

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
«МИКОЛАЇВСЬКА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ»

УДК 629.7.086:681.5183:522:524.491

„ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор НДІ МАО

_____ Шульга О.В.

" " грудня 2016 р.

М.П.

ЗВІТ

*про наукові результати, досягнуті з використанням наукового об'єкту
«Аксіальний меридіанний круг Миколаївської астрономічної обсерваторії»,
що становить національне надбання в 2016 році*

Керівник

завідуючий сектором НДІ МАО

_____ Процюк Ю.І.

“ _____ ” грудня 2016 р.

Звіт затверджений засіданням Вченої Ради НДІ МАО 15.12.2016 р., протокол № 9,

м. Миколаїв

2016

Список авторів

Керівник робіт:

завідуючий сектором НДІ МАО,
кандидат фіз.-мат. наук

_____ Процюк Ю.І.

Виконавці:

завідуюча лабораторією ,
кандидат фіз.-мат. наук

_____ Майгурова Н.В.

провідний інженер-дослідник

_____ Мажаєв О.Е.

головний інженер

_____ Ковальчук О.М.

молодший науковий співробітник

_____ Помазан А.В.

ЗМІСТ

1. Перелік заходів, спрямованих на підтримку наукового об'єкту «Аксіальний меридіанний круг Миколаївської астрономічної обсерваторії».	5
2. Нормативні документи щодо обґрунтування періодичності проведення регламентних та інших відновлювально-профілактичних робіт по збереженню АМК.	15
3. Список співробітників НДІ МАО, які приймають участь у заходах щодо збереження та забезпечення належного функціонування АМК.	16
4. Перелік заходів, що здійснює НДІ МАО, щодо можливості використання АМК іншими науковими установами.	17
5. Перелік основних наукових публікацій за 2016 рік.	18
6. Перелік основних наукових результатів, що досягнуто в 2016 році за допомогою використання АМК.	19
7. Необхідність продовження терміну підтримки АМК.	36

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АМК	Аксіальний меридіанний круг Миколаївської астрономічної обсерваторії
БД	База даних
МСД	Мілісекунди дуги (характеризує точність визначення або зміни координат небесних світил)
НВП	Науково-виробниче підприємство
НДІ МАО	Науково-дослідний інститут «Миколаївська астрономічна обсерваторія»
НДР	Науково-дослідна робота
ПЗ	Програмне забезпечення
ПЗЗ	Прилад із зарядовим зв'язком
СГЕ	Система гарантованого енергоживлення
УкрВО	Українська віртуальна обсерваторія
JPEG	Joint Picture Expert Group
LSPM	Каталог зірок з великими власними рухами Lepine & Shara Proper Motions
UCAC2	Second U.S. Naval Observatory CCD Astrograph Catalog
UCAC4	Fourth U.S. Naval Observatory CCD Astrograph Catalog
WDS	Washington Visual Double Star Catalog
XPM	Kharkiv Absolute Proper Motions Catalog

1. ПЕРЕЛІК ЗАХОДІВ, СПРЯМОВАНИХ НА ПІДТРИМКУ НАУКОВОГО ОБ'ЄКТУ «АКСІАЛЬНИЙ МЕРИДАННИЙ КРУГ МИКОЛАЇВСЬКОЇ АСТРОНОМІЧНОЇ ОБСЕРВАТОРІЇ»

До переліку заходів, спрямованих на збереження та забезпечення функціонування наукового об'єкту АМК, що становить національне надбання у 2016 році, входять заходи згідно:

- з планом робіт, необхідних для збереження і використання наукового об'єкта, що становить національне надбання відповідно до додаткової угоди № 2 від "01" серпня_2016 р. до договору №Н/13-2014 від 28 квітня 2015 р.;
- з планом робіт НДР «Галактика» - Дослідження зоряних систем Галактики з використанням створених астрометричних каталогів та ресурсів віртуальних обсерваторій №0116U001093, фундаментальна, термін виконання 2016-2018р.;
- з планом робіт НДР «Оркос» - Дослідження орієнтації координатних систем за спостереженнями малих тіл Сонячної системи, №0114U003050, фундаментальна, термін виконання 2014-2016р.

План заходів 2016 року по збереженню і використанню АМК наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

П Л А Н

заходів на 2016 рік, необхідних для збереження і використання АМК

№ п/п	Назва об'єкта НН, у тому числі його частин	Зміст заходів	Термін виконання (місяць, рік)	Виконавець	Розрахункова вартість робіт (тис. грн.)
1.	Телескоп АМК та його павільйон і обчислювальний комплекс.	Підтримка робочого стану та технічних характеристик обладнання приладного й обчислювального комплексу та системи охоронної сигналізації і відеоспостереження.	01-12.2016	НДІ МАО	29,4
2.	Павільйон телескопу АМК	Підтримка належного стану павільйону телескопа: поточний ремонт фундаменту та елементів жорсткості.	01-12.2016	НДІ МАО	65,2

3.	Телескоп АМК	Створення системи гарантованого енергетичного живлення робочих і технологічних приміщень: - придбання обладнання та матеріалів, - монтаж обладнання, - оренда гібридного інвертора.	01-11.2016 01-12.2016 01-12.2016	НДІ МАО	168,5 41,9 4,5
4.	Обчислювальний комплекс АМК	Забезпечення стандартизованої обробки та аналізу даних спостережень: придбання права користування спеціалізованим програмним забезпеченням.	01-12.2016	НДІ МАО	56,8
5.	Обчислювальний комплекс АМК	Забезпечення цілісності даних на робочих місцях обчислювального комплексу: придбання права користування антивірусним програмним забезпеченням.	01-12.2016	НДІ МАО	13,1
УСЬОГО:					379,4

Основні напрямки для підтримки та розвитку наукового об'єкта АМК на 2016 рік можна визначити наступним чином:

1.1 Заходи по поточному ремонту обчислювального комплексу АМК

До складу наукового об'єкту «Аксіальний меридіанний круг Миколаївської астрономічної обсерваторії», що становить національне надбання, входить обчислювальний комплекс у складі 13 робочих міст та обчислювальний кластер.

У поточному році для забезпечення стабільної безперервної роботи обчислювальної техніки, оптимального використання і підвищення ефективності обчислювальних ресурсів були виконані наступні роботи:

- Ремонт локальної мережі у павільйоні АМК із заміною мережевого кабеля.
- Ремонт робочих місць обчислювального комплексу АМК для забезпечення збору та зберігання первинних даних спостережень з телескопу та їх оперативної обробки з заміною жорсткого диска, двох модулів пам'яті та двох блоків живлення.
- Ремонт обчислювального кластеру АМК для забезпечення оперативної обробки інформації, роботи з великими сучасними зоряними каталогами та створення за оригінальними методиками каталогів

положень та власних рухів зірок нашої Галактики із заміною жорсткого диска.

1.2 Заходи по відновленню працездатності ПЗЗ камери телескопу АМК

У зв'язку з виходом в минулому році ПЗЗ-камери S1C (1040x1160, розмір пікселя 16x16 мкм) виробництва «Електрон-Оптронік» (м. С-Петербург, Росія, на даний час знята з виробництва) (рис.1.1), яка використовувалась на телескопі у якості основного приймача світлового випромінювання, її було замінено на попередню камеру власного виробництва K17 (1094x1160, розмір пікселя 16x16 мкм) (рис.1.2), яка використовувалася до 2005 року.

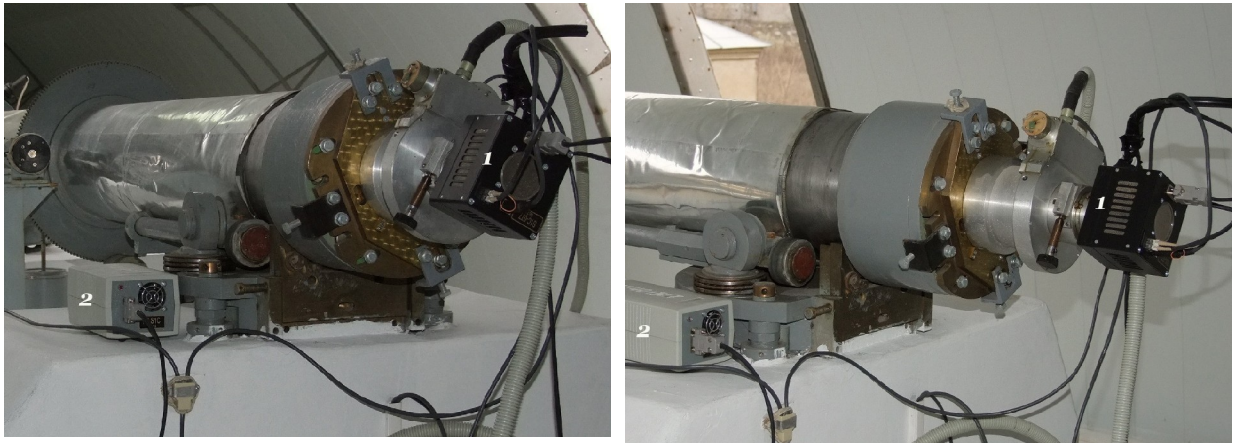


Рисунок 1.1 ПЗЗ камера S1C (1) та її блок живлення (2) до демонтажу (2015 р)

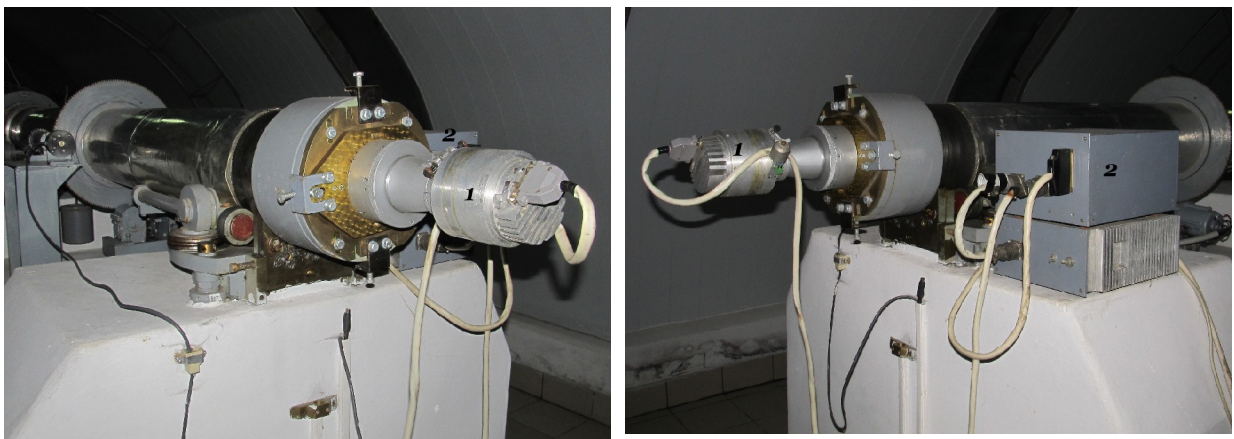


Рисунок 1.2 ПЗЗ камера K17 (1) та її блоки живлення і управління (2)

Нажаль, камера, яка не використовувалась близько 10 років, попрацювала недовго. Спочатку приблизно на третині поля виник паразитний шум, а в подальшому камера перестала видавати будь-який сигнал.

