Вісник Астрономічної школи | Astronomical School's Report

ISSN 2411–6602 (Online)
ISSN 1607–2855 (Print)

Том 11 • № 2 • 2015 С. 157 – 162

УДК 523.352

KIT — автоматизований малий телескоп

Я.О. Романюк*, А.П. Відьмаченко

Головна астрономічна обсерваторія НАН України

У кінці XX століття отримала швидкий розвиток технологія виготовлення приймачів світла на основі ПЗЗ матриць. Завдяки їх поширенню розпочалося створення автоматизованих телескопів. В роботі описано основні категорії роботизованих телескопів, їх спостережні можливості і наведено приклади деяких із них. Детальніше описано один з перших створених в Україні малих автоматизованих телескопів — Київський Інтернет-телескоп, та представлено деякі спостережні результати отримані з ним. Зараз телескоп активно використовується в програмах наукових спостережень екзопланет, подвійних затемнюваних зірок, астероїдів, далеких комет, інших небесних об'єктів та для освітніх цілей.

КИТ — АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МАЛЫЙ ТЕЛЕСКОП, Романюк Я.О., Видьмаченко А.П. — В конце XX века получила быстрое развитие технология изготовления приемников света на основе ПЗС матриц. Благодаря их распространению началось создание автоматизированных телескопов. В работе описаны основные категории роботизированных телескопов, их наблюдательные возможности и приведены примеры некоторых из них. Подробнее описан один из первых созданных в Украине малых автоматизированных телескопов — Киевский Интернет-телескоп, и представлены некоторые полученные с ним наблюдательные результаты. Сейчас телескоп активно используется в программах научных наблюдений экзопланет, двойных затменных звезд, астероидов, далеких комет, других небесных объектов и для образовательных целей.

KIT — AUTOMATED SMALL TELESCOPE, by Romanyuk Ya.O., Vidmachenko A.P. — At the end of the 20th century the manufacturing technology of light receivers based on CCD matrix got rapid development. Due to with the spread of these devices the creation of automated telescopes has started. This paper describes the main categories of robotic telescopes and their surveillance capabilities, and are examples of some of them. More details describes one of the first small automated telescopes developed in Ukraine — Kyiv Internet telescope and presents some observational results obtained with it. Now the telescope is widely used in applications of scientific observations of exoplanets, eclipsing binary stars, asteroids, distant comets and other celestial objects and for educational purposes.

Ключевые слова: автоматизированный телескоп; астрономические ПЗС-наблюдения; программы управления.

Key words: automated telescope; astronomical CCD observations; control software.

1. ВСТУП

В кінці минулого століття разом із швидким розвитком технологій ПЗЗ приймачів світла їх все більше почали використовувати для наукових досліджень. Особливо цінними їх властивостями для астрономічних досліджень є панорамність та цифрове представлення даних. Ці особливості та технологічні успіхи в автоматизації, відкриття нових методів зв'язку тощо дали можливість значно підвищити ефективність роботи малих телескопів. У сукупності це відкрило можливості для автоматизації процесу спостережень, і особливо при багаторазово повторюваних процесах реєстрації спостережних даних під час тривалих моніторингових робіт. Коротка історія розвитку автоматизованих спостережень може бути представлена так [14]:

1955 — J. Bok [5] створив першу автоматизовану систему для автоматичного фотометричного моніторингу;

1985 — Martin and Hartley [8] описали систему керування телескопа з використанням двох віддалених комп'ютерів, з'єднаних телефонним зв'язком;

1993 — перший ефективний телескоп-робот з ПЗЗ камерою започатковано у Бредфордському університеті [4, 6] як для наукових досліджень, так і з освітньою метою;

1997 — створено Iowa Telescope system;

2003 — Liverpool and Faulkes Telescopes розпочали свою роботу [15].

