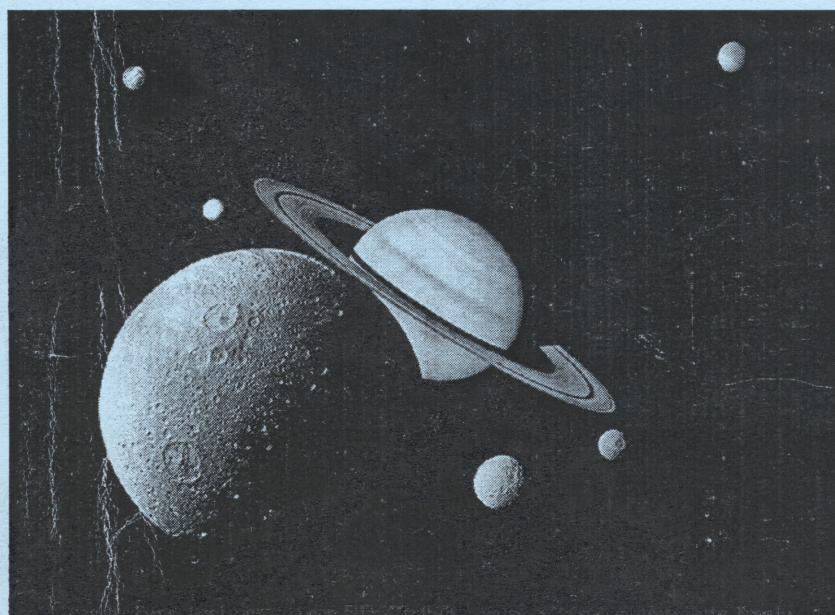


Міністерство освіти і науки України
Миколаївська астрономічна обсерваторія



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

створенні автоматизованого телескопа багатоцільового призначення. В складі комплексу входять ширококутовий дзеркальний телескоп $D=100-200$ см, $F=300-400$ см конструкції типу Бейкер-Шмідта або Максудова з набором камер для двохкоординатного відслідковування і фотоелектричним датчиком типу ПЗС-матриці або телевізійної трубки, автономна служба часу до 10^{-4} с, ЕВМ, блок реєстрації інформації, пульт управління і електронно-логічні блоки для узгодження оперативної роботи всіх вузлів комплексу. В пропозиції обговорюються теоретичні основи методик спостережень з відслідковуванням зображень, обробки вимірювань, визначення кутових координат і зіркових величин, питання оперативності і точності спостережень. Створення комплексу забезпечить масове визначення координат природних і штучних небесних тіл з точністю $0.''1-0.''3$, реєстрацію об'єктів на 3^m-5^m слабше порівняно з наявними засобами спостережень, видачу інформації в режимі реального часу, підвищить ефективність виявлення нових об'єктів і вирішує проблеми прив'язки слабких об'єктів до більш яскравих опорних зір. Отримана координатна і фотометрична інформація з допомогою комплексу забезпечить рішення багатьох завдань на якісно новому рівні, зокрема: створення більш точних теорій руху планет і ІСЗ, побудова і орієнтація координатних систем в космічному просторі, дослідження астероїдної небезпеки, виявлення нових кінематичних і структурних особливостей Всесвіту, відкриття і вивчення нових тіл Сонячної системи, контроль і екологія окологлобального простору, створення бази даних для координатно-часового забезпечення України.

* * *

Ковальчук О.М., Махов В.О., Мажасєв О.Е., Пінігін Г.І., Процюк Ю.І., Шульга О.В. Миколаївська астрономічна обсерваторія

АВТОМАТИЧНИЙ АКСІАЛЬНИЙ МЕРИДІАННИЙ КРУГ МИКОЛАЇВСЬКОЇ АСТРОНОМІЧНОЇ ОБСЕРВАТОРІЇ – СУЧАСНИЙ СТАН

Вступ

Автоматичний аксіальний меридіанний круг (АМК) з програмним керуванням Миколаївської астрономічної обсерваторії в своєму становленні пройшов декілька етапів. Більшість з них – історія, розробка і створення окремих пристроїв, теорія і дослідження – докладно описані в літературі (1–16).

Останні роботи по вдосконаленню АМК були спрямовані на ліквідацію недоліків інструменту, виявлених в процесі виконання програм спостережень 1996–1999 років, заміною реєструючих пристроїв (окулярний мікромір, система відліку лімба), програмного забезпечення на більш сучасне і ефективне, використання більш сучасної методики спостережень (19–24).

В цій статті приведено найбільш повний опис АМК на етапі його підго-

товки до виконання нової програми спостережень в 2000 році.

Принципова схема АМК

Задачею АМК є підвищення точності визначення координат небесних об'єктів шляхом зменшення впливу вагових та термічних деформацій на зміщення нуль-пунктів вимірювальних засобів меридіанного круга. Запропонована схема забезпечує рішення поставленої задачі шляхом постійного контролю та коректування в процесі вимірювань відхилень меридіанного круга від опорних напрямків.