Для відновлення працездатності телескопа було використано ПЗЗ камеру Alta U9000 з іншого телескопу, який наразі ремонтується. Для розміщення цієї камери на телескопі було використано посадочний модуль від камери S1C з незначним скороченням довжини самого вузла для забезпечення юстування камери (рис.1.3). Після виконання робіт, пов'язаних з адаптацією програмного забезпечення та фокусування телескопу, отримано пробні спостереження зірок на телескопі АМК. Спостереження виконувались з метою визначення оптимальних параметрів програмного забезпечення для спостережень та обробки, що дозволять максимально ефективно використовувати встановлене обладнання для отримання якісних зображень зірок в автоматичному режимі. Результати аналізу представлено у розділі 6.

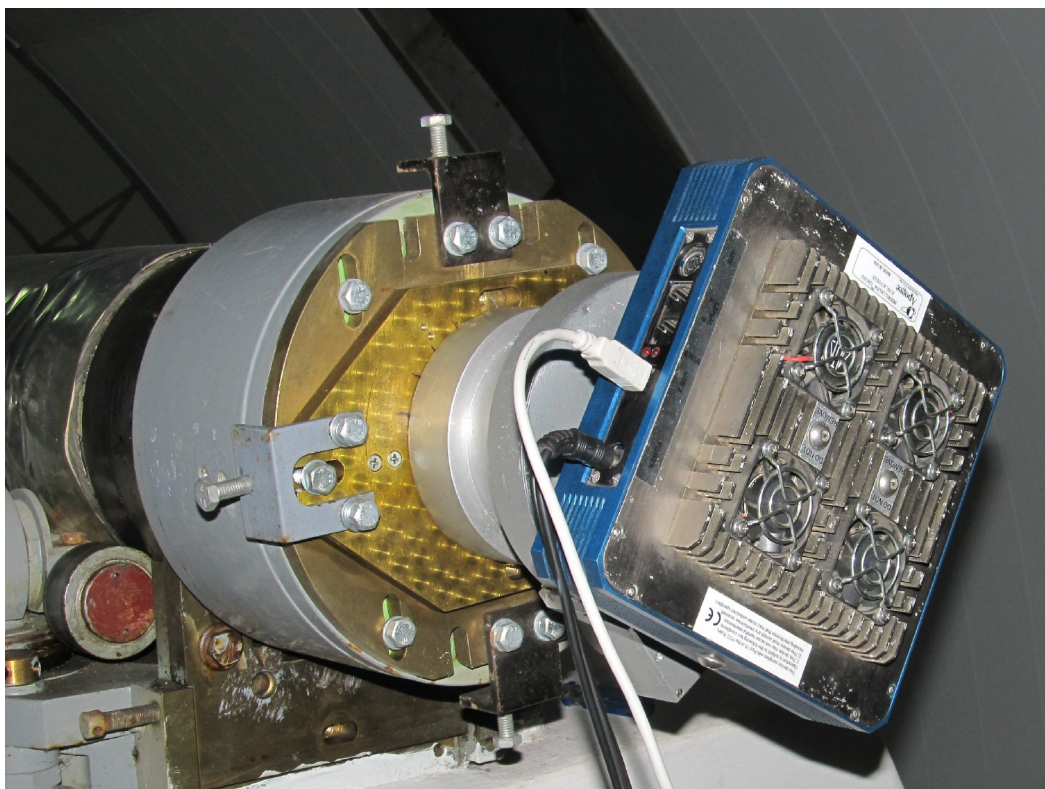


Рисунок 1.3 ПЗЗ камера Alta U9000 після встановлення на АМК

1.3 Заходи по підтримці належного стану павільйону телескопа АМК

Для підтримки належного стану павільйону телескопа проведено поточний ремонт фундаменту та елементів жорсткості павільйону телескопа. Очищено поверхню внутрішньої частини фундаменту від грибка та залишків фарби (рис.1.4а), здійснено протигрибкову обробку та пофарбування внутрішньої частини фундаменту (рис.1.4б). На зовнішній частині фундаменту замінено покриття плиткою (рис.1.5) горизонтальних частин фундаменту. Також відновлено штукатурку в місцях, де вона пошкоджена, та здійснено очищення поверхні та пофарбування фундаменту. Металеві елементи жорсткості павільйону телескопа було очищено від корозії (рис.1.6), здійснено їх ґрунтування та пофарбування, для недопущення їх подальшого руйнування та виникнення аварійних ситуацій.



Рисунок 1.4а Пошкодження внутрішньої частини фундаменту АМК грибком



Рисунок 1.4б Внутрішня частина фундаменту АМК після ремонту



Рисунок 1.5а Пошкодження плиткового покриття горизонтальної частини фундаменту



Рисунок 1.5б Плиткове покриття горизонтальної частини фундаменту після ремонту



Рисунок 1.6 Стан металевих елементів жорсткості павільйону до ремонту (зліва) та після (з права)

1.4 Заходи по створенню системи гарантованого енергетичного живлення робочих і технологічних приміщень телескопа АМК

Телескоп АМК та його павільйон є повністю автоматизованими. Телескоп може проводити спостереження в режимі віддаленого доступу без фізичної наявності спостерігача на самому телескопі. Для цього на телескопі встановлено обладнання, здатне працювати в цілодобовому режимі та яке у випадку виникнення перебоїв в енергопостачанні повинне як мінімум працювати до завершення поточних процедур спостереження та вимикатися в штатному режимі. Крім того, на об'єкті встановлено обладнання служби часу, метеодатчики, обладнання охоронної системи та системи протипожежної сигналізації, що повинні працювати в цілодобовому режимі незалежно від можливостей системи центрального енергопостачання. Для забезпечення автономності телескопа та використання відновлювальних джерел енергії було створено систему гарантованого енергоживлення (СГЕ) телескопа АМК (рис.1.7), яка має такі показники:

- мережевий інвертор потужністю 3кВт (6 кВт пікова);
- гарантована робота системи без зовнішнього електроживлення не менше 3,5 години при сумарному навантаженні -1,5 кВт.

На даху АМК встановлена металева система кріплень сонячних модулів та встановлено сонячні модулі в кількості 12 шт. сумарною потужністю 3 кВт (рис.1.8, 1.9). Площа, яку займають сонячні модулі (ДхШ) 6 х 3,3 метрів².

В СГЕ також входить мережевий інвертор, 12 акумуляторних батарей, блоки гроззахисту і захисту від перенапруги, що змонтовані в шафі (В х Ш х Г) 1800х800х400мм (рис.1.10).