Приблизно до 2005 року викристалізувалося поняття про поділ автоматизованих телескопів на власне *автоматизовані* (роботизовані) телескопи, яких більшість, та *телескопи-роботи*, яких досить мало (Ліверпульський, Годдардський, Pan Star, SuperWASP і т.д.) Ефективність сучасних приймачів світла сприяла новому етапу розвитку малих телескопів. Адже побудова все більших і більших телескопів привела до виникнення дискусії про майбутнє багатьох телескопів помірного розміру. Проте саме новітні приймачі світла дали друге життя малим телескопам, підвищивши їх ефективність за чутливістю майже

* Романюк Ярослав Орестович; ✉ romanyuk@mao.kiev.ua

на порядок. А невеликі телескопи дозволяють значно більшій кількості астрономів брати участь у реальних спостережних наукових проектах. Аматори та студенти можуть також стати частиною наукового товариства та значимо сприяти розвитку в деяких областях астрофізики.

Особливе ставлення до оснащення телескопами освітніх закладів спостерігається у Великобританії. Як ми вже відзначили, там було створено Бредфордський телескоп, який після пожежі було відбудовано і потім встановлено на Канарському острові Ла Пальма. Велика частина його спостережного часу віддана для використання в освітніх та аматорських проектах. Телескоп Ліверпульського університету — це перший повністю автоматичний телескоп з діаметром дзеркала 2 м, який також було збудовано в Англії. Він забезпечує спостережним матеріалом такий освітній портал, як «Національна шкільна обсерваторія». Цей технічний проект використав доктор Мартін Фолкес. Він для британських школярів збудував два аналогічних телескопи та розмістив їх у Північний Австралії та на Гавайських островах з метою надати можливість проведення спостережень британським студентам у денний час. Пізніше цей проект викупив бувший віце-президент корпорації Google Уейн Розінг. В цій програмі окрім британців вже беруть участь школярі зі США, Польщі та інших країн. І вони довели, що їх дослідження мають право на життя, оскільки саме з допомогою їхніх спостережень вдалося відкрити нові астероїди. Зараз ці телескопи увійшли до складу всесвітнього проекту «LCOGT network». Планується установка телескопів меншого діаметру в Чилі, Південній Африці та Китаї.

Клімат України дає у середньому менше сотні ясних безмісячних ночей. Тому особливо важливо максимально ефективно використовувати кожну хвилину спостережного часу. Саме таку можливість дають автоматизовані телескопи та телескопи роботи.

2. МАЛІ АВТОМАТИЗОВАНІ ТЕЛЕСКОПИ

Понад 120 телескопів зареєстровано на інтернет-сторінці «Robotic Telescope Projects». Тут можна зустріти телескопи різного рівня автоматизації, створених для різноманітних астрономічних завдань. Серед них переважна більшість — це телескопи з апертурою до 1 м. Поки що тільки п'яту частину складають телескопи з діаметром дзеркала від 1 до 2 м. Роботизовані обсерваторії детально описані в роботі Штрассмеєра [13].

Автоматизовані телескопи та телескопи з віддаленим керуванням працюють від початку їх створення в кінці 80-х на початку 90-х років. Відносно недавно були створені власне телескопи-роботи (Ліверпульський, Годдардський, Pan Star, SuperWASP і т.п.), які зовсім не потребують втручання оператора (хоча б протягом ночі) і які можуть «приймати рішення» як з наукових, так і з деяких технічних питань. Так, телескоп-робот повинен:

- бути спроможним слідкувати за своїм станом у такий спосіб, щоб необхідні дії для корекції проблем, які можуть виникнути, виконувалися автоматично;
- слідувати наперед визначеному набору спостережних інструкцій, або самостійно складати розклад необхідних спостережень;
- підтримувати зв'язок з пунктами, які дають інформацію про термінову зміну розкладу спостережень

Прикладом телескопа-автомата є, наприклад, телескоп для дослідження післясвітіння гамма-спалахів. Він працює протягом ночі за наперед складеним розкладом спостережень, проте відразу ж переходить до спостережень зони гамма-спалаху тільки-но отримає сигнал від координаційної мережі «GCN».

