

COMBINED CCD OBSERVATIONAL METHOD OF GEOSTATIONARY SATELLITE, METHODOICAL AND TECHNICAL DESIGNS AND RESULTS

A. Kovalchuk, A. Shulga, M. Martynov

Nikolaev astronomical observatory, Nikolaev, Ukraine, al_kov@mao.nikolaev.ua

Combined CCD method of geostationary satellite observations is essentially new method of exploration of satellite movement features in view of usage of technical means that allows us to obtain observations in the optical range with accuracy of angular co-ordinates not worse than $0.1''-0.3''$ at the moment of measurement. The observations are carried out with telescope on parallactical mount equiped with CCD camera. The CCD camera could operate in frame mode and drift-scan mode as well. The satellite is observed in the frame mode and moving images of stars are observed in the drift-scan mode whilst the telescope is immovable in both cases. Therefore, point like images of the satellite and the reference stars are obtained and moments of all observational procedures are recorded with synchronometer of time service

КОМБІНОВАНИЙ ПЗЗ МЕТОД СПОСТЕРЕЖЕННЯ ГЕОСТАЦІОНАРНИХ СУПУТНИКІВ – МЕТОДИЧНІ, ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ, О.М.Ковальчук, О.В.Шульга, М.В.Мартинов – Комбінований ПЗЗ метод спостереження геостационарних супутників – це по суті новий з точки зору застосування технічних засобів і методик спосіб вивчення характеристик руху супутників, що дозволяє одержати точність спостереження в оптичному діапазоні по кутових координатах не гірше $0.1''-0.3''$ на момент спостереження. В основі методу покладено принцип спостереження на телескопі з паралактичним монтуванням, який оснащений універсальною ПЗЗ камерою. ПЗЗ камера має можливість працювати як у кадровому режимі, так і в режимі синхронного переносу заряду, тобто при нерухомому телескопі супутник спостерігається в кадровому режимі, а зображення зірок, що рухаються, у режимі синхронного переносу заряду. Таким чином, отримуємо зіркоподібні зображення, як для супутника, так і для опорних зірок, при цьому моменти всіх процедур спостереження фіксуються по синхрометру служби часу.

КОМБИНИРОВАННЫЙ ПЗС МЕТОД НАБЛЮДЕНИЯ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ - МЕТОДИЧЕСКИЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ, А.Н.Ковальчук, А.В.Шульга, М.В.Мартинов – Комбинированный ПЗС метод наблюдения геостационарных спутников (ГСС) – это по сути новый с точки зрения применения технических средств и методик способ изучения характеристик движения спутников, позволяющий получить точность наблюдения в оптическом диапазоне по угловым координатам не хуже $0.1''-0.3''$ на момент наблюдения. В основе метода положен принцип наблюдения на телескопе с паралактической монтировкой, оснащенной универсальной ПЗС камерой. ПЗС камера имеет возможность работать как в кадровом режиме, так и в режиме синхронного переноса заряда, т.е. при неподвижном телескопе спутник наблюдается в кадровом режиме, а движущиеся изображения звезд в режиме синхронного переноса заряда. Таким образом, получаются звездообразные изображения, как для спутника, так и для опорных звезд, при этом моменты всех наблюдательных процедур фиксируются по синхрометру службы времени.

Введение.

В основе метода положен принцип наблюдения на телескопе с параллактической монтировкой оснащенной универсальной ПЗС камерой [1]. ПЗС камера имеет возможность работать как в кадровом режиме, так и в режиме синхронного переноса заряда, т.е. при неподвижном телескопе спутник наблюдается в кадровом режиме, а движущиеся изображения звезд в режиме синхронного переноса заряда. Таким образом, получаются звездообразные изображения, как для спутника, так и для опорных звезд, при этом моменты всех наблюдательных процедур фиксируются по синхрометру службы времени.

Раздел 1.

Описанная методика наблюдений реализована на зонном астрографе (ЗА) Николаевской астрономической обсерватории (рис.1).



Рис 1. Зонный астрограф НАО.