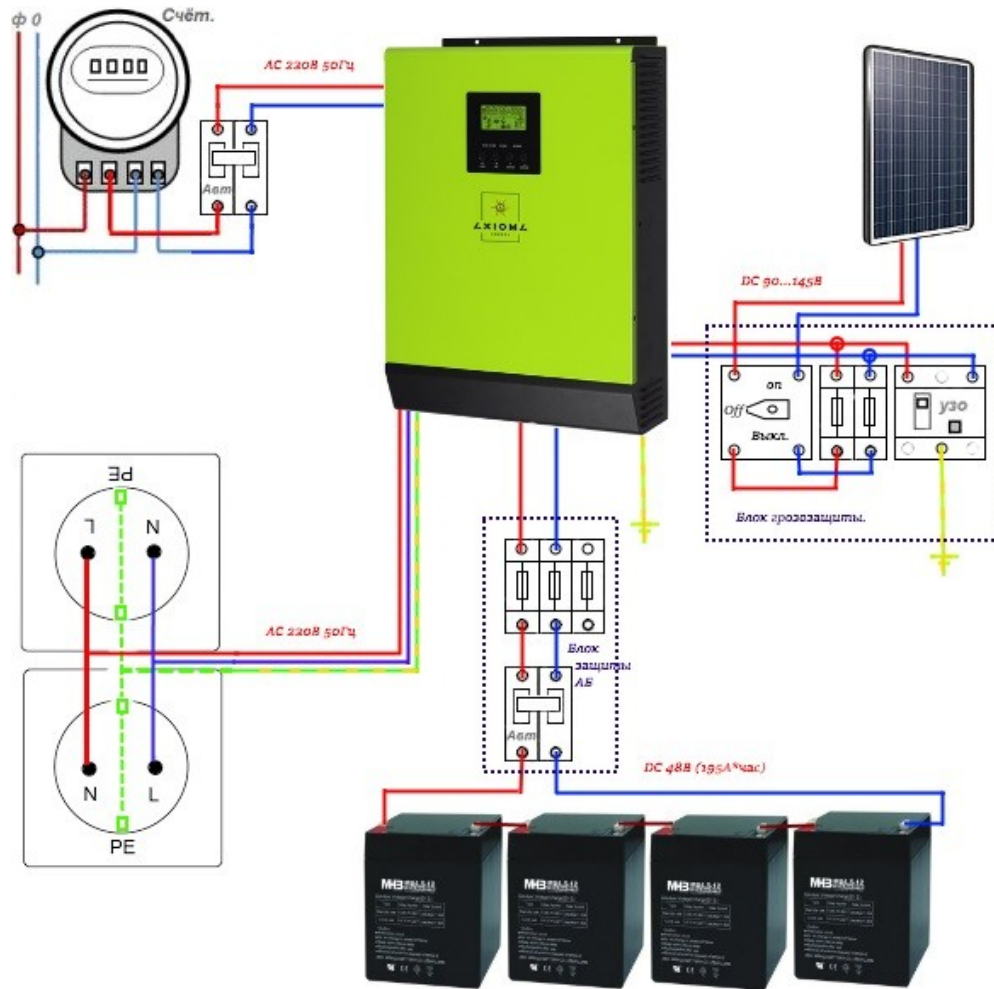


Рисунок 1.7 Блок схема СГЕ телескопа АМК

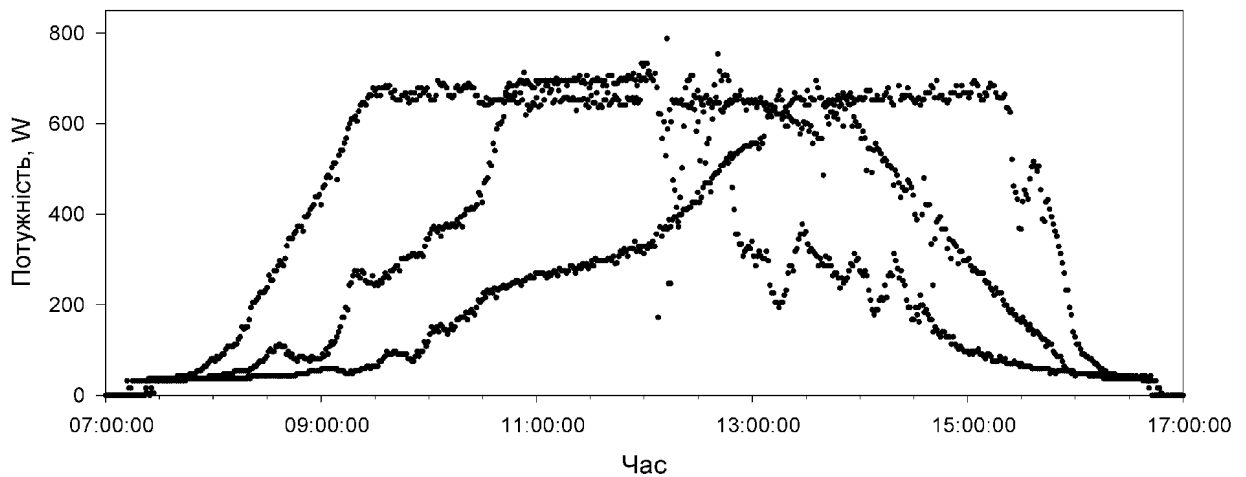


Рисунок 1.8 Використання сонячної енергії впродовж 3-х днів з різними метеоумовами



Рисунок 1.9 Сонячні модулі на даху телескопа АМК



Рисунок 1.10 Апаратна стійка СГЕ телескопа АМК

1.5 Забезпечення стандартизованої обробки, аналізу та цілісності даних спостережень

Для забезпечення стандартизованої обробки та аналізу даних спостережень було придбано права користування спеціалізованим програмним забезпеченням Maxim DL та SigmaPlot. Це дає змогу привести результати спостережень, їх обробку та аналіз до відповідності світовим стандартам та полегшить порівняння якості спостережень телескопа АМК з іншими інструментами. Крім того, програмне забезпечення MaxIm DL дозволить використовувати його для керування сучасними ПЗЗ камерами та проводити спостереження в режимі переносу заряду, який є основним режимом роботи телескопа АМК. Це особливо важливо, оскільки дасть змогу використовувати сучасні ПЗЗ камери для відновлення працездатності телескопу. Придбане ПЗ також було використано при підготовці цього звіту. Для забезпечення цілісності даних на робочих місцях обчислювального комплексу було придбано права користування антивірусним програмним забезпеченням ESET Endpoint Security.

2. НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ ЩОДО ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ РЕГЛАМЕНТНИХ ТА ІНШИХ ВІДНОВЛЮВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНИХ РОБІТ ПО ЗБЕРЕЖЕННЮ АМК

Регламентні та інші відновлювально-профілактичні роботи проводяться згідно:

- з ГОСТ 18322-78, яким регламентовано терміни, види і показники технічного обслуговування та ремонту приладів;
- з планом заходів, необхідних для збереження і використання наукового об'єкта, що становить національне надбання;
- з планом робіт НДР «Галактика» - Дослідження зоряних систем Галактики з використанням створених астрометричних каталогів та ресурсів віртуальних обсерваторій №0116U001093, фундаментальна, термін виконання 2016-2018р.;
- з планом робіт НДР «Оркос» - Дослідження орієнтації координатних систем за спостереженнями малих тіл Сонячної системи, №0114U003050, фундаментальна, термін виконання 2014-2016р.

**3. СПИСОК СПІВРОБІТНИКІВ НДІ МАО, ЯКІ ПРИЙМАЮТЬ
УЧАСТЬ У ЗАХОДАХ ЩОДО ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
НАЛЕЖНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ АМК**

Таблиця 3.1

№ п/п	Посада	П І П
1	Керівник робіт	Процюк Ю.І.
3	Завідуюча лабораторією	Майгурова Н.В.
4	Провідний інженер-програміст	Козирев Є.С.
5	Провідний інженер-електронік	Халолей М.І.
6	Головний інженер	Ковальчук О.М.
7	Керівник науково-технічної групи	Чернозуб В.М.
8	Інженер-механік	Бесараб В.Г.
9	Інженер 2 кат.	Бондарчук Л.Є.
10	Провідний інженер-дослідник	Мажаєв О.Е.
11	Інженер-програміст	Бодрягін Д.В.
12	Інженер-програміст	Крючковський В.Ф.
13	Заступник директора з загальних питань	Коваль В.М.
14	Завідуюча господарським відділом	Асєєва В.В.

4. ПЕРЕЛІК ЗАХОДІВ, ЩО ЗДІЙСНЮЄ НДІ МАО, ЩОДО МОЖЛИВОСТІ КОРИСТУВАННЯ НАУКОВОГО ОБ'ЄКТУ АМК ІНШИМИ НАУКОВИМИ УСТАНОВАМИ

1. Дані про спостереження телескопа АМК розміщено на офіційному сайті обсерваторії. Користувачі з інших астрономічних установ мають змогу отримати їх за запитом через мережу Інтернет.
2. У 2016 році розширено дані про спостереження телескопом АМК: нові ПЗЗ-кадри спостережень подвійних та кратних систем зірок увійшли до складу УкрВО. Користувачі з інших астрономічних установ мають змогу отримати їх за запитом через мережу Інтернет. Проводиться регулярне оновлення бази даних отриманих спостережень в поточному режимі.

5. ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЗА 2016 РІК

В 2016 році підготовлені до публікації та вийшли з друку наступні наукові статті, що базуються на матеріалах та даних, отриманих, в тому числі, за допомогою використання АМК у попередні роки:

1. Майгурова Н., Мартынов М., Крючковский В.Ю.: Результаты астрометрических наблюдений звезд с большими собственными движениями на телескопах НИИ «Николаевская астрономическая обсерватория» // Кінематика і фізика небесних тіл, 2016. -32. №6. С. 68-77
2. Maigurova N.V., Martynov M.V., Kryuchkovskij: Results of Astrometric Observations of Stars with Large Proper Motions Using Telescopes of the Research Institute of Nikolaev Astronomical Observatory// Kinematics and Physics of Celestial Bodies. –2016. –32, No. 6. P. 307–312
3. Kryuchkovskiy V. F., Maigurova N.V.: Stars with high proper motions in the modern catalogs of the CDS database , OAP, 2016, vol. 29, №2, P. 129-132.
4. D. Bodryagin, N.Maigurova, L.Bondarchuk : Results of 214 Double Stars measurements from Astrometric CCD Observations in the Nikolaev Observatory (Ukraine) // Journal of Double Star Observations, April, 2016
5. Бодрягин Д.В., Бондарчук Л.Е., Майгурова Н.В. Астрометрические наблюдения избранных звезд каталога WDS // Наука та іновації, 2017, №1

6. ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ, ЩО ДОСЯГНУТО ЗА 2016 РІК З ВИКОРИСТАННЯМ АМК

6.1 Пробні спостереження з новою ПЗЗ камерою

У якості основного приймача випромінювання на телескопі АМК застосовувалась ПЗЗ-камера S1C виробництва Електрон-Оптронік НВП, (Санкт-Петербург, Росія), що була придбана у 2006 році. На протязі 2014-2015 рр. технічний стан камери погіршувався, що привело до неможливості нічних спостережень зір на телескопі. Камера не підлягає ремонту, оскільки подібні камери підприємство Електрон-Оптронік вже не випускає. В 2015 році її було замінено на попередню камеру власного виробництва K17 (1094x1160, розмір пікселя 16x16 мкм), яка використовувалася до 2005 року. Нажаль, камера попрацювала недовго. Спочатку приблизно на третині поля виник паразитний шум, а в подальшому камера перестала видавати будь-який сигнал.

В цьому році було прийняте рішення про тимчасове встановлення на телескопі ПЗЗ камери Alta U9000 (3k×3k) з іншого телескопу НДІ МАО на час його ремонту та модернізації. Це монохромна ПЗЗ-камера з полем 3056x3056 пікселів, розмір пікселя – (12x12)мкм.

Після виконання робіт, пов'язаних з адаптацією програмного забезпечення та фокусування телескопу, отримано пробні спостереження зірок на телескопі АМК. Спостереження виконувались з метою визначення оптимальних параметрів програмного забезпечення для спостережень та обробки, що дозволять максимально ефективно використовувати встановлене обладнання для отримання якісних зображень зірок в автоматичному режимі. Оснащення телескопу АМК ПЗЗ-камерою розміром 3056x3056 пікселів (розмір сторони квадратного пікселя дорівнює 12 мікрон) дозволяє отримувати кадри з зображеннями небесних тіл масштаб яких складає 0,99" на один піксель, поле зору за схиленням - 50.5'. Оскільки на АМК спостереження відбуваються у

режимі переносу заряду, розмір поля зору по прямому піднесенню залежить від часу експозиції. Отримано тестові кадри з часом експозиції 50, 80 та 120 секунд, розмір поля зору за прямим піднесенням знаходиться у межах (38 — 20)'. На рисунку 6.1 наведено приклад обробки отриманих спостережень програмою Astrometrica v4.10.0.431 (www.astrometrica.at).