Автоматизовані малі телескопи задіяні в різноманітних астрономічних спостереженнях. Серед них:

- моніторингові спостереження протягом цілої ночі;
- дослідження в різних станах блиску;
- UBVR-фотометрія на довгій часовій базі для пошуку періодів та особливостей змінності деяких типів зір;
- нові зорі;
- спостереження за міжнародними так званими «алертами» (наприклад GRB);
- спостереження тіл Сонячної системи, серед яких: фотометрія астероїдів, фотометрія комет, позиційні спостереження малих тіл;
- так звані взаємні явища;
- дослідження катаклізмічних змінних зір, ядер активних галактик, екзопланет, пошук нових та наднових зір.

3. КИЇВСЬКИЙ ІНТЕРНЕТ-ТЕЛЕСКОП

В 2006–2008 рр. Головна астрономічна обсерваторія НАН України та Київський національний Університет імені Тараса Шевченко в рамках спільного гранту від НТЦ України та НАН України створили автоматизований малий телескоп (рис. 1), який міг би бути взятий за основу для створення українського автоматичного телескопа метрового класу. Його назва «Київський Інтернет-телескоп» [2, 3, 7, 9, 10] го-

ворить про те, що він може працювати за завданнями, які йому можна надати через всесвітню мережу, а також те, що для нього закладено можливість керування ним через її використання.

КІТ складається з таких основних компонентів:

- оптична труба Celestron CGE 1400 XLT;
- оптична схема Шмідта–Касегрена;
- діаметр головного дзеркала — 356 мм;
- еквівалентна фокусна відстань — 3910 мм; з оптичним редуктором $f/6.3$ — 2239 мм;
- масштаб: без редуктора — 19 мкм/кут.сек; з оптичним редуктором — 11 мкм/кут.сек;
- блок автофокусування — власної розробки;
- монтування WS-240 німецького типу;
- блок світлофільтрів — UBVRI власної розробки;
- ПЗЗ камера — SBIG ST-8XME або Rolera MGi;
- автогід — Skywatcher 70 мм, оснащений КМОП камерою QHY5-II;
- GPS-модуль точного часу та Інтернет.

Перед нами стояла задача створити власне програмне забезпечення для всього комплексу, яке дало б можливість використовувати його в автоматичному режимі. Структура програмного забезпечення телескопа показана на рис. 1, праворуч. Програмний комплекс складається з головного керуючого модуля та окремих модулів приладів телескопа. Інформація про стан телескопа та спостережні результати передається в режимі реального часу до серверу проекту за допомогою модуля зв'язку з Web-сервером. Для забезпечення зручності при розробці індивідуальних модулів та зручності у заміні пристроїв ми зробили кожен модуль у вигляді окремої повністю функціональної програми під керуванням Windows. Кожен такий модуль може працювати в автономному режимі або в комплексному режимі під адміністрацією центру керування. Змішаний варіант, коли частина модулів працює автоматично, а частина в ручному режимі, для тестування спостережень теж можливий. Така можливість створює більш захищену від помилок систему в цілому.

Основна інформація про роботу програмного комплексу та індивідуальні налаштування модулів можуть бути збережена в системному реєстрі для забезпечення гнучкості в роботі. Для того, щоб замінити окремий модуль, потрібно просто замінити інформацію в системному реєстрі і тоді модуль керування завантажить інший набір програм для його роботи. Обмін даними між окремими програмами дозволяє отримувати інформацію про стан окремих пристроїв і керувати усім комплексом. Додатковий модуль, який ми розробили, є програмним забезпеченням для обміну даних з Web-сервером.

4. ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

КІТ бере участь в кількох спостережених проектах [7, 11, 12]. Так, наприклад, Міжнародний проект "The DWARF project: Eclipsing binaries — precise clocks to discover exoplanets" — це спостережна кампанія з пошуку планет навколо систем затемнюваних подвійних зір. Мета проекту — дослідження періодичності зміщення мінімумів блиску на основі високоточного визначення часу мінімумів затемнень. У проекті беруть участь більше ніж 20 обсерваторій Європи. Суть дослідження полягає в тому, що коли яскравіша зоря закривається диском другої зорі, то сумарна яскравість системи зменшується (рис. 2).

