

**CELESTRON SATELLITE TELESCOPE –  
ІНСТРУМЕНТ МЕРЕЖІ УМОС  
ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ  
НИЗЬКООРБІТАЛЬНИХ  
КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

**Є.С. Козирєв, Я.О. Романюк, С.Г. Кравчук,  
О.В. Шульга, Сибірякова Є.С.  
[romanyuk@mao.kiev.ua](mailto:romanyuk@mao.kiev.ua)**



**CGE -  
екваторіальне  
монтування з  
комп'ютерним  
керуванням**



**В результаті  
модернізації  
альт-  
азимутальне  
МОНТУВАННЯ**



## Склад CST:

- Монтування
- Об'єktiv Геліос - 40
- камера WAT-902H (WATEC).
- Комп'ютер
- GPS приймач
- Програмне забезпечення
- Інтернет
- Живлення та кабелі

# Технічні характеристики

**Об'єктив широкого поля - "Геліос 40",**

- ( $D = 56$  мм,  $F = 85$  мм );

- Фокусна відстань: 85 мм (85,18 мм)

- Відносний отвір: 1:1,5

**Приймач широкого поля - високочутлива 1/2**

"телевізійна ПЗЗ камера WAT-902H,

розмір робочого поля з об'єктивом "Геліос 40" -  $4.3^\circ \times 3.2^\circ$ , частота - 25 кадрів за секунду;

**Гранична зоряна величина для низькоорбітальних КО складає 11m.**

# **CELESTRON SATELLITE TELESCOPE**

**Середньостатистичні погодні умови спостережень:**

**- кількість ясних ночей за рік становить  $90 \pm 10$ .**

**Висоти і нахил орбіт спостережуваних КО:**

**- низькоорбітальні КО -  $(200 \div 2000)$  км;**

**- КО спостерігаються на всіх нахилах.**

**Умови закриття горизонту (азимут і зенітна відстань):**

**- межі повороту по азимуту  $0^\circ \div 180^\circ$ ,**

**- зенітна відстань - можливо до  $80^\circ$ .**

# Комбінований метод спостережень

- **Метод полягає в розділенні процесів отримання зображень об'єкта та опорних зірок, з використанням оптимальних режимів роботи ПЗЗ-камери або оптимального часу експозиції.**
- **Для формування спостережень використовувався спосіб накопичення кадрів зі зсувом (НКС).**
- **НКС – спосіб формування недеформованих зображень низькоорбітальних КО з подовженою експозицією на нерухомому телескопі з використанням телевізійних ПЗЗ камер.**
- **Спосіб НКС полягає в паралельному зсуві накопичуваних кадрів в напрямку видимого руху об'єкту. Цей спосіб широко використовується в астрономії для збільшення часу експозиції для астероїдів, що мають значну видиму швидкість.**
- **Зображення об'єкту при цьому аналогічно до тих, що отримують прямим накопиченням кадрів при механічному супроводі по дузі великого кола з рівномірною швидкістю. Тому НКС можна назвати супроводженням на цифровому рівні.**

## Програмний комплекс включає

- **Програми керування процесом спостережень** – Plan\_CU, Video, Control, Motion;
- **Програми первинної обробки зображень (фільтрації)** – CCD, Astrometrica, Satellites.

**Вихідна інформація** - екваторіальні координати КО.

Результати спостережень оформляються у двох форматах: \*.mea і форматі ЦККП.

Гранична швидкість низькоорбітальних КО, що можуть спостерігатися 1.5°/с.

# Програми для спостережень

- **PlanCU** – розрахунок ефемерид КО за елементами орбіт в TLE форматі з використанням аналітичної моделі руху SGP4.

(програма створена в Національному центрі керування та випробовування космічних засобів. НДІ Миколаївська обсерваторія приймала участь в розробці вимог та тестуванні програми).

# Програми для спостережень

- **Control** - автоматичне керування процесом спостережень.