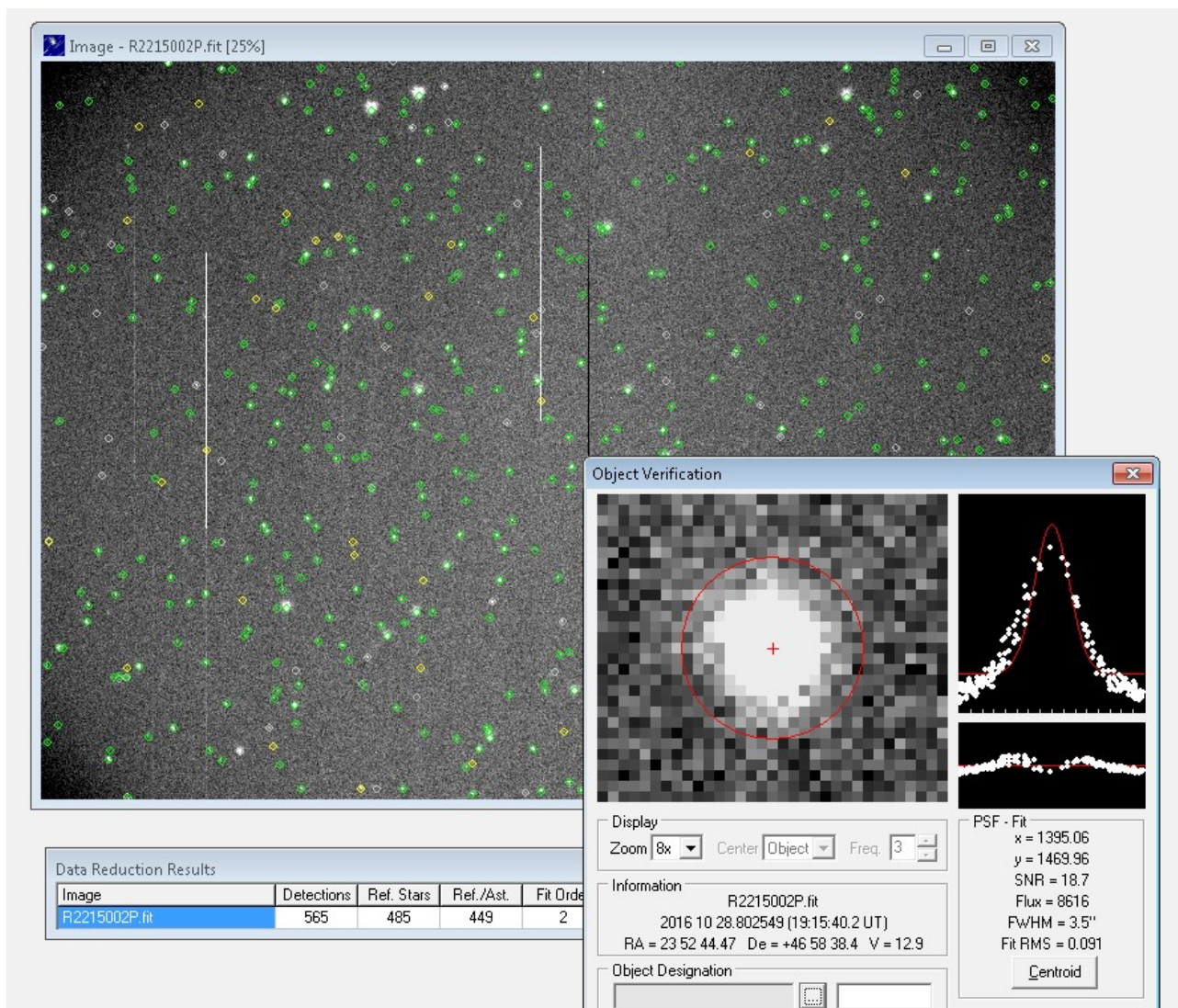


Рис.6.1. Результати обробки fit-файла (час експозиції 80 сек), координати центра
 $RA = 23h\ 52m\ 09s$, $De = 46^\circ\ 56'\ 27''$.

Координати об'єктів отримано у системі опорного каталогу UCAC 4.

На рисунку 6.2 представлено порівняння залежності відношення сигнал/шум від зоряної величини для кадрів спостережень з різним часом експозиції.

Гістограму розподілу зірок за зоряною величиною наведено на рис.6.3.

В полі зору кадру отримано зображення 565 зірок у діапазоні (9 - 15.5) зоряної величини. Як можна побачити з рисунку 6.3 проникна здатність телескопа складає 15 зоряну величину при часі експозиції 80 секунд.

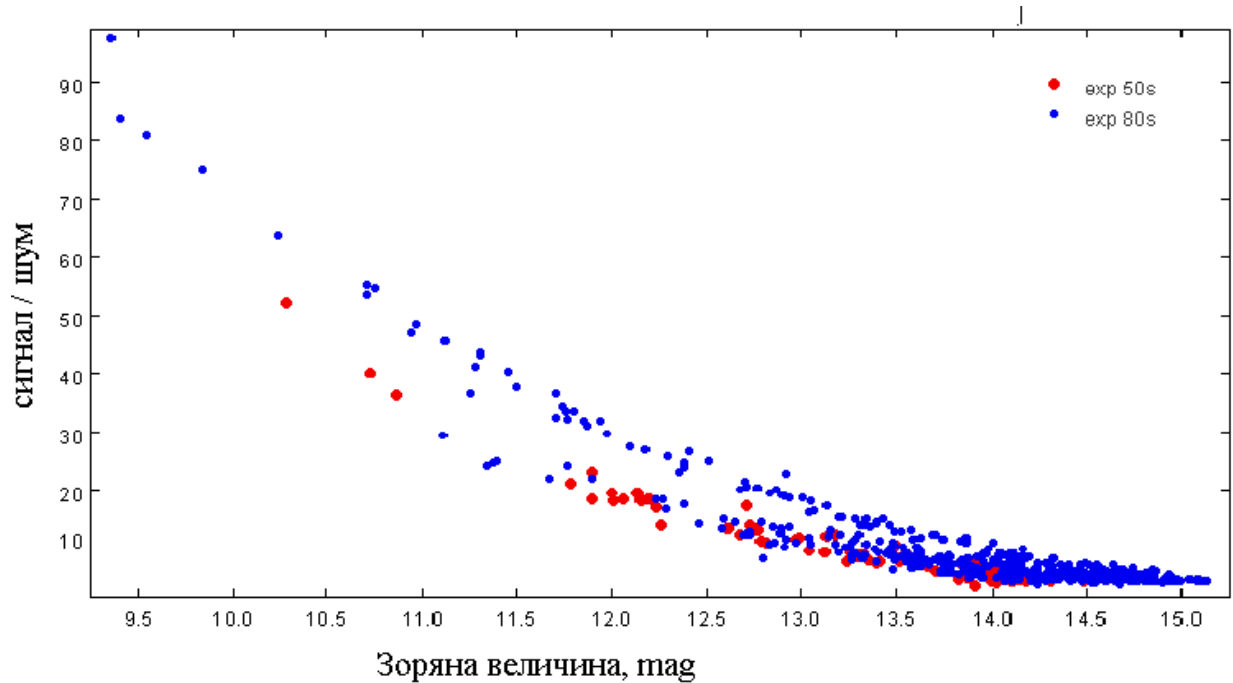


Рис. 6.2 Залежність відношення сигнал/шум від зоряної величини для кадрів з різним часом експозиції.

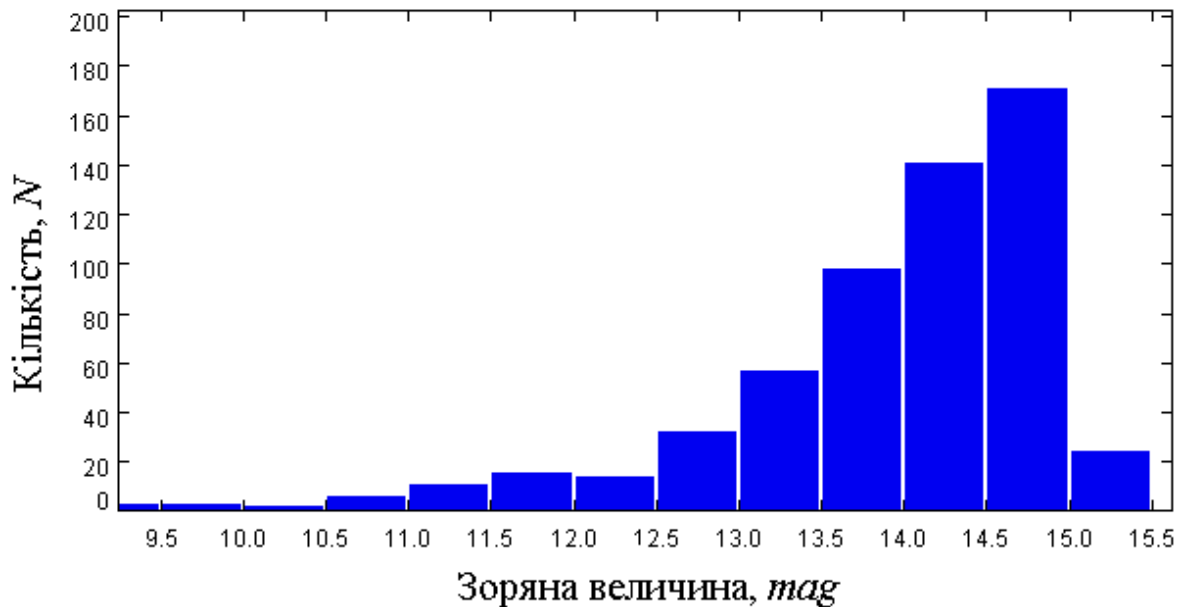


Рис. 6.3 Гістограма розподілу зірок за зоряною величиною (час експозиції 80 секунд)

6.2 Створення програмного забезпечення для аналізу й інтерпретації отриманих результатів

До складу обчислювального комплексу АМК входить обчислювальний кластер, що створено для вирішення прикладних задач, що потребують великих витрат машинного часу та оперують великими об'ємами інформації. У 2016 році закінчено створення власного програмного забезпечення обробки та інтерпретації спостережень з використанням технології паралельних обчислень. Співробітником лабораторії позиційної астрономії Помазаном А.В. було створено програму «Програмний комплекс автоматизації фотометричної редукації ПЗЗ-кадрів» та подано документи на отримання свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір.

