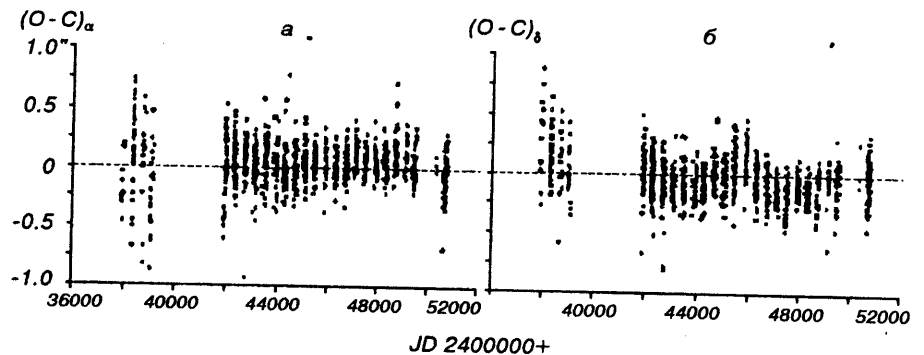


**КИНЕМАТИКА
И ФИЗИКА
НЕБЕСНЫХ
ТЕЛ**

ПРИЛОЖЕНИЕ

№ 1, 1999

Рис. 4. Уклонение положений галилеевых спутников Юпитера от эфемериды в 1962—1997 гг.: а — по прямому восхождению, б — по склонению



3. Закончен перевод на систему ICRS 445 положений Марса, определяемых в Николаеве с 1961 года. Надеемся, что и этот материал будет полезен потребителям, а не останется в архиве обсерватории.

Все массивы положений объектов Солнечной системы уже переведенных на системы FK5 и ICRS, с сопутствующей полезной информацией: зависимости, номера опорных звезд — хранятся в группе астрометрии Солнечной системы НАО на машинных носителях в удобной для потребителей форме. Каталог 2407 положений малых планет в системе FK5 передан в The Minor Planet Center и доступен для потребителей через систему Интернет.

1. Kolesnik Y. V. Analysis of modern observations of the Sun and inner planets // *Astron. and Astrophys.*—1995.—294, N 3,—P. 874—894.
2. Батраков Ю. В., Горель Г. К., Гудкова Л. А., Чернетенко Ю. А. Нуль-пункты каталога FK5 по наблюдениям малых планет в Николаеве // *Труды ГАИШ МГУ.*—1998.—С. 60—64.
3. Батраков Ю. В., Горель Г. К., Гудкова Л. А., Чернетенко Ю. А. Об ориентации каталога Hipparcos относительно динамической системы координат по наблюдениям малых планет // *Труды ИПА РАН.*—1998.—Вып. 3.—С. 69—87.
4. Батраков Ю. В., Горель Г. К., Гудкова Л. А., Макарова Е. Н., Чернетенко Ю. А. Об уточнении нуль-пунктов звездного каталога по наблюдениям малых планет в Николаеве // *Труды конференции.* — С.-Петербург, 1996.—С. 23—27.
5. Batrakov Yu. V., Chernitenko Yu. A., Gorel G. K., Gudkova L. G. HIPPARCOS catalogue orientation as obtained from observations of minor planets // (Сдана в печать).
6. Феррас-Меллу С. Динамика галилеевых спутников Юпитера. — М.: Мир, 1983.—134 с.

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЧНОГО МЕРИДІАННОГО КРУГА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕНЬ НЕБЕСНИХ СВИТИЛ

Ю. І. Процюк

© 1999

Миколаївська астрономічна обсерваторія

Представлено програмний комплекс для автоматичних меридіанних інструментів з реєструючими ПЗЗ-пристроями на базі локальної комп'ютерної мережі. Він призначений для управління всіма пристроями телескопа, їхнього дослідження та визначення параметрів телескопа; для підготовки та проведення автоматичних спостережень в різних режимах з гнучким управлінням; для первинної обробки одержаних даних, їхнього відображення та збереження; збору статистичних даних про спостереження та повної обробки усіх даних до одержання каталогу включно. Усі програми комплексу розроблено для роботи під керуванням операційної системи типу MS DOS версії 5.0 та вище. Мінімальна конфігурація комп'ютера, необхідна для роботи усього комплексу: CPU — 80486 DX-100, RAM — 16 Мб, HDD — 500 Мб, VIDEO — SVGA 1 Мб.