Оптические характеристики ЗА: $D = 160 \text{ mm}$, $F = 2044 \text{ mm}$. Телескоп оснащен универсальной ПЗС камерой с характеристиками (табл. 1):

ХАРАКТЕРИСТИКИ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПЗС КАМЕРЫ

Матрица	ISD017P
Число элементов (H x V)	1040x 1160
Организация изделия	SFF
Размер пикселя (mkm)	16x16
Заряд насыщения (тыс.эл)	130
Шум считывания однокаскадного выхода (эл.)	4
Темновой сигнал @ - 40°C (эл./яч./с)	4
Квантовая эффективность, %	
@ 250 nm	12
@ 400 nm	25
@ 750 nm	60
@ 1100 nm	25
@ 1250 nm	12
Неэффективность переноса заряда	$<10^{-5}$

Режимы работы: кадровый и синхронное накопление заряда. Предельная звездная величина при экспозиции 2 минуты для ЗА – 15^m. Камера оснащена автоматическим блоком оптических фильтров фотометрической системы Джонсона-Моргана. Также в состав комплекса средств автоматизации наблюдений включен синхрометр службы времени НАО, который позволяет осуществлять привязку всех необходимых наблюдательных процедур к шкале времени с погрешностью не более 0.5мкс.

Порядок наблюдений:

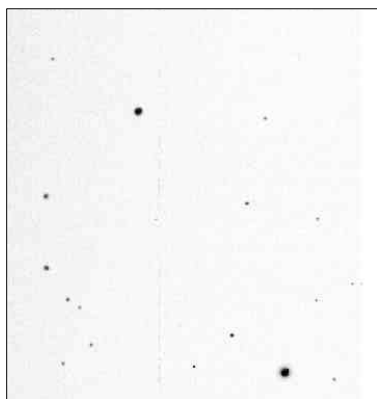
1. Телескоп наводится в точку с заданными координатами на небесной сфере и фиксируется в этом положении до конца наблюдений нужного объекта (группы объектов).

2. Выполняется наблюдение в режиме с синхронным накоплением заряда опорных звезд, при этом длина наблюдаемой полосы по прямому восхождению может варьироваться в зависимости от необходимого количества опорных звезд.

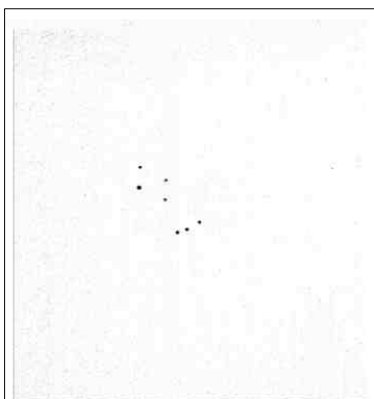
Момент начала сканирования фиксируется по синхрометру службы времени. При этом, интересующие нас ГСС, наблюдаются в виде слабых вытянутых по прямому восхождению полос либо не видны вообще, что чаще всего и происходит.

3. Наблюдение в кадровом режиме области с ГСС, при фиксации момента начала экспозиции. В результате указанной операции получается звездобразные изображения ГСС, а опорные звезды при этом видны в виде длинных штрихов, вытянутых по Ра.

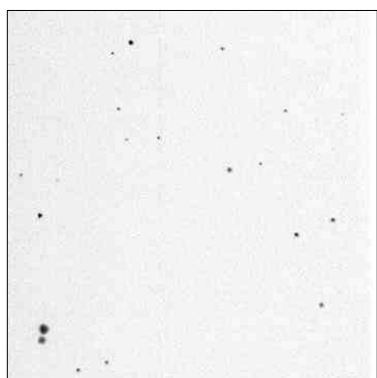
Количество чередующихся кадров и полос ограничено только продолжительностью ночи наблюдений и выбирается в зависимости от необходимой точности результатов (рис.2).



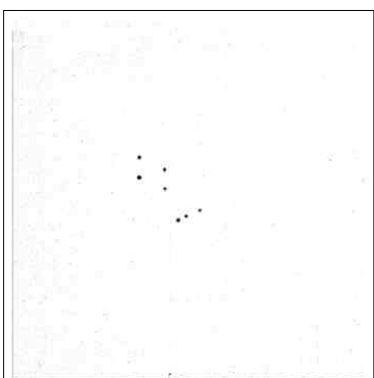
Полоса 1.