Для цього в АМК розміщені горизонтальна труба, з можливістю обертання навколо своєї поздовжньої осі, з об'єктивом на одному кінці та окулярним мікрометром – на другому, довгофокусний коліматор з об'єктивом на одному кінці та мікрометром, що має світлову марку, – на другому, розділений круг, засоби відліку розділеного круга, а також передбачено штучний горизонт у надирі. Зорова труба та коліматор встановлені аксіально в першому вертикалі. Вони звернені об'єктивами одне до другого і між ними зроблено проміжок, в якому розміщено жорстко закріплений на зоровій трубі оптичний вузол з жорстко закріпленим на ньому розділеним кругом. Центр круга співпадає з віссю зорової труби та коліматора, а плоско-торцева поверхня оптичного вузла – перпендикулярна осі зорової труби та коліматора. Торцеву поверхню звернено у бік коліматора, а плоску дзеркальну поверхню, яка розміщена під кутом 45° до згаданої осі, до зорової труби. В оптичному вузлі є наскрізний отвір для проходження через нього світлових променів від світлової марки коліматора.

Найбільш оптимальним з точки зору простоти виконання та технологічності збирання є виконання оптичного вузла в формі зрізаного циліндра, хоч це може бути, наприклад, і зрізана призма. Найбільш технологічним є виконання наскрізного отвору оптичного вузла у формі циліндра, вісь якого співпадає з поздовжньою віссю зорової труби.

Для забезпечення максимальної точності вимірювань розділений круг щільно прилягає однією з своїх плоско-паралельних поверхонь до торцевої поверхні оптичного вузла.

Для забезпечення безперешкодного проходження променів світлової марки до окулярного мікрометра зорової труби розділений круг має центральний отвір.

Окулярний мікрометр коліматора виконано за автоколімаційною схемою. Торцева поверхня оптичного вузла виконана дзеркальною для відбиття променів світлової марки та забезпечення автоколімаційного ефекту. Для забезпечення відбиття променів світлової марки діаметр центрального отвору розділеного круга перевищує діаметр отвору оптичного вузла.

Розділений круг містить засоби самовстановлення його нуль-пункту.

Така конструкція АМК забезпечує можливість мати в полі зору окулярного мікрометра зображення небесного об'єкта, за яким спостерігають, і світлової марки коліматора, що дає можливість здійснювати пряме вимірювання координат небесних об'єктів відносно опорного напрямку – осі довгофокусного коліматора, обминаючи проміжні вимірювання, що було раніше

неможливо. Завдяки цьому, з'явилась можливість значно зменшити вплив вагових та термічних деформацій на результати вимірювань і тим самим підвищити точність визначення координат небесних об'єктів.

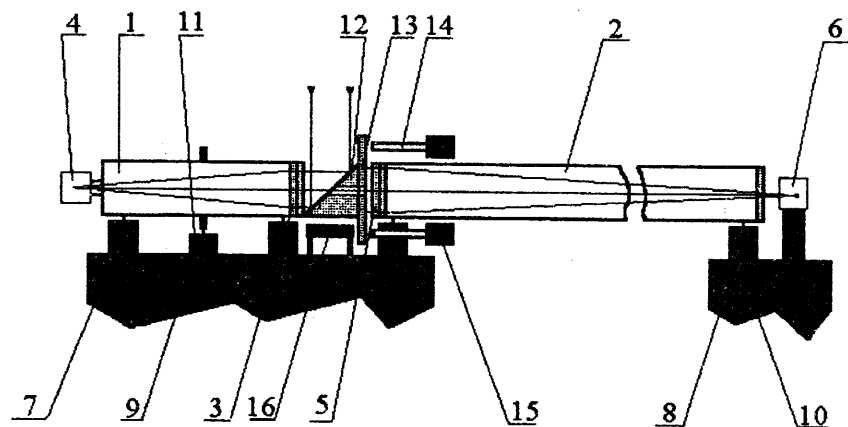


Рис.1. Принципова схема АМК

Суть схеми АМК пояснюється кресленнями, де на рис.1 схематично зображено аксіальний меридіанний круг. АМК містить горизонтально розміщені зорову трубу 1 та довгофокусний коліатор 2, встановлені аксіально в першому вертикалі. На одному кінці зорової труби 1 закріплено об'єктиви 3, на другому – окулярний двокоординатний мікрометр на базі приладів з зарядовим зв'язком (ПЗЗ-мікрометр) 4.

Довгофокусний коліатор 2 також містить на одному кінці об'єктиви 5, на другому – двокоординатний ПЗЗ-мікрометр 6.

Світлова марка коліатора 2 виконана відомим способом і містить точкове джерело світла, фокусуючий пристрій та діафрагму (на кресленні не показані). Фокусна відстань коліатора дорівнює 12 м, що забезпечує коліатору стійкість по азимуту та нахилу.

Зорова труба 1 та коліатор 2 з мікрометром 6 розміщені на опорах 7,8, які встановлені на фундаментах 9, 10 так, що їх поздовжні осі нерухомі, а їх об'єктиви 3,5 звернені один до одного з проміжком між ними. Зорова труба 1 має можливість обертатися навколо своєї поздовжньої осі за допомогою приводу 11.