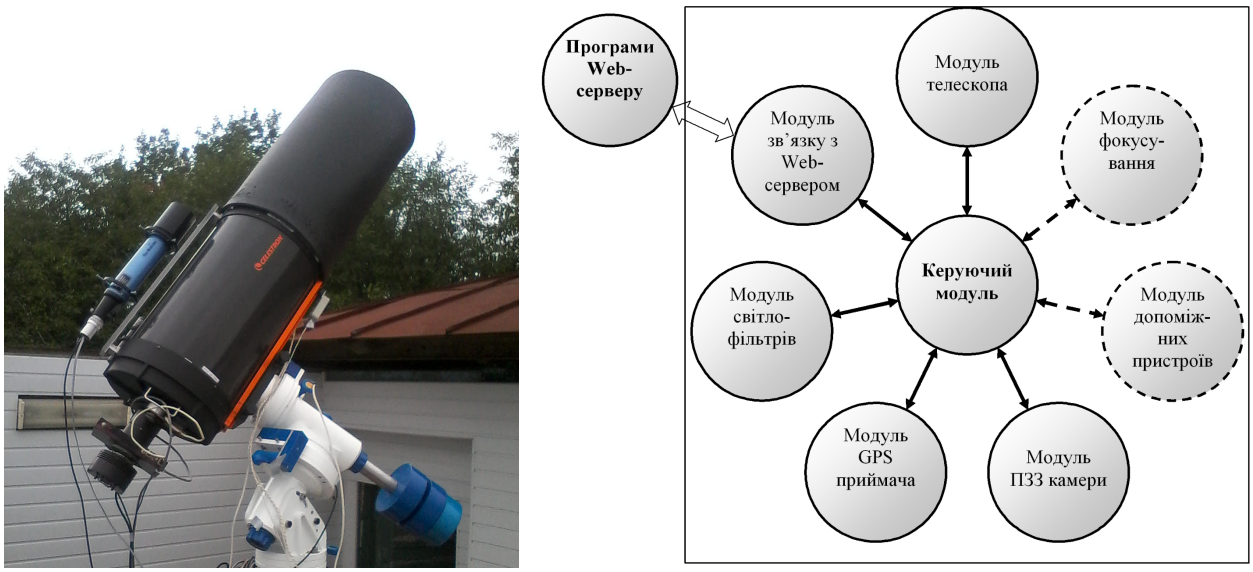

Рис. 1. Ліворуч — Київський Інтернет-телескоп на спостережній станції Київського національного університету імені Тараса Шевченко в с. Лісники; праворуч — структура програмного забезпечення Київського Інтернет-телескопу

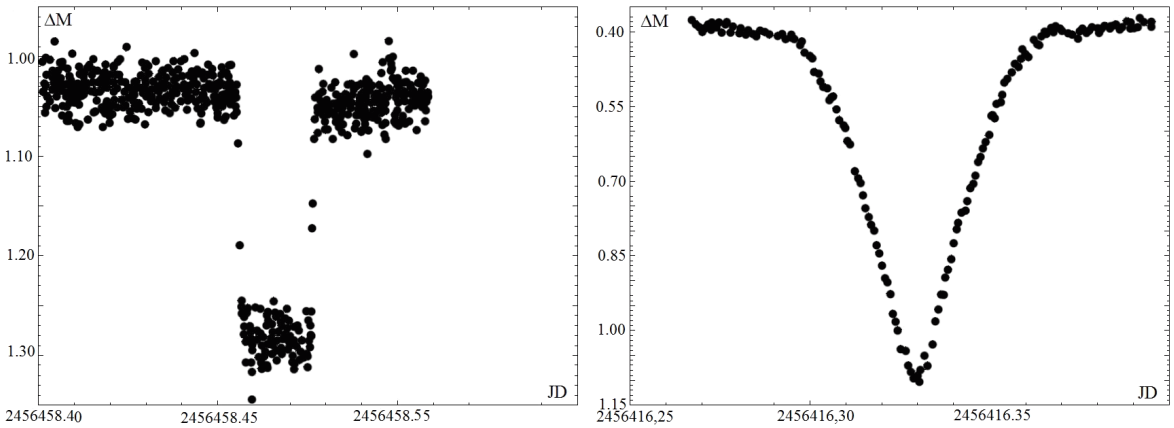

Рис. 2. Приклади спостережень подвійних затемнюваних зірок. Ліворуч — мінімум зірки RXJ2130.6+4710 14 червня 2013 року; праворуч — мінімум зірки GU Boo 03 травня 2013 року.