Кадр 1.



Полоса 2.



Кадр 2.



Полоса 3.

Рис 2. Иллюстрация комбинированного ПЗС метода наблюдений ГСС.

Таким образом, в результате проведения такой серии наблюдений получается некоторое количество кадров с изображениями ГСС, и полос с изображениями опорных звезд, в которых содержится вся необходимая информация для вычисления координат ГСС на момент наблюдения.

По опорным звездам выполняется непрерывная привязка системы координат ПЗС матрицы к небесной системе координат. Вычисление масштабных коэффициентов и их производных по прямому восхождению и склонению проводилось по типичным формулам [2,3]:

$$\alpha_i = \alpha_0 + R_\alpha^x x_i + R_\alpha^y y_i$$

$$\delta_i = \delta_0 + R_\delta^x x_i + R_\delta^y y_i$$

где:

α_i, δ_i – каталожные координаты звезд; α_0, δ_0 – константы; x_i, y_i – координаты звезд в системе координат ПЗС матрицы; $R_\alpha^x, R_\alpha^y, R_\delta^x, R_\delta^y$ – соответствующие масштабы и их производные.

Искомые величины $R_\alpha^x, R_\alpha^y, R_\delta^x, R_\delta^y$ определяются из решения системы условных уравнений методом наименьших квадратов.

При наличии длинного ряда наблюдений несложно учесть подвижки телескопа, вызванные весовыми, термическими деформациями и другими факторами. Для этого величины α_0, δ_0 представляются как функции времени. Поскольку, и опорные звезды, и ГСС наблюдаются в одной и той же системе координат, связанной с ПЗС матрицей, моменты наблюдений известны, то дальше совсем несложно вычислить координаты ГСС в системе используемого опорного каталога.

Раздел 2.

В период с 9 апреля по 21 мая 2001 года выполнены наблюдения геостационарных спутников на ЗА НАО. Статистика наблюдений представлена в табл. 2.

Таблица 2. Статистика наблюдений ГСС на ЗА НАО

Международный номер объекта	Количество ночей	Количество кадров
88109 В	3	39
91015 А	3	39
95016 В	4	57
95055 А	3	39
96021 А	3	39
96067 А	4	57
97049 А	4	57
97076 А	3	39
98057 А	4	57
99033 А	3	39

Обработка наблюдательного массива выполнена по выше указанной методике, дала точность единичного наблюдения

$$\varepsilon_{\alpha} = \pm 0''.23_{\pm 0''.05} \exp\{6 \cdot 10^{-6} \cdot (2 \cdot 10^5 - I)\}$$

$$\varepsilon_{\delta} = \pm 0''.29_{\pm 0''.04} \exp\{5 \cdot 10^{-6} \cdot (2 \cdot 10^5 - I)\}$$

где:

I – интегральная интенсивность объекта в относительных единицах.

Значение интегральной интенсивности в 2×10^5 соответствует, приблизительно, 10-й звездной величине.

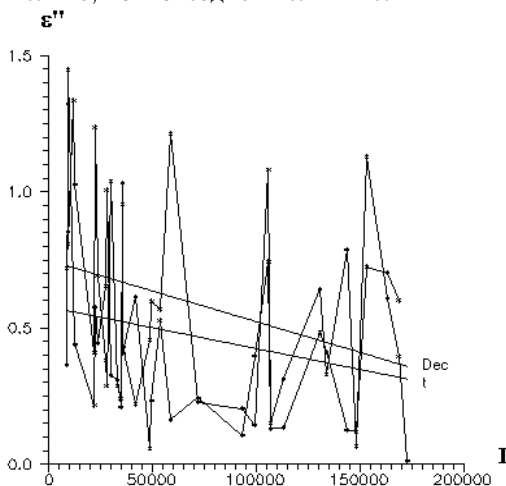


Рис 3.