В проміжку між об'єктивами 3,5 розміщений жорстко закріплений на зоровій трубі 1 оптичний вузол 12, який має форму зрізаного циліндра з наскрізним, циліндричним отвором, вісь якого співпадає з віссю зорової труби 1 та коліатора 2.

Оптичний вузол 12 має плоску перпендикулярну до осі зорової труби 1 та коліатора 2 торцеву поверхню, звернену у бік коліатора 2, та плоску

дзеркальну поверхню, яка розміщена під кутом 45° до згаданої осі та до згаданої торцевої поверхні.

Оптичний вузол 12 має жорстко закріплений на ньому скляний розділений круг 13, який однією із своїх плоско-паралельних поверхонь щільно прилягає до торцевої поверхні оптичного вузла 12 так, що центр розділеного круга 13 співпадає з віссю зорової труби 1 та коліматора 2, а згадані плоско-паралельні поверхні перпендикулярні цій осі.

Розділений круг 13 має центральний отвір, круглої форми, для проходження через нього променів світлової марки.

Для забезпечення автоколімаційного ефекту торцева поверхня оптичного вузла 12 виконана дзеркальною. При цьому для забезпечення відбиття променів світлової марки коліматора 2 від дзеркальної торцевої поверхні оптичного вузла 12 діаметр центрального отвору розділеного круга 13 перевищує діаметр отвору оптичного вузла 12.

Для послаблення впливу рефракційних ефектів на точність вимірювань труба коліматора 2 вакуумна.

Перед розділеним кругом 13 розміщені засоби відліку його показань – відлікові мікроскопи 14, 15 – для вимірювання кутів повороту оптичного вузла 12 разом із зоровою трубою 1.

Для контролю положення АМК відносно прямовисної лінії передбачено штучний горизонт 16, який розміщено в надирі, під оптичним вузлом 12.

Для автоматизації процесу контролю та вимірювань меридіанний круг має систему автоматизованого управління та обробки даних. Функціонує АМК наступним чином.

Обертаючи за допомогою приводу 11 (шагового двигуна) зорову трубу 1 разом із закріпленим на ній оптичним вузлом 12 та розділеним кругом 13 навколо горизонтальної осі, сканують область небесної сфери, через яку проходить інструментальний великий круг.

Промінь світла від об'єкта спостережень відбивається від дзеркальної діагональної поверхні оптичного вузла 12 і проходить через об'єктив зорової труби 1, і зображення об'єкта формується в її окулярному мікрометрі 4. Там же формується зображення світлової марки коліматора 2, світло від якої, проходячи через отвори розділеного круга 13 та оптичного вузла 12, потрапляє в окулярний мікрометр 4.

Вимірюючи окулярним мікрометром 4 відстань між зображеннями небесного об'єкта та світлової марки коліматора 2, здійснюють пряме приведення зображення небесного об'єкта на опорний напрямок – візірну вісь коліматора 2. В результаті цього компенсуються всі похибки, які виникають через зміну положення окулярного кінця зорової труби внаслідок недосконалості механічних вузлів (цапф), її вагових та термічних деформацій, зміщення нуль-пунктів вимірюваних приладів.

В процесі спостереження небесного об'єкта є можливість, одночасно з вимірюваннями, контролювати положення оптичного вузла 12, шляхом реєстрації автоколімаційним мікрометром 5 зображення світлової марки, відбитого від торцевої поверхні оптичного вузла 12.

Таким чином, під час вимірювань здійснюється безперервна прив'язка об'єкта спостереження до опорного напрямку з одночасним постійним кон-

тролем положення оптичного вузла 12 відносно лінії коліматора 2. В цьому полягає основний принцип АМК, на який був виданий патент.

Конструкція телескопа

Схема АМК включає горизонтальний телескоп в першому вертикалі і нерухомий вакуумний коліматор ($D=180$ мм, $F=12360$ мм), (див.рис. 2).

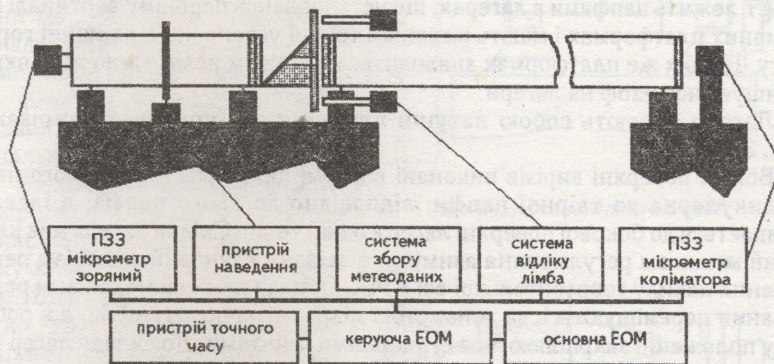


Рис. 2. Загальна схема Миколаївського АМК з програмним управлінням

Астрономічна труба (АТ) має:

- об'єктив АТ (ОАТ) з $D=180$ мм, $F=2480$ мм;
- велику шестерню приводу з балансним тягарем ($D_{ш} = 360$), модуль зубця 2 мм;
- на своїх кінцях циліндричні цапфи ($D_{ц} = 200$ мм, шириной 100 мм);
- захисний, теплоізоляційний кожух.

