

УДК 520.2; 523.6

DOI: <https://doi.org/10.17721/BTSNUA.2024.69.22-28>

Ігор ЛУК'ЯНИК¹, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.

ORCID ID: 0000-0002-3779-7864

e-mail: iluk@knu.ua

Віктор КАРБІВСЬКИЙ², наук. співроб.

ORCID ID: 0009-0001-2725-0865

e-mail: karb@mao.kiev.ua

Валерій КЛЕЩОНОК¹, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.

ORCID ID: 0000-0002-4832-371X

e-mail: klev@knu.ua

Микола БУРОМСЬКИЙ¹, провід. інженер

ORCID ID: 0009-0006-8623-5135

e-mail: nburomsky@knu.ua

Михайло ЛАШКО², наук. співроб.

ORCID ID: 0000-0003-4868-1442

e-mail: lash@mao.kiev.ua

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

²Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України, Київ, Україна

ПРОЄКТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕЛЕСКОПА АЗТ-8

Вступ. На сучасному етапі розвитку науки в Україні, через брак коштів і застарілість обладнання, автоматизація астрономічних спостережень та архівування результатів залишаються на низькому рівні. В таких умовах модернізація астрофізичних приладів стає нагальною потребою для розвитку науки й освіти.

Методи. В основу методу покладено аналіз поточного стану телескопа АЗТ-8 і досвіду реалізації подібних проєктів.

Результати. Розроблено концепцію модернізації телескопа АЗТ-8, яка містить розроблення архітектури системи керування, заміну й оновлення керуючих механізмів, розроблення програмного забезпечення.

Висновки. Модернізація телескопа АЗТ-8 передбачає комплексний підхід, що включає оцінювання поточного стану, впровадження нових технологій і систем керування, оновлення механізмів, розроблення програмного забезпечення, тестування, що дозволить значно підвищити ефективність і якість астрономічних спостережень.

Ключові слова: астрономічне приладобудування, телескоп, модернізація, автоматизація.

Вступ

Астрономія в сучасному світі переживає період стрімких відкриттів, значну роль в яких відіграють новітні технології та інструменти. Однак в Україні, через брак коштів і застарілість обладнання, автоматизація астрономічних спостережень та архівування результатів залишаються на низькому рівні. В таких умовах модернізація астрофізичних приладів стає нагальною потребою для розвитку науки й освіти. Ще в 1990-х рр. університетські групи по всьому світу розробили малі автоматизовані/роботизовані телескопи, що довело можливість використання таких систем для освітніх і дослідницьких проєктів. До деяких найуспішніших проєктів належать такі:

- роботизована обсерваторія Бредфорда (BRT) у Великій Британії. 15 травня 2016 р. команда BRT оголосила, що управління Бредфордським телескопом передано Відкритому університету та перейменовано на Автономний роботизований телескоп (ART);

- програма автоматизованих телескопів і Роботизована обсерваторія Університету Айови.

Ці та багато інших проєктів (Castro-Tirado, 2010; Denny, 2011; Romanuk et al, 2012; Reefe, 2022) продемонстрували, наскільки корисними та потужними можуть бути такі системи на практиці. Відтак **актуальність** визначається тим, що автоматизовані/роботизовані телескопи можуть відігравати важливу роль у наданні малим ЗВО й університетам можливості активно брати участь у серйозних дослідницьких і освітніх проєктах. До того ж існує потреба астрономічної спільноти у високоякісних, швидких і доступних інструментах. У нашому випадку, після модернізації телескопа АЗТ-8 буде здатний: (i) здійснювати тривалі моніторингові спостереження; (ii) проводити спостереження за алертами міжнародних проєктів і програм; (iii) входити до складу міжнародних програм, що стосуються астероїдно-кометної небезпеки, космічної екології та погоди; (iv) забезпечувати інноваційний навчальний процес навіть в умовах військового стану або епідемії, завдяки віддаленому доступу; (v) буде полігоном для відпрацювання систем розпізнавання об'єктів, цілей, зокрема й із застосуванням штучного інтелекту. Виконання цих завдань є доцільним, оскільки модернізований телескоп забезпечить точність наведення на рівні 10" і значно скоротить час наведення на об'єкт. До того ж час експозиції після модернізації визначатиметься науковими потребами, а не технічними обмеженнями телескопа, як це відбувається нині. Крім того, буде забезпечено віддалений доступ до спостережних можливостей, що важливо як для науки, так і для освіти.

В роботі (Клещонок та ін., 2022) викладено результати першого етапу модернізації інструментів спостережної станції, а саме: заміну світлоприймальної апаратури телескопів АЗТ-14 і АЗТ-8. **Метою** цієї роботи є розроблення загальної концепції модернізації телескопа АЗТ-8 спостережної станції Київського національного університету імені Тараса Шевченка в с. Лісники. Серед **завдань** – впровадження сучасних технологій автоматизації, дистанційного управління й інноваційного підходу в освітній процес і наукові дослідження, що має підвищити якість наукових спостережень, забезпечити швидке та точне наведення інструментів, а також створити умови для їхнього колективного використання та навчання в умовах епідемії чи воєнного стану. Використання таких сучасних автоматизованих систем може також суттєво розширити можливості української астрономічної спільноти та сприяти її тіснішій інтеграції у світову наукову спільноту.