## Основні властивості:

- повністю автоматичний режим роботи з забезпеченням можливості зчитування ефемерид та спостережних списків
- можливість паралельного спостереження різних типів об'єктів, що потребують різної тактики спостережень (низькоорбітальні КО, високоорбітальні КО, астероїди, зоряні площадки)
- автоматичний вибір типу об'єкту і його номера із спостережного списку з урахуванням пріоритетів, а також кількості виконаних спостережень
- автоматичний вибір оптимального моменту спостережень об'єкту з урахуванням поточного положення телескопу та часу наведення
- автоматичний вибір оптимальної комбінації кутів наведення осей телескопу
- підбір оптимальних параметрів послідовності кадрів для спостережень
- видача завдань програмам, що контролюють приводи телескопу та ПЗЗ-камеру

# Програми для спостережень

- **Motion** – керування монтуванням телескопу. Розроблена в НДІ Миколаївська обсерваторія.

## Основні властивості:

- ручний та автоматичний (під керуванням програми Control) режими роботи
- робота з будь-якими абсолютними цифровими кутовими давачами повороту, через DLL бібліотеку зі стандартним інтерфейсом
- робота з будь-якими типами двигунів (без контролю швидкості, з контролем швидкості, крокові) через DLL бібліотеку з стандартним інтерфейсом
- робота з будь-яким типом двовісного монтування: екваторіальне, азимутальне, double horseshoe, alt-alt
- робота з поворотною платформою як третьою віссю телескопу
- можливість наведення телескопу за заданими координатами на небі з різними комбінаціями кутів осей телескопу: багатооборотність першої вісі телескопу та повороту камери, і перекидка другої вісі через зеніт (для азимутального) або полюс (для екваторіального)
- не потребує точної орієнтації осей телескопа у просторі, прив'язка системи координат монтування здійснюється через координати напряму першої вісі в екваторіальній системі
- враховує систематичні похибки наведення, обумовлені ексцентриситетом черв'ячних коліс

# Програми для спостережень

- **Video** – робота з телевізійними ПЗЗ-камерами через плату відеозахвату. Розроблена в НДІ Миколаївська обсерваторія.

## Основні властивості:

- ручний та автоматичний (під керуванням програми Control) режими роботи
- налаштування параметрів оцифрування відеосигналу
- візуалізація первинного (вихідного) відеопотоку та результатів обробки;
- визначення координат обраного об'єкту у реальному часі, розрахунок кутового розміру пікселя та кутової швидкості руху зір в полі зору
- накопичення кадрів зі зсувом (НКС) в реальному часі
- отримання послідовності кадрів з зображенням КО та зір
- паралельне накопичення зображень КО та зір
- реєстрація моментів часу за зовнішнім джерелом часу (GPS приймач) з точністю 0.0001 с
- підбір оптимальних параметрів послідовності кадрів для спостереження КО

# Програми для обробки спостережень

- **Astrometrica** – обробка ПЗС кадрів з опорними зорями.  
розробник Herbert Raab.

## Основні властивості:

пошук зображень зір та визначення координат в системі кадру;

- ототожнення зір за каталогом;
- розрахунок нев'язок редукції.

# Програми для обробки спостережень

- **AA** – сервісна програма; розроблена в НДІ Миколаївська обсерваторія.
- **Основні властивості:**
- керування програмою Astrometrica для автоматичної обробки ПЗЗ кадрів;
- статистична обробка результатів роботи програми Astrometrica.

# Програми для обробки спостережень

- **CCDView** – обробка ПЗЗ кадрів з КО.  
Розроблена в НДІ Миколаївська  
обсерваторія.
- **Основні властивості:**
  - візуалізація ПЗЗ-кадрів
  - вирівнювання фону кадрів та врахування фону усередненого кадру
  - визначення координат обраного об'єкту в системі кадру X,Y;
  - розрахунок масштабу та нахилу зображення за положенням зорі на двох кадрах.

# Програми для обробки спостережень

- **Satellite** – розрахунок екваторіальних координат КО, що спостерігаються за методом КМН з використанням модифікованого методу редукції спостережень. Розроблена в НДІ Миколаївська обсерваторія.