На відміну від класичного меридіанного круга (КМК) АТ АМК є горизонтальною віссю телескопа і виконує функції механічного закріплення та наведення на необхідний напрямок в просторі. Достатньо великі статичні та динамічні навантаження АТ АМК викликали необхідність її виготовлення з товстостінної труби ($h_{АТ}=5$ мм).

Об'єктив є ахроматом і включає дві лінзи, перша лінза виготовлена зі скла марки К-8, друга зі скла Ф-1. Простота його виготовлення визначається малим робочим полем ($30' \times 30'$) та малою світлосилою (1:7).

Цапфи АТ виготовлені зі сталі марки 40Х. Неправильність цапф дорівнює ± 5 мкм, а нерівність цапф $-0,15$ мм.

АТ АМК розміщена на висоті від 50 мм до 250 мм від поверхні фундаменту і таким чином на неї діє мінливе теплове поле значних градієнтів від $0,1^{\circ}\text{C}/\text{метр}$ вночі до $3^{\circ}\text{C}/\text{метр}$ вдень. В такому тепловому полі верхня і нижня частина АТ АМК мають різну температуру, що приводить до теплового прогину АТ в напрямку найбільшого градієнта температур. Для зменшення теплового прогину АТ закрита теплоізоляційним кожухом, до скла-

ду якого входять прошарок вовняної тканини і два прошарки алюмінієвої фольги загальною товщиною ≈ 10 мм.

Середній добовий розмах теплового прогину АТ має величину в $10'' \pm 20''$ без теплоізоляційного кожуха і зменшується до $1'' \pm 2''$ з теплоізоляційним кожухом, що дозволяє гарантувати перебування автоколімаційної світлової марки в полі ПЗЗ-матриці мікрометра автоколіматора протягом річного циклу вимірювань.

АТ лежить цапфами в лагерах, що установлені в першому вертикалі на масивних платформах і мають механізм точної установки в площині горизонту. На цих же платформах знаходиться механізм розвантаження, який зменшує тиск цапф на лагери.

Лагери являють собою латунні пластини з V-подібними вирізами (рис. 3).

Бокові поверхні вирізів виконані в формі циліндра, твірна якого перпендикулярна до твірної цапфи; відповідно до цього цапфа, в ідеалі, дотикається до бокової поверхні лагера в одній точці. Східна лагера має клиновий механізм регулювання азимуту, а західна клиновий механізм регулювання нахилу горизонтальної осі АМК. Обидва клинові механізми регулювання переміщуються за допомогою мікрометричних гвинтів, а в робочому положенні закріплюються стопорними гвинтами. До складу лагера також входять пружинні горизонтальні торцеві упори. Торцеві упори тиснуть на внутрішню упорну поверхню цапфи і утримують АТ АМК від переміщень в напрямку схід-захід.

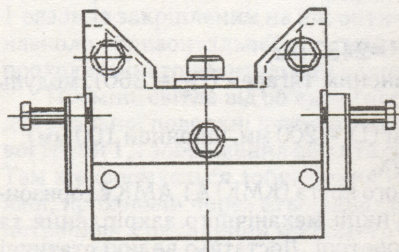


Рис. 3. Конструкція лагера АМК

Відмінність лагера АМК від КМК полягає в їх значних розмірах, оскільки діаметр цапф АМК дорівнює 200 мм, що значно більше за діаметр цапф КМК (до 100 мм) і призводить до зменшення їх спрацювання. Навантаження на цапфи АМК становить 25 кг, тоді як навантаження на цапфи КМК в 5 разів менше.

АТ має вагу ≈ 350 кг, що викликає проблему захисту поверхні цапф від спрацювання. Для рішення цієї проблеми використовують механізм розвантаження (рис. 4). Зверху платформ цапф установлені опори для важелів першого роду. На внутрішніх кінцях важелів підвішені тягарі, а на зовнішніх закріплено шарикопідшипники кочення, на яких лежить АТ. Опори важелів представляють собою плаваючі, горизонтальні шарикопідшипники, що в поєднанні з шаровими опорами шарикопідшипників кочення, призводить до мінімального впливу на азимут та нахил АТ.

З трубою телескопа пов'язано оптичний вузол – сітловий, шестигранний циліндр, усічений під 45 градусів таким чином, щоб його діагональна площина відбивала світлові промені зірок в об'єктив телескопа і далі в ПЗЗ-окулярний мікрометр телескопа для реєстрації проходжень зобра-

жень зірок через площину меридіану. Через центральний отвір циліндра можна спостерігати марку нерухомого довгофокусного коліматора і реєструвати її положення в окулярному мікрометрі АМК.