ВСТУП

Велике значення для підвищення точності та продуктивності астрономічних спостережень має автоматизація процесу спостережень. Однак на базі існуючих неавтоматизованих інструментів складно будувати автоматичний комплекс. Потрібно спочатку автоматизувати окремі вузли телескопа та пристрої реєстрації. Така автоматизація прокращує параметри окремих вузлів і телескопа в цілому, але для участі в сучасних астрометричних програмах, що включають від сотні тисяч до мільйона об'єктів, цього недостатньо.

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ АМК

При створенні аксіального меридіанного круга (АМК) Миколаївської астрономічної обсерваторії підвищення точності та продуктивності спостережень відбулося шляхом об'єднання сучасних реєструючих засобів та засобів автоматизації в один інструментально-вимірювальний комплекс з програмним керуванням. Загальна схема телескопа АМК та основні складові частини інструменту, що були використані при створенні програмно-апаратного комплексу, описано в [1].

Система програмного керування (СПК) АМК, яка не має аналогів в Україні, реалізована на базі двох комп'ютерів: основний встановлено в службовому приміщенні сектора АМК а керуючий — в кабіні поряд з телескопом АМК. Вони розташовані на відстані 200 м один від одного і працюють в спільній комп'ютерній мережі [2]. СПК керує усіма пристроями телескопа (зоряний ПЗЗ-мікрометр, ПЗЗ-мікрометр коліматора, система відліку лімба, пристрої точного часу та наведення телескопа, система збору метеоданих), досліджує їх, виконує автоматичні спостереження небесних об'єктів в різноманітних режимах, проводить первинну обробку, відображає та зберігає отриману інформацію.

Для створення комплексу було розроблено методику модернізації та автоматизації телескопа АМК. Вона включає в себе наступні складові частини:

- Для розміщення електронних засобів АМК вибрано стандарт САМАС як найдоцільніший на момент створення для рішення 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 крейтах, 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.
- 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. Завершальним штрихом у всьому комплексі стала надбудова у вигляді системи програмного керування, 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.

ФУНКЦІЇ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ

1. Підготовка вхідних даних для наступних спостережень.
2. Визначення параметрів телескопа та тестування його вузлів.
3. Спостереження небесних об'єктів при різних режимах роботи СПК, відображення інформації з вузлів телескопа та її збереження.
4. Первинна обробка одержаної інформації та створення протоколу спостережень.
5. Обробка даних для кожного вечора та обробка усього циклу спостережень.

ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ

Орієнтовна схема СПК показана на рис. 1, де цифрою 1 позначено програми, встановлені на керуючому комп'ютері, а цифрою 2 — на основному комп'ютері.

В залежності від призначення програмні засоби реалізовано в наступному вигляді.

1. Підготовка вхідних даних виконується автоматично щоденно по всій дузі спостережень та з урахуванням змін метеорологічних умов. Результатом 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 урахуванням 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.

2. Для підготовки до спостережень реалізовано можливість юстування ПЗЗ-мікрометрів та відлікової системи, контролю працездатності відлікової системи та пристрою точного часу (ПТЧ). Для контролю стану інструменту створено ПЗ для вимірювань колімації та прогину, а також вимірювання