На рис 3. графически представлены значения ошибки единичного наблюдения ГСС по часовому углу и склонению.

Выводы.

Предложенный комбинированный метод наблюдений и его реализация при наблюдениях ГСС указывает на:

- возможность получения изображений ГСС и опорных звезд в виде точечных объектов при использовании универсальной ПЗС камеры;
- высокую точность наблюдений на ЗА НАО, в 2–3 раза выше аналогичных наблюдений на других телескопах [4];
- возможность наблюдений слабых объектов при использовании телескопов с малой апертурой;
- полную автоматизацию обработки наблюдений.

Полученные результаты позволяют рассчитывать на эффективное использование предложенного комбинированного метода наблюдений искусственных спутников Земли.

Литература.

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

2. Ronald C. Stone, David G. Monet, Alice K. B. Monet, Richard L. Walker, Harold D. Ables, Alan R. Bird, and Frederick H. Harris The Flagstaff astrometric scanning transit telescope (FASTT) and star positions determined in the extragalactic reference frame // Astron. J. 1996. – Volume 111, Number 4. - P.1721-1742.

3. Viateau B., Requieme Y., Le Campion J.F., Benevides-Soares P., Teixeira R., Montignac G., Mazurier J.M., Monteiro W., Bosq F., Chauver F., Colin J., Daigne G., Desbats J.M., Dominici T.P., Perie J.P., Raffaelli J., Rapaport M. The Bordeaux and Valinhos CCD meridian circles // Astronomy & Astrophysics supplement series. - 1999. - № 134. - P.173-186.

4. М.І.Демчик, А.Г.Кириченко, Л.М.Кізюн, В.У.Климик, К.А.Кудак, Г.М.Мацо, О.Е.Стародубева Результати спостережень і ототожнення геосинхронних космічних об'єктів. // Додаток до журналу “Космічна наука і технологія”. 1996. Т.2. № 1.

COMPLEX OBSERVATIONS OF ARTIFICIAL SATELLITES

Ya.T. Blagodyr, A.I. Bilinsky, Ye.B. Vovchuk, O.O. Logvinenko

Astronomical Observatory of Lviv National University named after Ivan Franko, Lviv, Ukraine, eve@astro.franko.lviv.ua

It's necessary to conduct the complex observations of the artificial satellites (i.e. photometric, polarimetric, laser ranging etc.) to obtain the full information about observed objects. And the results of observations are most useful when they are obtained from the same station. That's why the complex for observations the artificial satellites was organized in Lviv. It provides the laser ranging on the telescope TPL-1M and electrophotometric observations on the self-made instrument on the base of guiding mount LD-2. Now the installation of developed instrumentation for polarimetric observations is going on.

КОМПЛЕКСНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ШСЗ, Я.Т. Благодир, А.І. Білінський, Е.Б. Вовчик, О.О. Логвиненко – Для одержання повної інформації про ШСЗ, наприклад – дані про форму, тип покриття, динамічних характеристиках на орбіті і т.п., необхідне проведення комплексних спостережень об'єкта – фотометричних, поляриметричних, лазерних і ін. И найбільш доцільним є проведення цих спостережень з одного пункту. Тому у Львові був організований пункт комплексних спостережень ШСЗ: лазерні спостереження на базі телескопа ТПЛ-1М і електрофотометричні на базі саморобного приладу й установки ЛД-2. Зараз ведуться роботи з введення в дію розробленої апаратури для поляриметричних спостережень ШСЗ.

КОМПЛЕКСНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ИСЗ, Я.Т. Благодир, А.И. Билинский, Е.Б. Вовчик, А.А. Логвиненко. – Для получения полной информации об ИСЗ, например – данных о форме, типе покрытия, динамических характеристиках на орбите и т.п., необходимо проведение комплексных наблюдений объекта – фотометрических, поляриметрических, лазерных и др. И наиболее целесообразным является проведение этих наблюдений с одного пункта. Поэтому в Львове был организован пункт комплексных наблюдений ИСЗ: лазерные наблюдения на базе телескопа ТПЛ-1М и электрофотометрические на базе самодельного прибора и установки ЛД-2.