Вузол діагональної призми (ВДП) з розділеним, скляним лімба закріплено зі східної сторони АТ. Він включає до свого складу: несучий циліндр з фланцями, шестигранну зрізану призму, фланець план-шайби лімба, зрізаний циліндр план-шайби діагональної призми (рис. 5).

Бокова сторона циліндра має отвір діаметром 200 мм, що дозволяє повністю задіяти світлосилу об'єктива АТ. Одним фланцем ВДП прикріплюється до АТ, а до другого фланця прикріплюються план-шайби лімба (з зовнішньої сторони) і діагональної призми (з внутрішньої сторони). План-шайби мають по три так звані "порожнисті болти", за допомогою котрих з точністю не гірше 5" виставляються перпендикулярність площина лімба та площина торцевого дзеркала зрізаної призми до осі обертання АТ. План-шайба лімба має пристрій корегування ексцентриситету. Шестигранна зрізана призма виготовлена з сіталу. Дві дзеркальні поверхні мають чистоту поверхні не гірше 1/4, а в центрі призма має отвір діаметром 20 мм.

Дванадцятиметровий автоколіматор встановлено на двох нез'єднаних фундаментах. Він включає до свого складу: об'єктив на платформі, вакуумну трубу, автоколімаційний мікрометр на платформі.

Дволінзовий об'єктив коліматора має оправу з механізмом регулювання його азимуту. Платформа об'єктиву закріплена на трьох закладних деталях і забезпечує регулювання його нахилу за допомогою "порожнистих болтів".

Вакуумна труба з двох сторін закрита скляними пластинами, які забезпечують якісне зображення світлових автоколімаційних міток та підтримання вакууму на рівні 1 мм рт. ст. Вакуумна труба має свої лагери, що

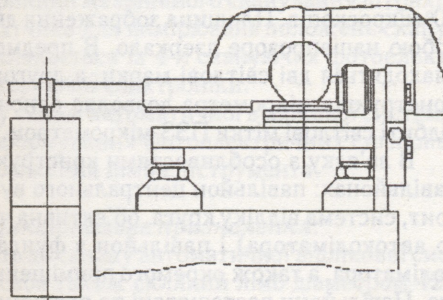


Рис. 4. Механізм розвантаження АМК

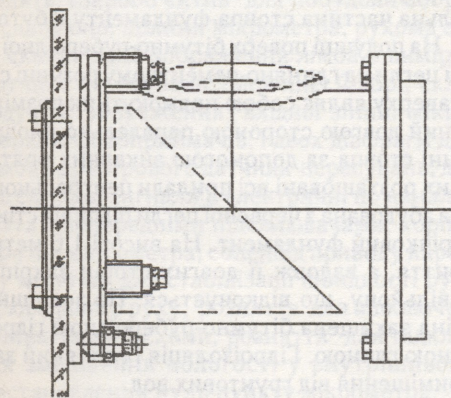


Рис. 5. Вузол діагональної призми АМК.

встановлені на закладних деталях. Лагери мають механізми регулювання азимуту та нахилу.

Автоколімаційний мікрометр виконано за схемою суміщених під кутом 90° мікроскопів. Площина зображення двох мікроскопів є спільною і являє собою напівпрозоре дзеркало. В предметній площині одного мікрометра знаходяться дві світлові марки, а другого – поверхня ПЗЗ-матриці. Така конструкція мікрометра дозволяє одночасно спостерігати як прямі, так і відбиті світлові мітки ПЗЗ-мікрометром.

В зв'язку з особливостями конструкції АМК він розміщений в трьох павільйонах: павільйон центрального вузла (оптичний вузол, труба, горизонт, система відліку круга, об'єктивна частина вакуумного довгофокусного автоколіматора) і павільйон з фундаментом під ПЗЗ-мікрометр автоколіматора, а також окремого приміщення для системи постійного контролю. Павільйони розташовані по першому вертикалу і з'єднуються вакуумною трубою. Вони мають круговий обрис і обваловані ґрунтом.

Павільйон центрального вузла АМК має стовп-фундамент павільйону, опорну стіну, рейковий шлях та частину павільйону, що відкочується. Циркульна частина стовпа-фундаменту є бутобетонна подушка, у формі хреста. На подушці поверх бітумно-рубероїдної гідроізоляції викладено з силікатної цегли на глиняно-цементному розчині стовп-фундамент. Він звужується і наверху являє собою прямокутник розміром 4,6 метра на 1 метр, орієнтований довгою стороною паралельно площині першого вертикала. На вершині стовпа за допомогою анкерних болтів закріплені закладні плити, на яких розташовані всі прилади центрального вузла телескопа. Навколо стовпа збудована з червоної цегли підпірна стінка. Її підставою є хрестоподібний стрічковий фундамент. На висоті 1,6 метра в стіну закладені балки перекриття, а вздовж її довгих сторін закріплені рейки, що несуть частину павільйону, що відкочується. По зовнішньому периметру, по всій висоті стіна захищена бітумно-рубероїдною гідроізоляцією і обкладена утрамбованою глиною. Гідроізоляція і глиняний захист надійно захищають стовп і приміщення від ґрунтових вод.