Програмний комплекс призначений автоматизувати фотометричні вимірювання блиску методом диференційної апертурної фотометрії досліджуваного об'єкта та зірок порівняння, що знаходяться на одному ПЗЗ-кадрі (*fit*-файли) з використанням спеціалізованого модулю "*GAIA*", що входить до програмного пакету "*Starlink Software Collection*". Програмний комплекс представляє собою набір програм, що виконуються послідовно та для зручності об'єднані у UNIX-Shell скрипт "*general_script.sh*". У скрипті реалізовано виконання програм, що входять до програмного комплексу, із створенням окремих *log*-файлів роботи кожної із них.

Для роботи програмного комплексу необхідно попередньо виконати астрометричну редукацію *fit*-файлів у програмі "*Astrometrica*" та ототожнити зірки з вихідного файлу "*Astrometrica.log*" у обраному каталозі для кожного кадру формуючи вихідний файл "*Identified_stars.txt*" потрібного формату.

На першому етапі програмний комплекс обробить вхідні дані та створить файли з координатами об'єкта та зірок, що будуть використані програмним модулем *GAIA*.

На другому етапі проводиться серія послідовних вимірів кожного *fit*-файлу програмним модулем *GAI*A та створюються результуючі файли з блиском обраних об'єктів та зірок порівняння.

На третьому етапі результуючі файли будуть використані для розрахунку кінцевих значень зоряних величин об'єкту та зір порівняння у інструментальній фотометричній системі та формування вихідного масиву даних.

Програмний комплекс написано на мові програмування "C". Робота програмного комплексу здійснюється під управлінням операційної системи (ОС) GNU/Linux. Можливо знадобиться додатково встановити до ОС бібліотеку математичних процедур *GSL* (GNU Scientific Library).

Кожна з програм, що входять до програмного комплексу виконується в певному порядку та їх результуючі файли є вхідними даними для наступної. Склад програмного комплексу:

Програма *gaia_v3* – використовуючи файли "*Astrometrica.log*" та "*Identified_stars.txt*" створить файли з розширенням "**.rez*", що містять координати обраних об'єктів та зірок.

Програма *file8* – створить каталоги (директорії) окремо для кожного з *fit*-файлів та перемістить їх до них.

Програма *starlink_autom_3* – на основі файлів з координатами досліджуваних об'єктів та зірок створить серію файлів для кожного *fit*-файлу, що містять ті ж координати та послідовне збільшення діаметра апертури вимірів від 2 до 25 пікселів. Наприкінці створить командний скрипт для виконання вимірювань у програмному модулі *GAI*A.

Програма *file7_v5-3* – обробить результати виконання вимірів блиску на кожному *fit*-файлі до кінцевих значень та похибок. Створить вихідний файл "*rez_all.alr*", що містить для кожного *fit*-файлу середні значення блиску у інструментальній системі та похибки для обраних об'єктів та зірок порівняння.

Кожна програма, що входить до складу комплексу є окремим, закінченим етапом, що виконує певні функції, і може бути використана окремо від комплексу в цілому.

Телескоп АМК в першу чергу є астрометричної інструментом, який використовується для отримання високоточних положень небесних об'єктів. Вимірювання світлового потоку небесного об'єкта може істотно розширити наше розуміння фізичної природи досліджуваних об'єктів. Телескоп АМК оснащений стандартним фільтром V, тому є можливість крім позиційної інформації отримувати зоряні величини досліджуваних об'єктів. У 2016 році було придбано право користування спеціалізованим програмним забезпеченням MaxIm DL Pro v6.13 для редукції зображень, в тому числі й фотометричної. Виробник - Diffraction Limited - of Cyanogen Imaging Products (<http://www.cyanogen.com/>). MaxIm DL - одна з найвідоміших і потужних систем комп'ютерної обробки астрономічних зображень. Вона працює з різними форматами вхідних файлів: *.sbig, *.st, *.237, *.255, *.st4, *.ccd, *.fit, *.fts, *.fits, *.raw, *.tiff, *.tif, *.jpg, *.jpeg, *.png, *.bmp, *.CR2, *.crw, *.nef, *.dng, *.erf, *.raf, *.dcr, *.mrf, *.orf, *.srf та інш., дозволяє коригувати зображення, працювати з фільтрами, виконувати астрометричні і фотометричні редукції вхідних файлів, включаючи етап попередньої підготовки кадрів (калібрування з урахуванням offset, dark і flat кадрів). Програма також включає пакет, який реалізує процеси управління камерою, блоком фільтрів, який може бути корисний при проведенні робіт, пов'язаних з фокусуванням телескопа. Для відпрацювання методики фотометричних редукцій та відпрацювання методики стосовно особливостей спостережень АМК, було виконано тестову обробку спостережень площадки STR17184, що спостерігалася 37 ночей протягом 2012 року. Програма має зручний графічний інтерфейс, що дозволяє користувачу обирати об'єкти, опорні зірки та зірки для порівняння (рис.6.4). Як можна бачити з рисунку, для спостережень телескопу АМК точність визначення зоряної величини складає

краще 0.1mag для зір (10 – 13) mag. Для більш слабких зір відношення сигнал/шум різко падає що призводить у погіршення точності визначення фотометричних характеристик.

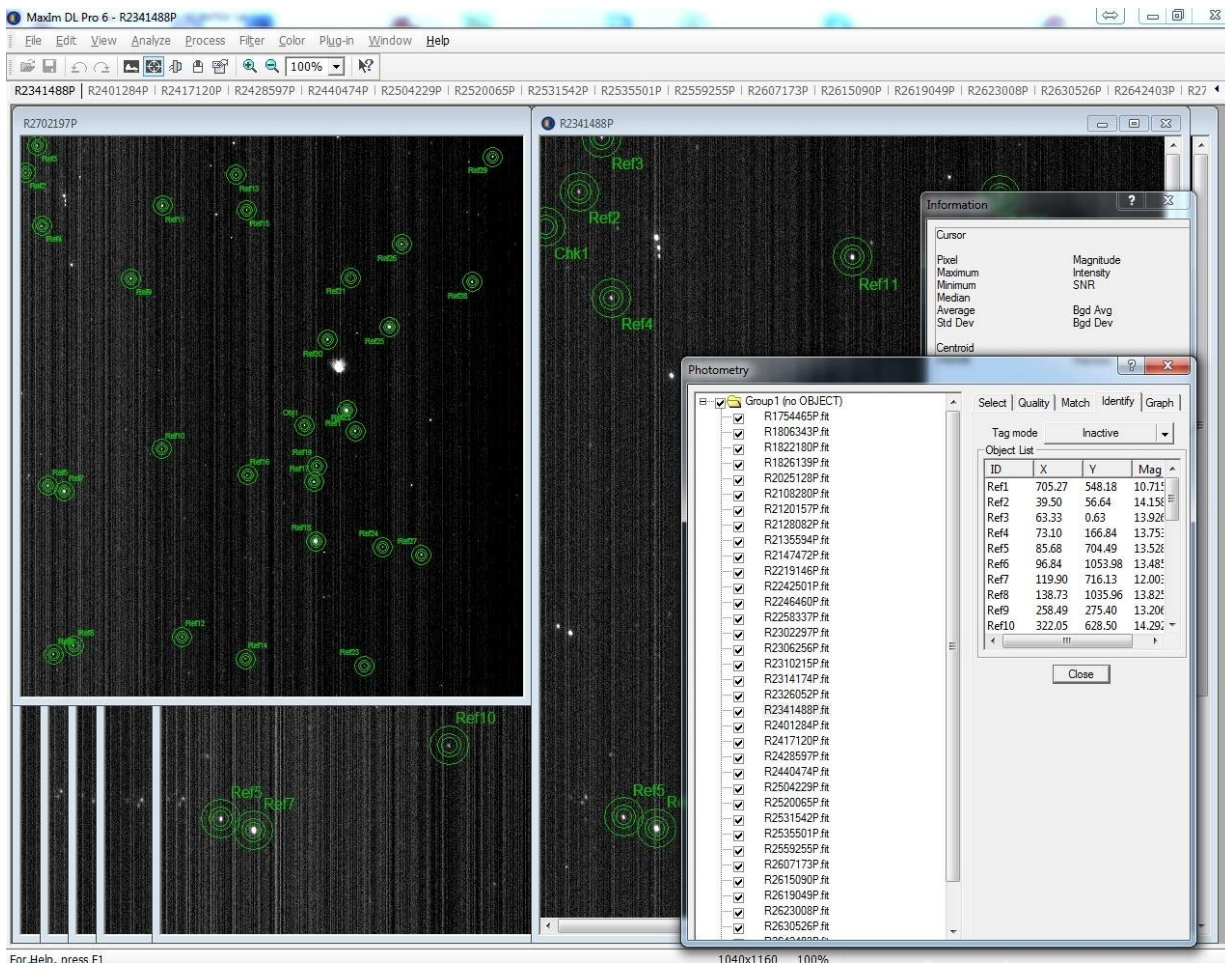
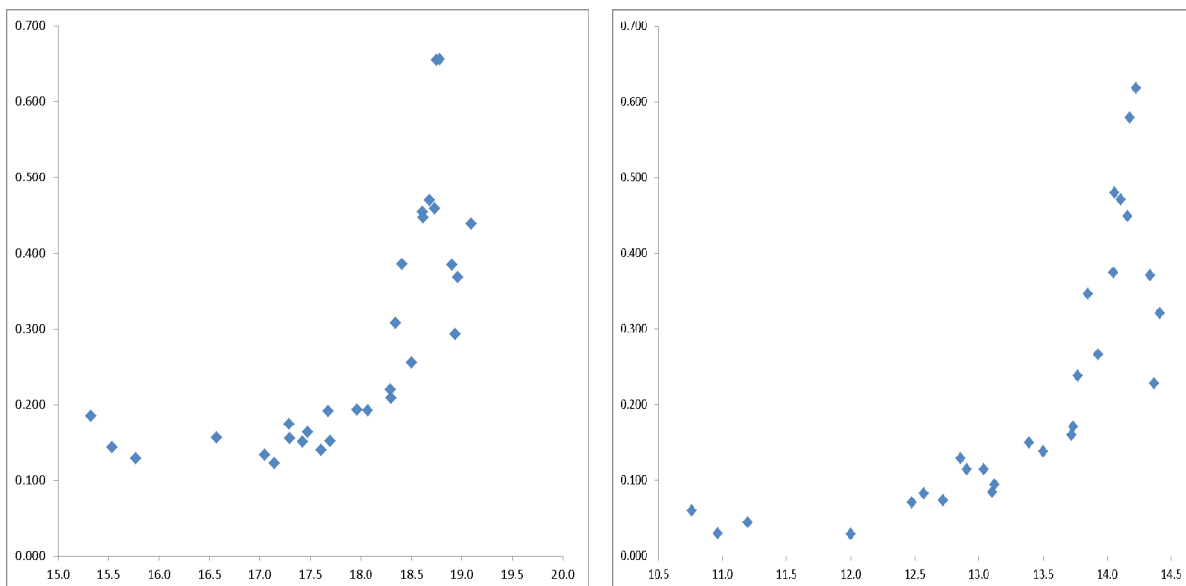


Рис. 6.4 Вибір об'єкта та опорних зірок у програмі MaxIm DL.