## Основні властивості:

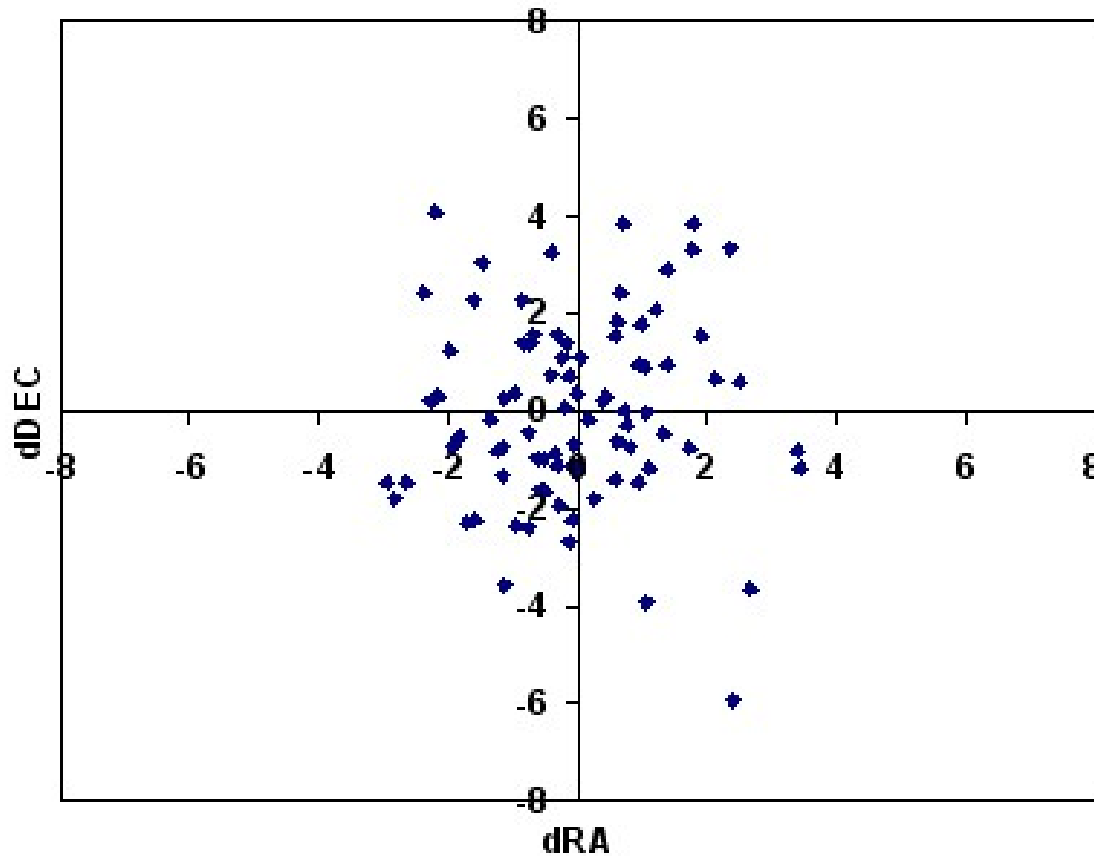
- зчитування координат зір: прямокутних в системі кадру та екваторіальних в системі каталогу.
- розрахунок коефіцієнтів редукції для перерахунку координат з прямокутних в екваторіальні;
- перерахунок коефіцієнтів редукції з опорних кадрів з зорями на кадр з об'єктом;
- розрахунок екваторіальних координат об'єкту.
- формування текстових файлів для занесення в каталог та передачі їх в СКАКО України.

**За результатами спостережень  
отримано 1116 положень 92  
низькоорбітальних КО.**

Кількість об'єктів	Кількість проводок	Кількість точок	Тривалість спостережень
92	196	1116	869.64

# Похибка визначення координат КО 39075.

Точність спостережень  $0.23''$ – $3.3''$



# **Висновок**

**CELESTRON SATELLITE TELESCOPE**

**успішно введений в експлуатацію  
як новий складовий елемент**

**МЕРЕЖІ УМОС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**

**НИЗЬКООРБІТАЛЬНИХ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**



**Дякую за увагу!**