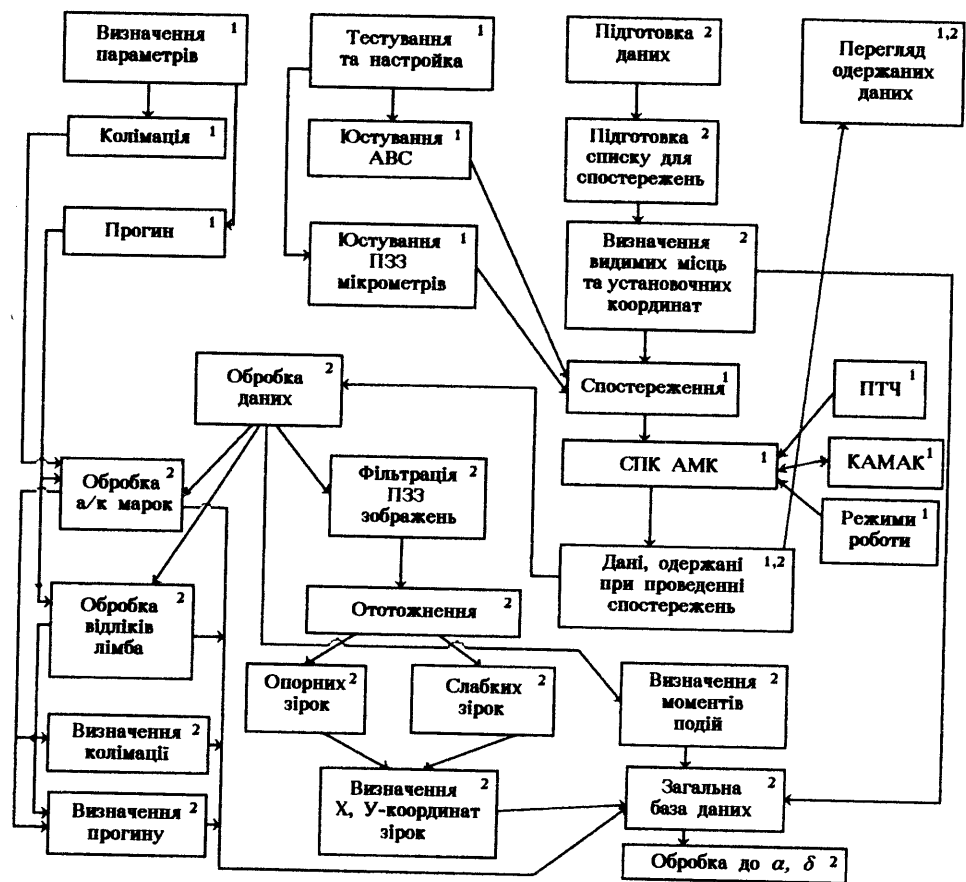


Рис. 1. Програмні засоби СПК АМК

нерівномірності поля зору мікрометра відліку лімба та періодичних похибок лімба. Для контролю стану інструменту та подальшого врахування систематичних інструментальних похибок провадиться постійний контроль вузлів телескопа та визначення його параметрів. Для цього створено програмне забезпечення, що дає змогу перед початком спостережень контролювати усі важливі вузли телескопа, настроювати їх та юстувати. Спеціальне програмне забезпечення провадить вимірювання нерівномірності поля зору мікрометра відліку лімба та періодичних похибок лімба, колімації та прогину і визначає параметри інструмента.

3. Для проведення спостережень реалізовано автоматичне керування усіма 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. Оператор має можливість оперативно міняти спостережні списки та в разі необхідності виключати окремі вузли з процесу спостережень. Оскільки усі вузли телескопа, особливо зоряний мікрометр, протягом одного циклу збирають дуже багато інформації, постає питання її найповнішого відображення для контролю за інструментом та процесом спостережень в рамках СПК створено інтегроване графічне багатовіконне середовище з відображенням основної інформації, що надходить з телескопа, включаючи зображення зоряного неба з зоряного ПЗЗ-мікрометра. Оскільки об'єми інформації досить великі, постає питання їхнього 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 застосування алгоритмів пакування. Об'єми та шляхи передачі потоків інформації одного