а)

б)

Рис. 6.5 Точність визначення зоряних величин (а – метод апертурної фотометрії, б – метод диференціальної фотометрії з використанням зоряних величин опорних зірок з каталогу APASS)

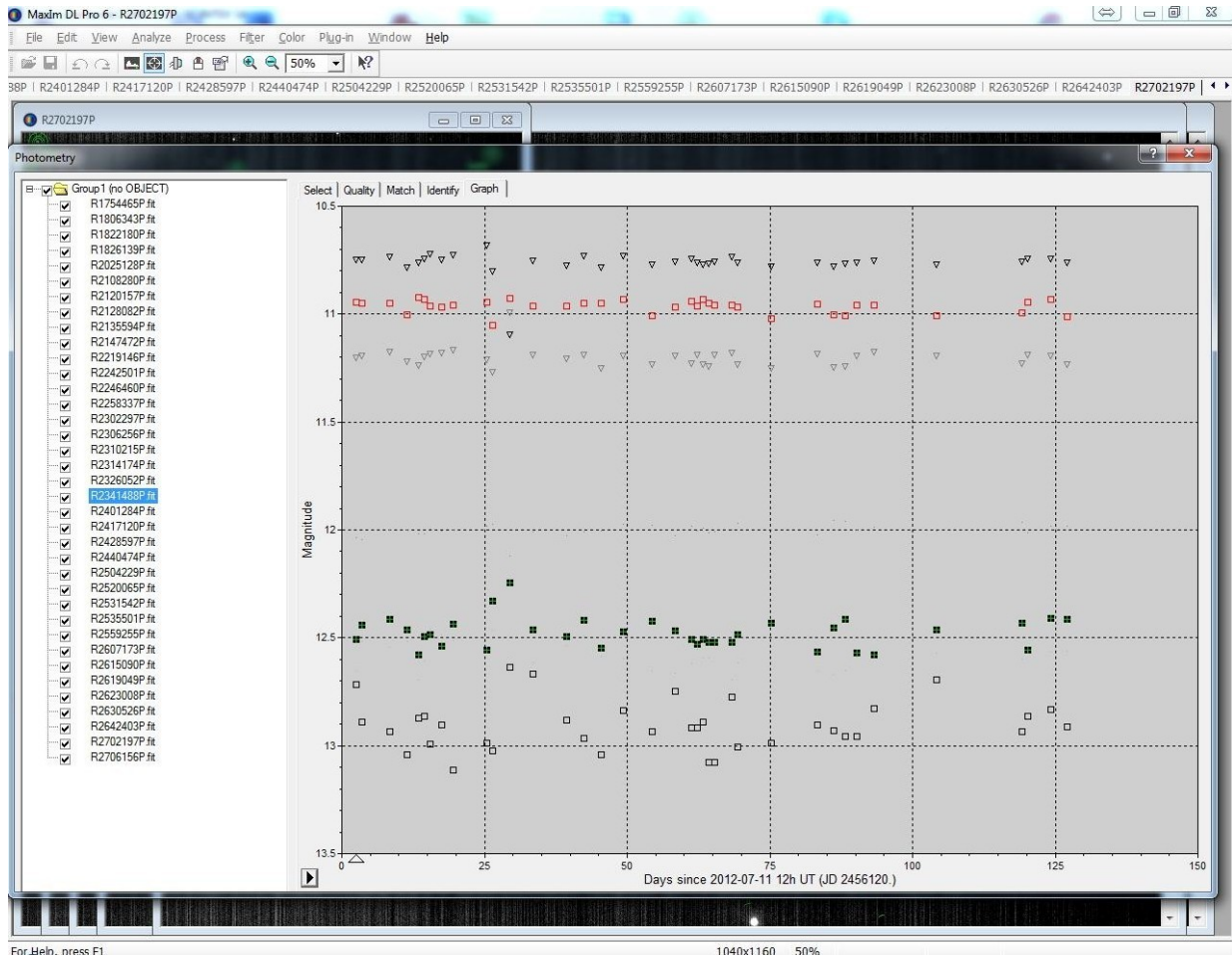


Рис. 6.6 Графічний інтерфейс визначення блиску зірок програмою MaxIm DL.

6.3 Дослідження подвійних та кратних зірок

Подвійні та кратні зірки є цінними об'єктами для вирішення цілого ряду астрофізичних завдань, тому отримання нових сучасних ПЗЗ спостережень цих зірок є актуальним на сьогоднішній день. Значна частина подвійних та кратних зірок є досить яскравими об'єктами, що дозволяє отримувати їх спостереження з високою точністю на невеликих телескопах. На протязі 2013 — 2015 років на телескопі АМК виконувались спостереження подвійних та кратних зірок. Програма спостережень була сформована на основі об'єктів з каталогу WDS. Програму спостережень для

телескопа АМК складали зірки 9-15 зоряної величини в області схилень від -25 до + 40 °. Було проведено обробку отриманих спостережень 2013 - 2015 років та виконано пошук об'єктів каталогу WDS у каталожних масивах положень, що отримано за спостереженнями на телескопі АМК у період 2008-2012рр. Для пошуку об'єктів каталогу WDS виконувалася крос-ідентифікація отриманих каталожних масивів з каталогом WDS програмним забезпеченням TOPCAT (Tool for Operations on Catalogues And Tables). Статистичні результати пошуку наведено у таблиці 6.1 Таблиця 1 містить також значення N , що дорівнює середньому числу спостережень однієї зірки.

Таблиця 6.1. Статистичні характеристики каталогів

Період	Телескоп	DEC Zone	Загальна кіль-ть зірок	N *	Кіл-ть зірок WDS
2013	АМК	-10 - +30	2420	4	47
2014	АМК	-10 - +30	1848	3.5	51
2008-09	АМК ¹	-22 - +38	141927	7.4	396
2010-11	АМК ¹	-18 - +32	125902	9.2	253
2012	АМК ¹	-9 - +29	62713	7.8	220

¹спостереження зірок в площадках вздовж екліптики

Обробка і астрометрична редукція отриманих ПЗЗ кадрів виконувалась за стандартною схемою, наведеною в минулому звіті. Астрометричні редукції виконувались з використанням опорного каталогу UCAC2. Екваторіальні координати програмних зірок являють собою середні значення координат, обчислені по всіх ПЗЗ кадрів, на яких присутнє зображення цієї зірки, і відносяться до середнього моменту спостереження. В якості оцінки точності координат зірок ми використовували стандартну помилку середнього положення. Оскільки різниця окремих моментів спостережень для кожної зірки, як правило, не перевищує 1-2 місяців в силу специфіки меридіанних спостережень, ми не враховували власні рухи при отриманні

оцінки помилки. Середня стандартна помилка склала 25 мсд по обох координатах.

Всього було знайдено 967 подвійних і кратних зірок каталогу WDS, для компонентів яких були отримані спостереження і обчислені нові екваторіальні координати і власні руху. У якості першої епохи положень для обчислення нових власних рухів компонент були взяті положення цих зірок з каталогу USNO A2.0. Середня різниця епох спостережень для північній півсфери в цьому випадку становить близько 60 років, що дозволяє отримати точність власних рухів менше 5 мсд/рік. На жаль, поганий технічний стан ПЗЗ камери телескопа АМК призвів до того, що зображення значної частини других компонент, що входять до складу подвійних систем, виявилися непридатними для вимірювань через їх слабкі зоряні величини.

Для зірок з великими власними рухами власні рухи обчислювалися з рішення системи лінійних рівнянь методом найменших квадратів із застосуванням лінійної моделі руху зірки. Для цього залучалися дані декількох сучасних каталогів, що дозволяє поліпшити точність обчислення власних рухів до 2 мсд/рік.

Система 00152 + 2454 в каталозі WDS є широкою подвійною парою, другий компонент якої знаходиться за межами нашого кадру. Одним з головних ознак, що вказують на зв'язаність зірок в таких системах, є однакові власні рухи компонент. Для того, щоб отримати нові власні рухи з максимально високою точністю, наші дані були об'єднані з іншими каталогами бази даних CDS. За допомогою сервісу Vizier (<http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>) були знайдені головний і вторинний компоненти в 6 каталогах: CMC 15, URAT1, 2MASS, SDSS, GSC 2.3 і USNO A2.0. Максимальна різниця епох склала більше 63 років. На рисунку 6.7 представлені лінії регресії, побудовані для обох координат вторинного компонента системи. Власні рухи компонентів цієї системи були визначені методом найменших квадратів. У таблиці 6.2 наведені отримані результати. Як можна бачити з даних таблиці 6.2, отримані власні рухи добре

узгоджуються з власними рухами, визначеними Caballero J.A. [Astronomy and Astrophysics. – 2009. – №507. – С. 251–259], але визначені з кращою точністю.