При конструюванні фундаментів були закладені такі принципи: фундамент і опорні стовпи симетричні відносно площини меридіанного інструменту; навантаження на фундаментну плиту повинні бути симетричні; розміри фундаментів в плані і по глибині, а також розміри обваловки павільйонів прийняті за умови рівності фактичного питомого тиску по підшві фундаментів на відмітці закладення фундаментів, з урахуванням ваги обваловки; з метою поліпшення умов роботи фундаментів при нестационарних добових температурних впливах павільйони обваловуються місцевим ґрунтом.

ПЗЗ-реєструючі мікрометри

Двокоординатний зірковий мікрометр АМК детально описаний в статті О.М.Ковальчука [17].

Автоматична система управління відліком круга

В 1994 році була розроблена і виготовлена система управління відліком круга (АСВ), в основі якої лежав принцип механічного сканування штрихів лімба і використання растрового датчика для вимірювань положень скануючого вузла [10]. Система АСВ складається із 4-х скануючих фотоелектричних мікроскоп-мікрометрів та керуючої електроніки.

Мікроскоп-мікрометр працює у складі автоматичної відлікової системи лімба АМК. Він призначений для формування фотоелектричних сигналів, які забезпечують точний відлік положення лімба інструмента.

Функціональний склад та функціональне призначення:

1. Мікроскоп-мікрометр входить до складу автоматичної відлікової системи інструмента, яка включає в себе також скляний лімб діаметром 423 мм і ціною штрихів 5', освітлювальну систему, джерело живлення освітлювачів та соленоїдів мікроскоп-мікрометрів, електронні блоки і крейт КАМАК з автономним контролером та набором модулів КАМАК.

2. До складу мікрометра входять: мікрооб'єктив для побудови зображення ділянки лімба в площині скануючої щілини мікрометра; рухома оптична пластина з щілиною, яка сканує поле зображення лімба, і вимірювальними ґратами растрового датчика пересувань; блок лінз Фабрі, складений з двох лінз Фабрі, які будують зображення вхідної зіниці мікрооб'єктива на світлочутливу поверхню фотоприймачів, і двох діафрагм для світлового розділення каналів лімба та растрового датчика пересувань; два фотоприймачі, які перетворюють світлові сигнали в електричні по каналах растрового датчика та лімба; плата з попередніми підсилювачами; корпус мікрометра з направляючими каретки мікрометра; соленоїд приводу каретки; повітряний демпфер приводу каретки для стабілізації швидкості руху каретки мікрометра під час вимірювального руху; роз'язтя для підключення попередніх підсилювачів до електричної схеми; роз'язтя для підключення соленоїда, осушувач для зменшення вологості у внутрішньому просторі мікрометра; упор для встановлення нуля-пункту мікрометра.

Функціонування

1. Мікроскоп-мікрометр – вимірювальна система скануючого типу, де зображення ділянки лімба сканується щілиною на рухомій оптичній пластині в межах робочого поля. Робоче поле повинно вмещувати не менше трьох штрихів лімба. Коли каретка мікроскопа рухається, в каналі растрового датчика з'являються імпульси фототока, які задають лінійну шкалу мікрометра, а у каналі штриха – фототок, що характеризує розподіл яскравості в зображенні ділянки лімба (реєстрограму сканування).

2. Нуль-пункт мікрометра задається узгодженням фази растру рухомих та нерухомих ґрат у зведеному стані соленоїда. Нуль-пункт регулюється за допомогою ексцентрика-упора.

3. Точний відлік мікрометра зводиться до визначення положень зображень усіх (3-х) видних у полі зору штрихів лімба відносно нуля-пункту. Цю

операцію виконує автономний контролер, який обробляє регістрограму сканування з урахуванням швидкості руху каретки та неоднорідності освітлення поля зору мікрометра.

4. Для формування імпульсів, які задають лінійну шкалу мікрометра, використовується растровий датчик. Він включає в себе рухомі ґрати, нерухомі ґрати, лінзу Фабрі та фотоприймач з попереднім підсилювачем. При проходженні рухомих ґрат відносно нерухомих з фотоприймача знімаються імпульси фототока.

5. Рисунки на рухомій та нерухомій оптичній пластинці наносяться на тих сторонах, якими вони обернені одна до одної. При цьому відстань між пластинами вибирається такою, щоб запобігти ефекту дефокусування.

6. Освітлювальна система будує зображення світної нитки лампи розжарювання КГМ 12-40 в площині штрихів лімба таким чином, що вісь зображення спіралі паралельна штрихам лімба. При цьому одночасно освітлюється фотоканал растрового датчика.

7. Каретка з нерухомою оптичною пластинкою під час робочого ходу пересувається у напрямку осі Х по точних направляючих. Коли приходить пусковий імпульс, соленоїд, сердечник якого твердо зв'язаний з кареткою, переводить її із одного крайнього положення в інше. Після закінчення пускового імпульсу каретка повертається в початкове положення під впливом своєї ваги. Обмеження та стабілізація руху каретки виконується демпфером, у якому є поршень, твердо зв'язаний з кареткою, та глухий циліндр на корпусі мікрометра. Величина зазору між поршнем та циліндром визначає швидкість руху каретки.

