об'єктів в системі координат ПЗЗ-матриці. В цій програмі реалізовано 6 методів одержання координат та включено контроль методів на внутрішню точність по спостереженнях за вечір. Внутрішня точність визначення координат близько 0.01–0.02 піксела. Необхідна пам'ять для роботи програми визначення координат 500 кб;

– програма визначення координат штрихів лімба – призначена для одержання координат штрихів лімба, що попадають в поле зору мікромметра. В програмі передбачено 3 методи одержання координат та 16 проміжних дискретних відліків штриха. Внутрішня точність визначення координат – 0.01-0.02 піксела. Необхідна пам'ять для роботи програми – 500 кб;

– програма збору, накопичення та аналізу статистичної інформації по спостереженнях передбачає автоматичний збір інформації по усіх спостереженнях та щоденне оновлення інформації. Програма створює інформаційний файл для програми підготовки робочих списків. Необхідна пам'ять для роботи програми – 400 кб.

Апаратні засоби

а) Основний комп'ютер – на базі процесора iP200MMX, об'єм оперативної пам'яті 32 Мб та об'єм жорсткого диска 4.1 Гб. Відеопідсистема – на базі SVGA відео-контролера з 2 Мб відео пам'яті та 15 дюймового кольорового відеомонітора з максимальною роздільною здатністю 1280x1024 пікселів. В склад основного комп'ютера також входить пристрій резервного копіювання на базі контролера AgVid 1031 та побутового відеомагнітофона, що забезпечує об'єм інформації на одній відеокасеті близько 2 Гб. Час первинної обробки спостережень весняної ночі на даній конфігурації комп'ютера близько 4 годин. Час підготовки списків для спостереження – 3 хвилини.

б) Керуючий комп'ютер – на базі процесора AMD 5x86-133, об'єм оперативної пам'яті 16 Мб та об'єм жорсткого диска 520 Мб. Відеопідсистема - на базі SVGA відео-контролера з 1 Мб відеопам'яті та 14-дюймового кольорового відеомонітора з максимальною роздільною здатністю 1024x768 пікселів. Для часткової первинної обробки одержуваної інформації з виключенням надлишкової інформації та аналізом зображення необхідно 3–5 с / кадр. Ресурсів комп'ютера в такій конфігурації достатньо для порядкової обробки ПЗЗ - зоряного зображення з виведенням графічної інформації на екран.

в) Лінія зв'язку – реалізована за допомогою коаксіального кабелю до-

вжиною близько 240 м та двох контролерів підтримки мережі. Максимальна відстань між комп'ютерами, при якій забезпечується надійна робота – 300 м. Швидкість обміну інформацією між комп'ютерами – 600 кб/с, загальний час передачі даних одного спостереження – менше 10 с.

Висновки

Впровадження повної автоматизації меридіанного круга з використанням сучасних реєструючих пристроїв на базі теоретичних, методичних та програмних розробок на прикладі АМК в порівнянні з напівавтоматичними МК з фотоелектричною реєстрацією дозволило: скоротити кількість спостерігачів не менш ніж в 2 рази; суттєво збільшити продуктивність спостережень (у 50 разів); підвищити проникну здатність телескопа більш ніж в 100 разів; більш ефективно розподілити спостережний час; отримувати статистично однорідний спостережний матеріал, не зв'язаний з конкретним спостерігачем; підвищити точність реєстрації; ввести адаптивний режим проведення спостережень, автоматично та оперативно змінювати режим роботи вузлів телескопа в залежності від стану апаратури та зовнішніх умов.

Розроблені автоматичні реєструючі пристрої, методика спостережень короткими смугами та схема побудови системи програмного керування показала свою доцільність, зручність, надійність та продуктивність при проведенні регулярних спостережень за допомогою автоматичного інструментально-вимірювального комплексу АМК в 1996–1998 роках каталога слабких зірок в площадках навколо позагалактичних радіоджерел.

Література

1. Ковальчук А.Н., Пинигин Г.И., Процюк Ю.И., Шульга А.В. Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики // Труды конф. 23–27 сент. 1996 г. – СПб: ИПА РАН, 1996. – С.91–96.
2. Процюк Ю.И., Ковальчук А.Н., Шульга А.В. Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики // Труды конф. 23–27 сент. 1996 г., СПб: ИПА РАН, 1996. – С.97–101.

* * *

Гумеров Р.И., Шорников О.Е. АОЭ КГУ, Россия

ТРЕХКАНАЛЬНАЯ АСТРОМЕТРИЧЕСКАЯ ПЗС-КАМЕРА ДЛЯ ТЕЛЕСКОПА АЗТ-22

Предложена фотоэлектрическая астрометрическая камера, позволяющая регистрировать сверхслабые космические объекты как неподвижные, так и движущиеся в поле телескопа АЗТ-22 относительно опорных звезд. Угловой диаметр поля телескопа в фокусе Кассегрена – около $1.5''$. Измеряемые объекты – квазары, Малые планеты, высокоорбитальные спутники, космический мусор [2] и др. Уровень относительной ошибки координатных измерений – 0.01 угл. сек. Координатные измерения сопровождаются относительными фото- и цветометрическими измерениями.

В статье В.С. Губанова и др. [1] описана “гибридная” высокоэффектив-