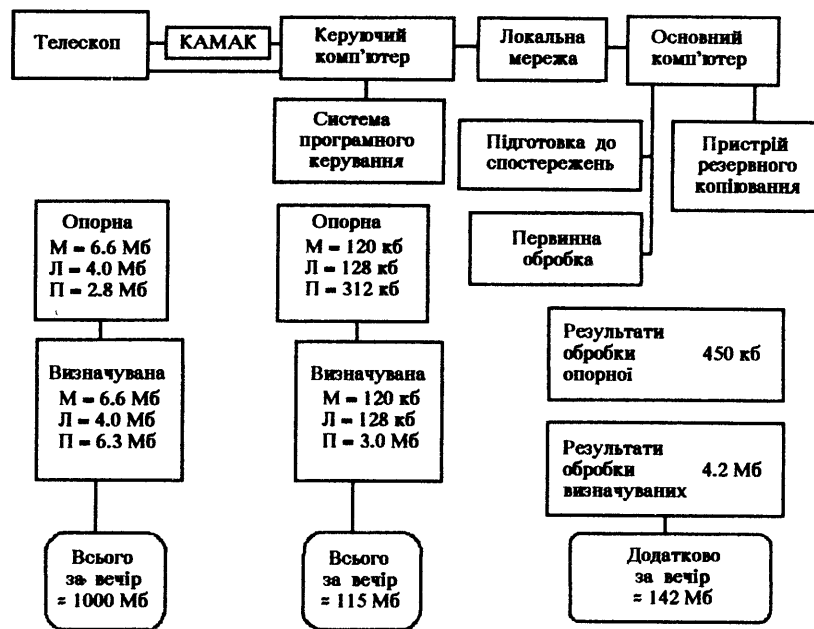


Рис. 2. Структура інформаційних потоків СПК АМК

вечора показано на рис. 2, де М — це колімаційні відліки, Л — відліки лімба, П — одержана площадка зоряного неба. З реєструючих пристроїв телескопа через КАМАК та напругу на керуючий комп'ютер поступає близько 1000 Мб різноманітної інформації, яка частково обробляється в режимі реального часу, після чого близько 120 Мб передається на основний комп'ютер для подальшої обробки.

4. Для забезпечення первинної обробки одержаного матеріалу створено програмне забезпечення, що фільтрує ПЗЗ-зображення. Це дає змогу покращити відношення сигнал/шум та виділити для обробки достовірну інформацію. Також реалізовано автоматичне ототожнення усіх наявних на зображенні об'єктів до 16^m за існуючими в електронному вигляді каталогами. Для забезпечення якнайшвидшої обробки одержаного матеріалу після закінчення спостережень на основному комп'ютері автоматично починається фільтрація ПЗЗ-зображень, що є найбільш трудомістким процесом 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 подальшому використовується при підготовці спостережних списків на наступні спостереження.

5. Для обробки даних одного вечора створено програмне забезпечення у вигляді графічного середовища з повним відображенням процесу обробки, положення зірок та можливістю вибору різних методик обробки. ПЗ глобальної обробки усього циклу спостережень використовує усі дані, одержані на етапі первинної обробки та обробки даних одного вечора, і на виході видає результат у вигляді каталогу положень усіх спостережених об'єктів.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМИ ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ

Увесь програмний комплекс СПК використовувався під час регулярних спостережень слабких зірок в зонах навколо позагалактичних радіоджерел в 1996—1998 рр. Одержано і оброблено близько 80000 окремих спостережень зірок. Технічні характеристики СПК, перевірені у реальних умовах, докладно представлено в [3]. Методику та результати обробки спостережень програмним комплексом АМК представлено в роботі [4].

ВИСНОВКИ

Впровадження повної автоматизації меридіанного круга з використанням сучасних реєструючих пристроїв на базі розроблених методик дозволило: скоротити кількість спостерігачів більш ніж в 4 рази; збільшити продуктивність спостережень у 150—200 разів; підвищити проникну здатність телескопа більш ніж в 100 разів; ефективніше розподілити спостережний час; отримувати статистично однорідний спостережний матеріал, не зв'язаний з конкретним спостерігачем; підвищити точність одного

спостереження в 4-5 разів; автоматично та оперативно змінювати режими роботи вузлів телескопа залежності від стану апаратури та зовнішніх умов. Розроблені автоматичні реєструючі пристрої методика спостережень короткими смугами та схема побудови системи програмного керування показали свою доцільність, зручність, надійність та продуктивність при регулярних спостереженнях в 1996—1998 рр. каталогу слабких зірок в площадках навколо позагалактичних радіоджерел.