8. Мікрометр працює тільки в тих положеннях, коли є складова сили тяжіння в напрямку сканування. В даному випадку ця умова виконується, тобто чотири мікроскопи розташовані під кутом 45 градусів до горизонту.

Загальні технічні дані

1. Щоб мікрометр був встановлений на інструмент, його корпус має циліндричний тубус з опорним фланцем для кріплення регулювання мікрометра.

2. Як фотоприймачі використані фотодіоди ФД-256. Попередні підсилювачі зібрані на друкарській платі (діаметром 60 мм, товщина 2 мм), до якої підключені фотоприймачі. Конструкція мікрометра забезпечує легкий доступ до друкарської плати та можливість швидко її зняти для ремонту.

3. Внутрішня порожнина мікрометра герметична для захисту від впливу вологи. Як вологопоглинувач використано селикагель, патрон з яким легко замінюється.

4. Робочий хід каретки забезпечує сканування трьох штрихів зображень лімба при будь-якому положенні лімба. Хід не менше 7 мм.

5. Похибки відліку лімба:

- відносна по одному мікрометру не більше 0."04
- систематична не більше 0."03.

6. Конструкція мікрометра забезпечує цілодобову роботу системи з частотою запуску соленоїда 2 рази / хвилину.

7. Мікрометр стійко працює в межах температури оточуючого середовища від -35 до $+35$ градусів.

Алгоритм управління відліком круга АМК

Блок-схема, що описується, реалізує алгоритм програмного керування пристроєм відліку лімба, який включає такі блоки та вузли (рис. 6):

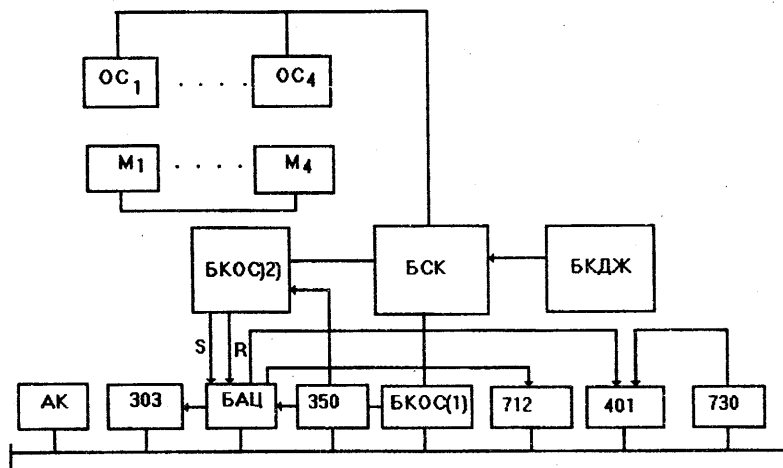


Рис. 6. Блок-схема програмного керування пристроєм відліку лімба АМК

1. Скляний поділений круг (лімб),
2. 4(6) мікроскоп-мікрометрів М, які формують фотоелектричні сигнали зображень штрихів лімба та растрових ґрат.
3. 4(6) освітлювачів - ОС.
4. Джерело живлення освітлювачів та соленоїдів мікроскоп-мікрометрів.
5. Блок комутації джерел живлення - БКДЖ.
6. Блок оптронної розв'язки та комутації аналогових сигналів мікроскоп-мікрометрів – БКОС (1) и БКОС (2).
7. Крейт КАМАК з автономним контролером АК та набором модулів КАМАК 712, 401, 303, 350, 305, 730.
8. Блок силових ключів – БСК, у стандарті КАМАК, комутуючий струм освітлювачів та соленоїдів.
9. Блок аналого-цифровий – БАЦ, у стандарті КАМАК, що реалізує прийом та обробку сигналів мікроскоп-мікрометрів, формування та обробку керуючих сигналів електронних блоків пристрою.

Робота пристрою відліку лімба проходить під керівництвом контролера АК, або міні-ЕОМ, яке виконується через крейт КАМАК з набором готових