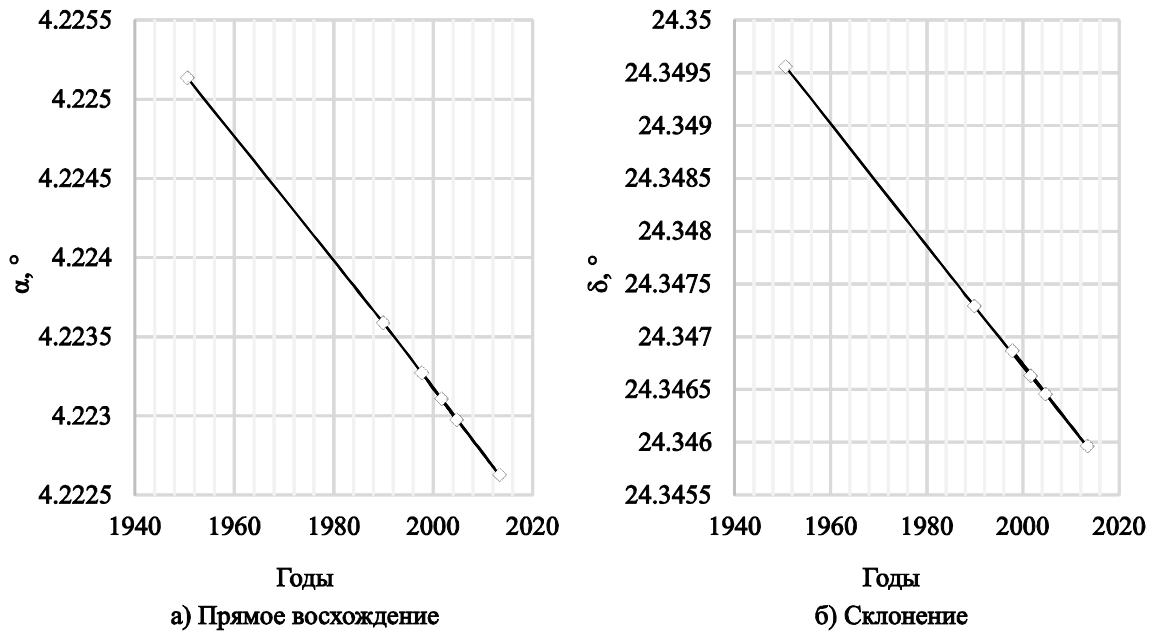


Рис. 6.7 Лінії регресії, побудовані для координат вторинного компонента системи WDS 00152 + 2454: (а) пряме піднесення, (б) схилення.

Таблиця 6.2 Власні рухи головної і другої зірки широкої подвійної системи WDS 00152+2454.

	Головна зірка, мсд/рік		Другій компонент, мсд/рік	
	Пряме піднесення	Схилення	Пряме піднесення	Схилення
Отримані дані	-110 ± 2	-204 ± 3	-131 ± 2	-206 ± 2
Дані Caballero	-136 ± 11	-204 ± 10	-105 ± 11	-215 ± 11

Серед подвійних зірок з кутовим відстанню більше 3" складно визначити фізичні пари без тривалого часу спостереження. Одним з критеріїв виділення фізичних пар є спільність власних рухів компонентів. На малюнках, наведених нижче, представлені кореляційні залежності між власними рухами первинних і вторинних компонент за даними каталогу WDS і нашими даними.

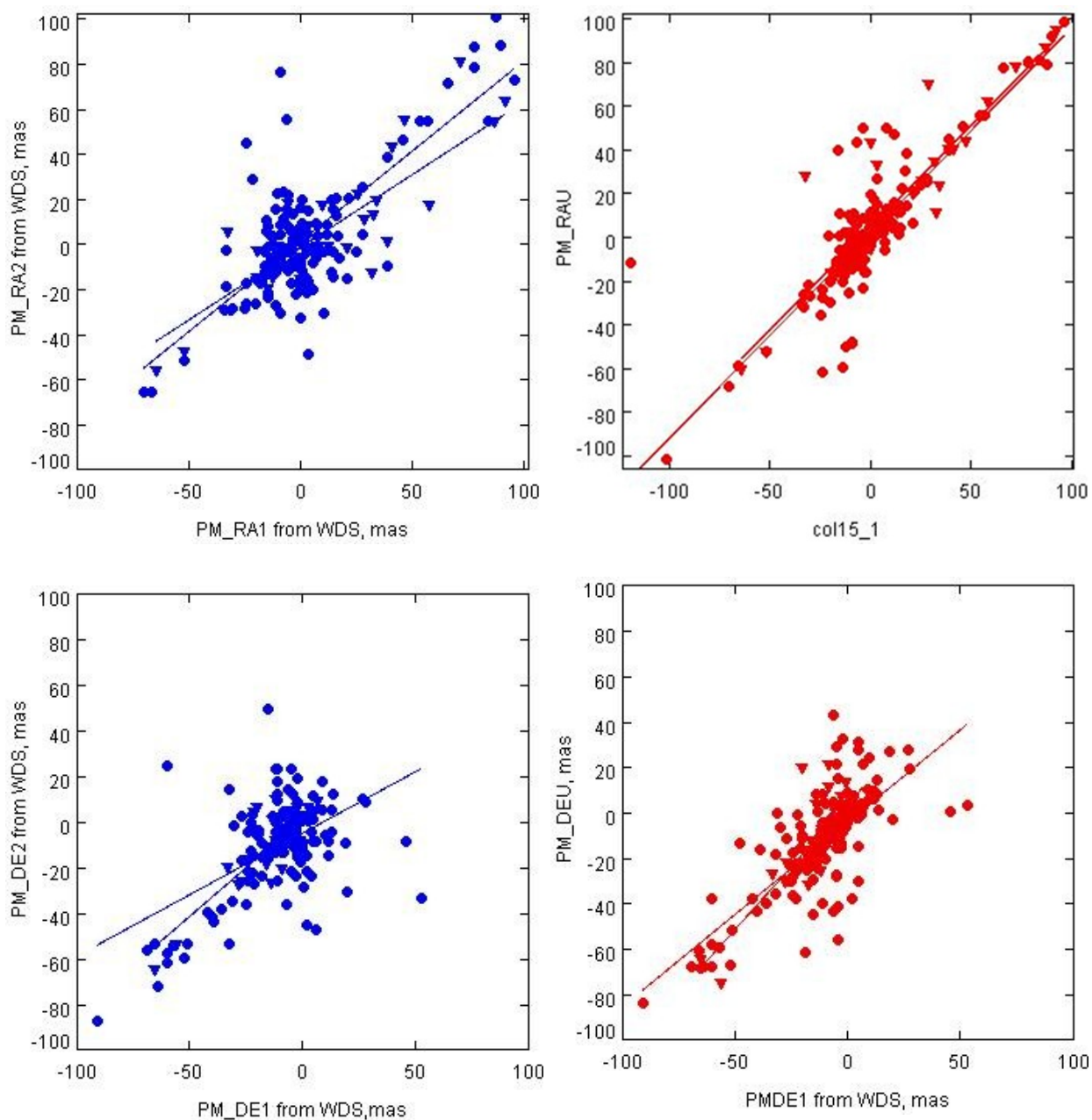


Рис.6.8 Кореляція між власними рухами головних і вторинних компонент. Праворуч - власні рухи для головної і вторинної зірки взяті з каталогу WDS, зліва - власні рухи другого компонента отримані зі спостережень на телескопах НДІ МАО

Коефіцієнти кореляції для даних каталогу WDS складають 0.78 і 0.71, в разі використання наших даних - 0.88 і 0.83, для прямого сходження і схилення відповідно.

6.4 Отримання додаткових масивів спостережень з архівів віртуальних обсерваторій

До складу обчислювального комплексу АМК входить обчислювальний кластер, що створено для вирішення прикладних задач, що потребують великих витрат машинного часу та оперують великими об'ємами інформації. Для ефективного використання потужностей кластеру необхідно створювати спеціалізоване програмне забезпечення. У 2016 році було модернізовано програму «Програма пошуку зображень у реєстрах ВО та АБД, а також автоматичного завантаження їх на локальний комп'ютер» для використання в Миколаївській астрономічній обсерваторії в рамках виконання фундаментальної теми «Галактика» для залучення спостережень з інших обсерваторій. Завдяки цьому було завантажено близько 140 тис. файлів астрономічних зображень.

На сьогодні існує декілька варіантів пошуку та завантаження астрономічних зображень, отриманих в різні роки та на різноманітних інструментах. Так, можливо завантажити файли через веб-сторінки спеціалізованих астрономічних сайтів, або за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, наприклад програми Aladin. Але якщо є потреба у великій кількості спостережень, виконаних в різні роки, а це може бути 10-ки, 100-і тисяч і більше зображень, то виконання такої задачі потребує величезного обсягу ручної роботи і часу. Розроблене програмне забезпечення (ПЗ) вирішує зазначену проблему, а саме, дозволяє повністю автоматизувати процес пошуку та завантаження астрономічних зображень.

6.5 Розвиток бази даних ПЗЗ спостережень АМК у складі віртуальної обсерваторії НДІ МАО

У 2016 році була продовжена робота по розширенню бази даних (БД) ПЗЗ спостережень на сайті віртуальної обсерваторії НДІ МАО, яка входить до складу Української віртуальної обсерваторії (УкрВО), за рахунок додання зображень небесної сфери у графічних форматах JPEG та FITS. Протягом 2001-2016 років, НДІ МАО виконував регулярні спостереження за допомогою телескопів: Аксіальний меридіанний круг, Швидкісний автоматичний комплекс, Мультиканальний телескоп, Мобільний телескоп.

БД ПЗЗ спостережень була доповнена новими даними за 2011-2016 рік. Загальна кількість ПЗЗ кадрів та смуг у БД становить більше 160 тисяч. Веб-інтерфейс забезпечує пошук текстової інформації про спостереження, а також доступ до відповідних зображень небесної сфери у форматі JPEG. Якщо користувач бажає отримати доступ до зображень небесної сфери у форматі FITS з підтримкою світової координатної системи WCS (WorldCoordinateSystem), необхідно заповнити та відправити форму з запитом по електронній пошті. Доступ надається автоматично у зворотному електронному листі на адресу користувача у вигляді посилання, яке використовується для завершення процедури реєстрації. Доступ до БД ПЗЗ спостережень МВО здійснюється через сайт УкрВО за допомогою веб-інтерфейса, що наведено на рисунку 6.9.

Робота проводилась згідно з планом робіт НДР «Галактика» – Дослідження зоряних систем Галактики з використанням створених астрометричних каталогів та ресурсів віртуальних обсерваторій.

Зараз існує дві можливості для доступу до БД, а саме: за допомогою браузера користувача або за допомогою програми «Аладін», яка створена у Центрі астрономічних даних (Страсбург, Франція).

Розглянемо детальніше ці дві можливості.