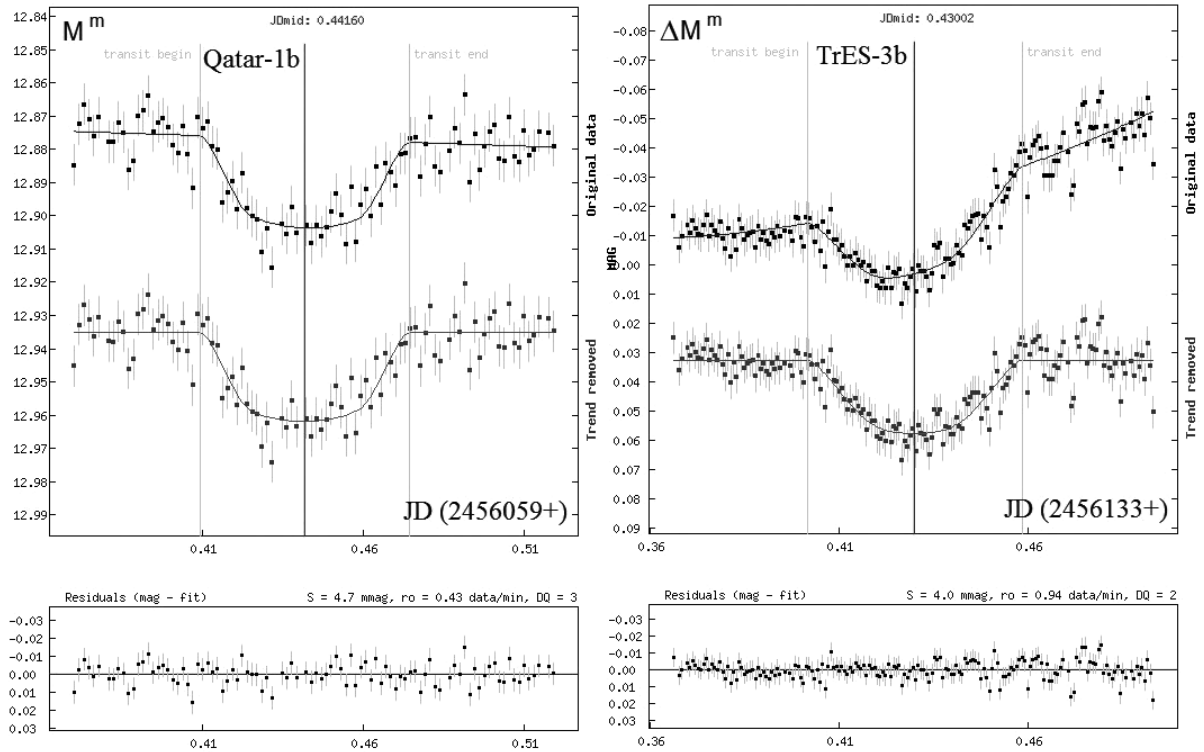

Рис. 3. Ліворуч — спостереження транзиту екзопланети Qatar-1b (час середини транзиту — 2012-05-11 22:35:54; глибина транзиту — 0,027 зор. величини). Праворуч — спостереження транзиту екзопланети TrES-3b (час середини транзиту — 2012-07-24; 22:19:13; глибина транзиту — 0,025 зор. величини).