1. Ковальчук А. Н., Пинигин Г. И., Процюк Ю. И., Шульга А. В. // Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики: Тр. конф., 23-27 сент., 1996 г. — СПб: ИТА РАН, 1996.—С. 91—96.
2. Процюк Ю. И., Ковальчук А. Н., Шульга А. В. // Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики»: Тр. конф. 23-27 сент. 1996 г. — СПб: ИТА РАН, 1996.—С. 97—101.
3. Процюк Ю. И. Система програмного керування для автоматичного меридіанного круга з ПЗЗ реєструючими пристроями // Дослідження характеристик тіл Сонячної системи ПЗЗ-методами, 22-23 червня 1999 р. — Миколаїв, 1999.
4. Шульга А. В. Визначення положень зірок в ділянках навколо позагалактичних радіоджерел, отриманих із спостережень на автоматичному аксіальному крузі Миколаївської обсерваторії // Кинематика и физика небес. тел. Приложение.—1999.— 15, приложение. — Київ, 1999.

УНІВЕРСАЛЬНИЙ ПЗЗ-МІКРОМЕТР В АСТРОНОМІЇ

О. М. Ковальчук

© 1999

Миколаївська астрономічна обсерваторія

Інтенсивний розвиток електронної і обчислювальної техніки в останні роки, а також розробка нових високоякісних приймачів зображення, таких як ПЗЗ-матриці, корінним чином змінили ситуацію в практичній астрономії. Значно зросли якість і кількість отримуваної із спостережень інформації, а також з'явилася можливість на телескопах з досить скромною вхідною апертурою виконувати масові спостереження слабких небесних об'єктів при одночасному зменшенні похибок при визначенні координат і зоряних величин.

В Миколаївській астрономічній обсерваторії роботи з розробки та впровадження в спостереження приймачів зображення на основі ПЗЗ-матриць проводяться з 1993 р. Протягом зазначеного часу було виготовлено кілька екземплярів ПЗЗ-мікрометрів для оснащення Миколаївського АМК. Їхні характеристики та результати спостережень опубліковані в [1—6]. Також останнім часом інтенсивно провадилась розробка мікрометра нового покоління, який міг би забезпечити вирішення широкого спектру задач практичної астрономії, а саме високоточні визначення положень небесних світил та визначення фотометричних характеристик. Причому мікрометр має можливість реєстрації як нерухомих, так і рухомих зображень, і може бути встановлений на телескопі практично будь-якого типу.

Основне призначення мікрометра — це визначення зоряних величин в фотометричній системі *UBVR* і координат симетричних та несиметричних об'єктів в прямокутній системі координат, що задається напрямками вздовж стовбців та рядків матриці.

Основні характеристики ПЗЗ-мікрометра:

Матриця	ISD017A
Гранична зоряна величина ($F = 2500$ мм, $D = 150$ мм)	16.5 ^m
Похибка при визначенні координат	0.02 пкл
Похибка при визначенні інструментальної зоряної величини	0.02 ^m
Експозиція в режимі синхронного накопичення, с	103/cos δ
Експозиція в кадровому режимі	1 мс — 30 хв
Температура кристала ПЗЗ	-60 °C
Час зміни оптичних фільтрів	< 15 с
Кількість оптичних фільтрів	5
Час зчитування кадра	22 с

Мікрометр має кілька режимів роботи.

1. *Кадровий режим.* В цьому режимі на протязі встановленого програмою часу виконується накопичення зарядових пакетів з подальшим швидким зчитуванням інформації. Діапазон можливих експозицій лежить в межах від десятків мілісекунд до десятків хвилин і обмежений лише величиною фонового і темного сигналу. Зазначений режим використовується для спостереження нерухомих та малорухомих об'єктів, а також для відліку інструментальних світлових міток, що контролюють стабільність системи інструмента в процесі спостережень.