функціональних модулів КАМАК. До складу крейту входять також виготовлені в стандарті КАМАК блоки аналогово-цифрових та силових ключів. Щоб зайти в програму керування, відліком лімба треба задати параметри режиму роботи пристрою. До них можуть належати склад та порядок включення відлікових мікроскопів, які беруть участь в даному циклі відліку, включення інтегратора в канал обробки сигналу штриха лімба, величина паузи між відліками окремих мікроскопів; частота вибірок при реєстрації сигналу штриха та інші. Потім включаються освітлювачі і підйом соленоїдів мікроскопів, номери яких задаються через модуль вихідного регістру 350. Після необхідної паузи починається цикл реєстрації сигналу штриха першого за порядком мікроскопа. Спочатку приводяться в початковий стан модулі 712 – аналого-цифровий перетворювач, 401 – лічильник часових інтервалів, 303 – регістр запитань переривання. Номер мікроскопа задається модулем 350 у модуль БКОС, який комутує сигнали штриха “S” та штрихів “R” даного мікроскопа на канали передачі та обробки. В початковий стан приводиться також блок аналого-цифровий і розв’язується проходження сигналів переривання від нього шляхом запису відповідної маски в модуль 303. Вихід з реєстрації здійснюється по флагу внутрішнього таймера контролера, установка якого задається перед опущенням соленоїда. Опущення соленоїда проводиться шляхом відключення відповідного даному мікроскопу біту вихідного регістру 350. При цьому починають формуватись та надходити в БАЦ сигнали “S” та “R”. По одному або обом фронтам “R” робиться вибірка сигналу “S” у модуль 712, де його рівень перетворюється в цифрове значення. Кожний такт аналого-цифрового перетворювача супроводжується імпульсом переривання, який надходить через модуль 303 у контролер та викликає перехід на ділянку програми обробки переривання. Зчитується та записується у відповідні масиви даних код результату перетворення з модуля 712 та величина тимчасового інтервалу між двома послідовними вибірками з модуля 401. Реєстрація закінчується по флагу таймера, після чого проводиться аналогічна процедура реєстрації сигналу штриха від інших мікроскопів. По закінченні обробки останнього мікроскопа виключаються освітлювачі, а контролер переходить на обробку отриманих регістрограм, або передає їх на ЕОМ верхнього рівня.

Пристрій наведення труби по зенітній віддалі

Система приводу телескопа призначена для наведення вхідної апертури (дзеркала) телескопа на задану точку небесної сфери за найкоротший час і з заданою точністю позиціонування. Середня швидкість наведення визначає продуктивність телескопа в часі. Точність позиціонування впливає на перекриття кадрів. Виходячи з астрометричних характеристик телескопа (точність спостережень, продуктивність), а також враховуючи характеристики ПЗЗ-матриці і оптики телескопа розраховуються основні вимоги до системи приводу телескопу. В нашому випадку технічні характеристики лежать в межах:

Точність позиціонування	Не гірше 4 кут.сек;
Час повороту на 90 град.	Не більше 10 сек;
Неперервна робота до відмови	Не менше 1000 годин;

Система зберігає дієдатність в умовах:

Температурний діапазон від -30 до +45 град. С;
Барометричний тиск від 780 до 280 мм. рт. ст.;

Режим роботи тривалий;

Живлення системи від стандартної

силової мережі 220 В 50 Гц;

Потужність споживання не більше 800 Вт.

Система складається з: привідного електродвигуна з системою передач; блока живлення і управління двигуном; мікроскопа зворотного зв'язку; інтерфейсу зв'язку з керуючою телескопом ЕОМ.

Як привідний електродвигун використовується шаговий електродвигун ШД-5Д, з наступними характеристиками: одиничний крок 1.5 град., номінальний момент навантаження 0,1 нм, номінальна частота 2000 крок/с;

Максимальна частота відпрацювання кроків 8000 крок/с. Система передач триступенева, безлюфтова з останньою ланкою, яка розмикається та має коефіцієнт передачі, рівний 1350. Блок живлення і управління крокуючим електродвигуном складається з вхідного випрямляча, блоку електронних ключів, електронного блоку формування шестифазної послідовності сигналів.

Таким чином, установка труби телескопа на задану зенітну відстань робиться кроковим двигуном з точністю 4" і швидкодії 1,5 градус\сек.

Система програмного управління

Система програмного управління на базі локальної комп'ютерної мережі детально описана в цій збірці в статті Ю.І. Процюка.

Література:

1. Пинигин Г.И., Шульга А.В., 1999, Меридіанний круг з системою автоматизованого управління та обробки даних, заявка на патент № 99031257, 05.03.99 р. Рішення про видачу патенту від 27.05.99 р.

2. Пинигин Г.И., Шумахер А.В., Бубнов Ю.А., 1988, Отсчетное устройство, Авторское свидетельство SU N1534314 от 29.02.88г.

3. Пинигин Г.И., Шорников О.Е. Аксиальный меридианный круг / Астрометрия и Астрофизика, - Наукова думка, Киев: в.49. - с.75-82.

4. Циммерман Г.К. Свободный от гнуптия вертикальный круг / Труды 14-й астрометрической конференции СССР. - Л.: Наука, 1960. - с.155-161.

5. Hog E., A solution of the problems of flexure and refraction in fundamental astrometry, Mitt. Astron. Ges. - 1970; № 30. - pp.148-151.

6. Hog E., Design study of a glass meridian circle, Mitt. Astron. Ges., 1973, № 32, pp. 120-125.

7. Ковальчук А.Н., Пинигин Г.И., Процюк Ю.И., Шульга А.В., ПЗС - аксиальный меридианный круг Николаевской астрономической обсерватории, 1996 / Современные проблемы и методы астрометрии и

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 геодинимики. – 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 програмного 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.Pakvor 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-РЕЕСТРУЮЧИМИ 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