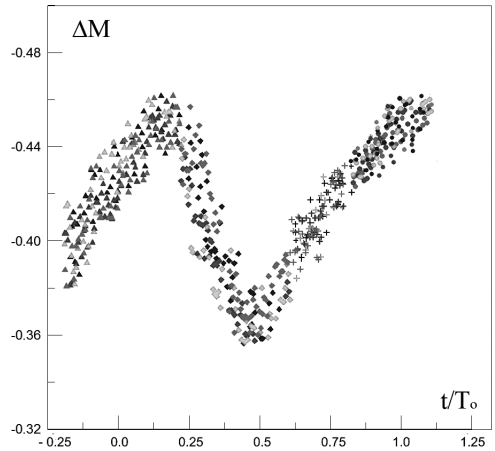

Рис. 4. Фазова крива відносного блиску ΔM астероїда 64 Ангеліна у стандартних BVRI фільтрах

Момент часу мінімальної світності називається первинним затемненням. Спостерігається також менше за амплітудою вторинне затемнення, коли слабкіша зоря заходить за диск яскравішої. Якщо навколо такої системи обертається планета, то зірки під дією гравітації планети будуть зміщуватися відносно центру мас системи зірка–планета і рухатися по певній модифікованій орбіті. Внаслідок цього моменти мінімумів затемнень будуть постійно змінюватися. Значний за обсягом спостережний матеріал і статистична обробка отриманих спостережних даних дозволяє виявити планети в таких системах. Нами проведено спостереження таких подвійних затемнюваних систем з метою пошуку планет навколо них: GK Boo, CM Dra, NSVS 14256825, DV Psc, V499 Per, HAT 169, V 471 Tau, HAT 133, HAT 145, HAT 196, HAT 205, HAT 225, GU Boo, G179-55, DE CVn, V641 Aur, 1ES1959+650, PG1633+099, T-Lyr 17236, RX J2130.6+4710, FI Del, FP Sge, NY Vir, TrES-H-07621. Деякі з них показано на рис. 2.

У 2012–2015 рр. з телескопом KIT проведено численні спостереження транзитів таких екзопланет: Qatar 1b, TrES 1b, TrES 2b, TrES 3b, HAT-P 5b, HAT-P 32b, WASP 10b, WASP 33b, CoRoT-2b. Результати деяких із наших спостережень розміщено на сайті http://var2.astro.cz/EN/tresca/transits.php та показано на рис. 3.

В роботі [12] представлені результати дослідження комети C/2010 S1, яка є динамічно новою кометою. Спостереження проводилися 18 червня 2012 року на спостережній станції Національного університету імені Тараса Шевченка, розташованій в селі Лісники. Загальна яскравість комети становила близько 15 зор. величини.

На рис. 4 показано результати комплексних фотометричних спостережень астероїда 64 Ангеліна. Його орбіта знаходиться у центрі головного поясу астероїдів, поверхня має високе альбедо, а по таксономічній класифікації він відноситься до малочисленого E-типу. Паралельні спостереження були виконані 18 серпня, 10 та 11 вересня 2012 року [1] на таких телескопах: 100-см КрАО (гора Кошка), 70-см Інституту астрономії Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна (Граково) та 35-см KIT ГАО НАН України (Лісники). При цьому використовувалися як ПЗЗ камери, так і фотоелектричний фотометр з набором BVRI стандартних фільтрів.

5. ВИСНОВКИ

В Україні залишається ще багато «незабруднених» світлом територій, але вони знаходяться в сільській місцевості, степах та у Карпатах і в Криму. При їх забезпеченні сучасними засобами зв'язку можливо встановити малі телескопи-роботи з апертурою порядку одного метра, які би могли видавати досить велику кількість якісного спостережного матеріалу по названій вище тематиці. Крім того, з приєднанням у вигляді асоціації до Європейського союзу, відкриваються можливості для встановлення автоматизованого телескопу в одній із Середземноморських країн з добрим астрономічним кліматом.

Таким чином, створення автоматичного телескопа метрового класу є сьогодні актуальним для української астрономії.