Опис БД спостережень АМК з доступом через браузер користувача знаходиться на сторінці під назвою «Віртуальна обсерваторія».

Користувач може натиснути на посилання «Доступ до бази даних» та відкрити сторінку з веб-інтерфейсом БД спостережень.

tel: +380 44 526 3110
 fax: +380 44 526 2147
 mail: ukrvo.info@gmail.com

UKRAINIAN VIRTUAL OBSERVATORY

HOME CONCEPTION CONSORTIUM RESOURCES VO LINKS

CCD DB

Digital archive of Mykolaiv Astronomical Observatory (MykAO) includes astronomical data obtained during observations with CCD in the 21st century. The archive is available via a web browser and Aladin, which is used as a Java standalone application developed by CDS, Strasbourg.

The archive may be considered as a basis for construction of a data centre. Annually, telescopes of MykAO create data volume of several tens of gigabytes (GB) in the form of CCD images.

Access to the digital archive of Mykolaiv AO via Aladin is available [here](#).

Access to the digital archive of Mykolaiv AO via a web browser is available [here](#).

Number of CCD frames in the database: 23275

RA. °	Dec. °	Y/M/D	Object	JPG	FITS
18.2	4.34	2005/11/10	Stars_RS	open	fits
18.3	4.4	2005/10/25	Stars_RS	open	fits
18.36	4.94	2009/09/17	Stars	-	-
18.44	3.18	2009/09/22	Stars	-	-
18.44	4.96	2009/09/23	Stars	-	-
18.45	4.96	2009/09/27	Stars	-	-
18.45	4.96	2009/11/25	Stars	-	-
18.67	4.3	2004/10/13	Stars_RS	open	fits
18.67	4.6	2004/10/20	Stars_RS	open	fits
18.67	4.6	2004/11/03	Stars_RS	open	fits
18.68	4.36	2004/12/15	Stars_RS	open	fits

Рис.6.9 Сторінка БД ПЗЗ спостережень на сайті УкрВО.

Після введення необхідних параметрів, користувач натискає кнопку «Пошук» та отримує результати пошуку у вигляді таблиці, яка містить усю необхідну текстову інформацію, а також посилання на файли зображень небесної сфери у форматі JPEG (Joint Picture Expert Group), отримані за допомогою телескопів НДІ МАО.

Таблиця містить: екваторіальні координати центру ПЗЗ кадру, довжину кадру по прямому сходженню, розмір поля зору по схиленню, дату спостереження, назву телескопа, назву об'єкта, посилання на файл зображення для попереднього перегляду у форматі JPEG.

На рисунку 6.10 наведено вигляд інтерфейсу для пошуку спостережень за заданими параметрами.

English

RA and Dec (h m d m OR d d): 1 2 -1 2

Розміри області пошуку (RA, Dec), deg: 12.3

Період спостережень (PPPP MM ДД): з 1929 01 01 по 2015 01 01

Спостереження з : фотопластинками ПЗЗ

Програми спостережень з фотопластинками

Параметри фотопластинок

Телескопи для фотографічних спостережень

Програми спостережень з ПЗЗ

Зорі: 91657 кадрів Зорі навколо радіоджерел: 4171 кадрів Зоряні скупчення: 15 кадрів

Галактики: 6 кадрів Комети: 39 кадрів Планети: 10 кадрів

Астероїди: 613 кадрів

Вибрати всі 96505 кадри Відмінити вибір всіх кадрів

Параметри ПЗЗ кадрів

Телескопи для ПЗЗ спостережень

Ім'я користувача, пароль доступу

Пошук

Аладін IVOA

Миколаївська ВО

Рис. 6.10 Пошуковий інтерфейс БД спостережень

Розглянемо другу можливість для доступу до БД спостережень, а саме за допомогою програми «Аладін». Детальний опис механізму доступу в цьому режимі роботи наданий на відповідній сторінці сайту УкрВО. Користувач має вибрати сервер УкрВО та відкрити відповідний інтерфейс, який показаний на рисунку 6.11.

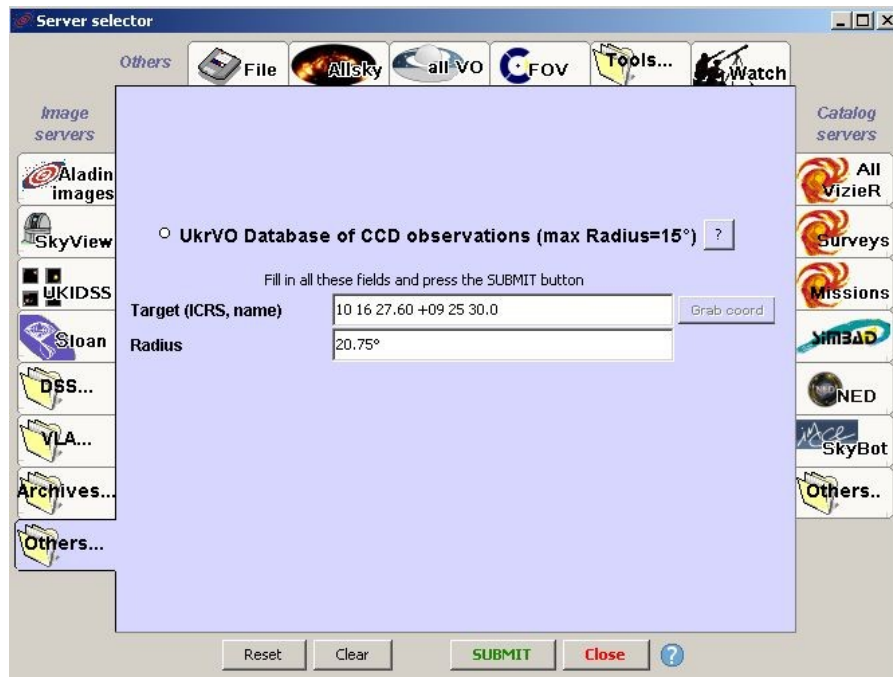


Рис. 6.11 Пошуковий інтерфейс БД спостережень.

Після виконання пошуку користувач отримує текстову інформацію про спостереження та має можливість вибору необхідних йому ПЗЗ кадрів або смуг для подальшої обробки (див. Рис. 6.12).

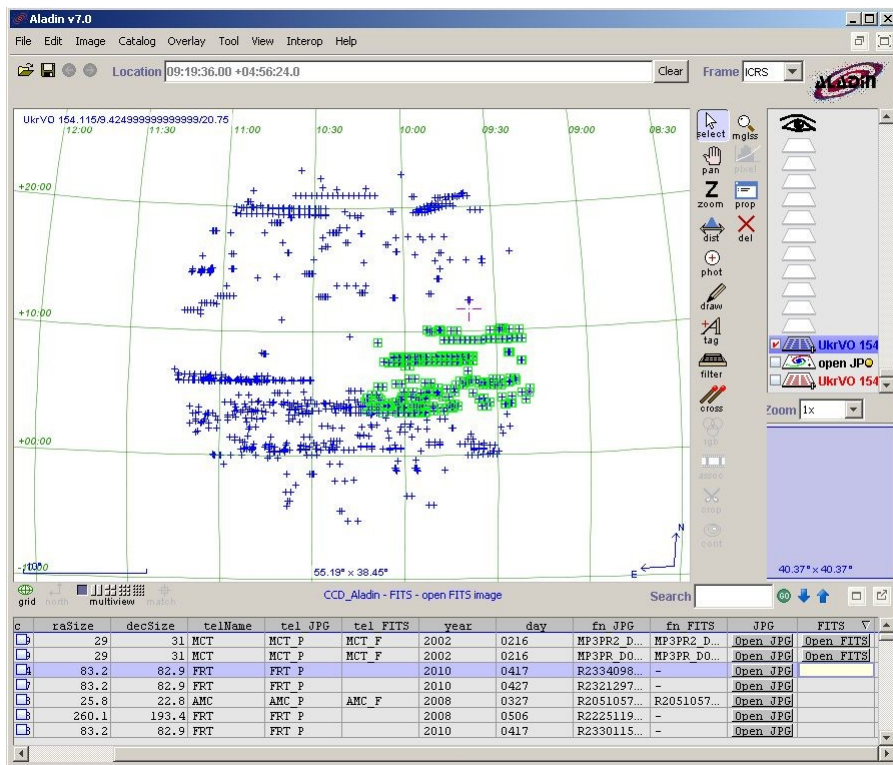


Рис. 6.12 Результати пошуку в базі даних спостережень.

7. НЕОБХІДНІСТЬ ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ПІДТРИМКИ НАУКОВОГО ОБ'ЄКТУ «АКСІАЛЬНИЙ МЕРИДІАННИЙ КРУГ МИКОЛАЇВСЬКОЇ АСТРОНОМІЧНОЇ ОБСЕРВАТОРІЇ»

Аксіальний меридіанний круг Миколаївської астрономічної обсерваторії це автоматизований телескоп з програмним керуванням, призначений для високоточних і масових (понад мільйон спостережень на рік) визначень екваторіальних координат небесних об'єктів.

Телескоп АМК є одним з небагатьох телескопів такого класу, що ведуть регулярні наземні астрометричні спостереження в Україні. Точність визначення координат за результатами обробки спостережень телескопу складає $(0.03-0.08)''$, що відповідає кращим світовим зразкам визначення координат з наземних спостережень.

Об'єкт має також освітнє і просвітницьке значення. Матеріали спостережень на АМК використовуються для написання кандидатських дисертацій та наукових статей. У рамках проведення Дня відкритих дверей в обсерваторії і регулярних екскурсій тисячі городян мають можливість познайомитися з досягненнями сучасної науки.

Проте, ПЗЗ-камера S1C, яка використовувалась на телескопі у якості основного приймача світлового випромінювання з 2006 року, на даний час вийшла з ладу. В 2015 році вона була тимчасово замінена на попередню камеру, яка використовувалась до 2005 року. Нажаль, ця камера також вийшла з ладу. В 2016 році на АМК тимчасово встановлено ПЗЗ камеру з іншого телескопа, на якому наразі виконується ремонт. Для збереження високих характеристик унікального телескопа АМК, оснащеного системою програмного управління, потрібно придбати нову ПЗЗ камеру, що дозволить в майбутньому українській позиційній астрономії утримувати гідне місце серед провідних астрономічних обсерваторій світу.