1. *Величко Ф.П., Романюк Я.О., Псарёв В.А.* Четырёхполосная фотометрия высокоальбедного астероида 64 Ангелина // Десятая всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Программа, Москва, ИКИ РАН, 12–16 ноября 2012 г. — С.78.
2. *Кузнєцова Ю.Г., Крушевська В.М., Андрєєв М.В., Відьмаченко А.П., Романюк Я.О.* Наземне супроводження космічного експерименту «Планетний моніторинг» // 14 Ukrainian Conference on Space Research with International Participation. September 8–12, 2014. The program and abstracts. Uzhhorod, Ukraine. — P.65.
3. *Andruk V.M., Reshetnik V.M., Romanyuk Ya.O., Kleshchonok V.V., Khatko I.V., Yatsenko A.I., Samoylov V.S.* A study of the photometric system of the Kiev network telescope // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. — 2012. — **28**, Issue 6. — P.296–303.
4. *Baruch J.E.F.* Robots in Astronomy // Vistas in Astronomy. — 1992. — **35**. — P.399–438.
5. *Bok B.J.* Astronomical Photoelectric Conference: Size and type of telescope for a photoelectric observatory // Astronomical Journal. — 1955. — **60**. — P.31.
6. *Cox M.J. Baruch J.E.F.* Robotic telescopes: An interactive exhibit on the World Wide Web // Proceedings of the second International Conference of the World-Wide-Web, Chicago IL, 1994, October 15–20, Chicago.
7. *Krushevska V., Kuznyetsova Yu., Matsiaka O., Andreev M., Romanyuk Ya., Vidmachenko A.* Determination of parameters of transit exoplanets, using data obtained at the small telescopes // Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso. — 2014. — **43**, №3. — P.458–458.
8. *Martin R., Hartley K.* Remote operation of telescopes from the UK // Vistas in Astronomy. — 1985. — **28**. — P.555.
9. *Romanyuk Ya.O., Kleschonok V.V., Reshetnyk V.M., Lukyanyk I.V., Svyatogorov O.O., Guziy S.S.* The Kyiv internet telescope project // Astronomical Society of India Conference Series. — 2012. — **7**. — P.297.
10. *Romanyuk Ya.O., Vidmachenko A.P.* KIT — automated small telescope // 17 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, May, 20–22, 2015. The program and abstracts. Kyiv–Zhytomyr, Ukraine. — P.69.
11. *Pribulla T., Vaňko M., Ammler-von Eiff M., and 55 coauthors* The Dwarf project: Eclipsing binaries — precise clocks to discover exoplanets // Astronomische Nachrichten. — 2014 — **333**, Issue 8. — P.754.

12. *Shubina O., Kulyk I., Korsun P., Romanjuk Ya.* Photometry of distant active comet C/2010 S1 (LINEAR) // Advances in Astronomy and Space Physics. — 2014. — **4**. — P.38–41.
13. *Strassmeier K.G., Hasinger G., Kudritzki R.P., Weiss N.O., Yorkek H.W.* Robotic Astronomy // Proceedings of the 3rd Potsdam Thinkshop on Robotic Astronomy. — Astronomische Nachrichten. — 2004. — **325**, Issue 6. — P.455–456.
14. https://en.wikipedia.org/wiki/Robotic_telescope
15. http://telescope.livjm.ac.uk/About/

Надійшла до редакції 31.07.2015
Прийнята до друку 9.09.2015

НОВІ ВИДАННЯ

В.І. Зацерковний, Н.П. Каревіна
Аерокосмічні дослідження Землі: історія становлення: монографія. — Київ: ТОВ «Юстон ЛТД», 2015. — Т.2. — 406 с.

У монографії представлені результати історико-наукового аналізу процесу розвитку аерокосмічних досліджень Землі. Показано внесок відомих учених та інженерів у створення методів дистанційного зондування Землі.

Книга може бути корисною для науковців, викладачів вищої та середньої школи, аспірантів і студентів, читачів, які цікавляться історією аерокосмічних досліджень Землі і космічної техніки.

Зміст

Вступ
Передмова
Розділ 1. Розвиток аерокосмічних досліджень у 50-х роках XX століття
Розділ 2. Розвиток аерокосмічних досліджень у 60-х роках XX століття
Розділ 3. Розвиток аерокосмічних досліджень у 70-х роках XX століття
Розділ 4. Розвиток аерокосмічних досліджень у 80-х роках XX століття
Список використаної літератури