© Лук'яник Ігор, Карбівський Віктор, Клещонок Валерій, Буромський Микола, Лашко Михайло, 2024

Методи

В основу методу покладено аналіз поточного стану телескопа АЗТ-8 та досвіду реалізації подібних проєктів, а саме: оцінювання технічного стану телескопа АЗТ-8; виявлення основних проблем і недоліків; вивчення передового досвіду; аналіз успішних проєктів автоматизації телескопів; консультації з фахівцями в галузі астрономії та інженерії; розроблення архітектури системи керування; інтеграція сучасних технологій для управління та фокусування.

Результати

Передумови проведення модернізації телескопа АЗТ-8, як і загалом модернізації будь-якого інструменту – сукупність факторів, які передують і визначають початок активізації модернізаційних робіт. Це важливо, оскільки в кінцевому результаті дозволить вчасно визначити необхідність виконання таких робіт. Зауважимо, що вказані роботи неможливі без ґрунтовного аналізу поточного стану телескопа. Тож авторами статті проведено оцінювання поточного стану телескопа АЗТ-8.

Для модернізації застарілих телескопів потрібен індивідуальний підхід та оригінальні рішення для кожного компонента залежн від особливостей інструменту і наукових завдань. Як перший крок у розв'язанні цієї проблеми, ми спочатку провели аналіз впливу модернізації на роботу спостережної станції і визначили необхідні вимоги та роботи. Вимоги оцінено за пріоритетністю й уточнено обсяг робіт. Це дуже важливо, щоб забезпечити нормальне функціонування спостережної станції під час модернізації. Після детального огляду й аналізу роботи систем керування телескопом (рис. 1) встановлено, що нині характеристики телескопа АЗТ-8 не відповідають вимогам специфікації. Крім того, сучасне програмне забезпечення для керування спостереженнями не підтримується телескопом.

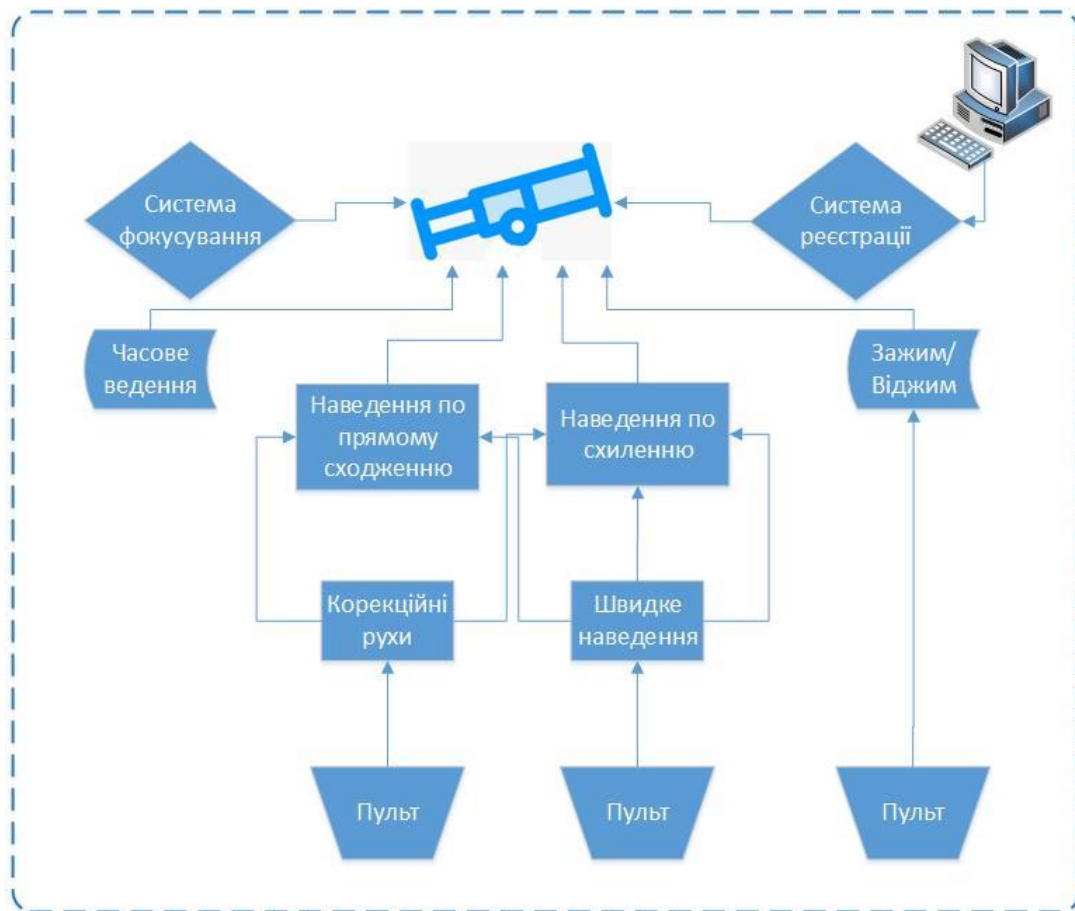


Рис 1. Структурно-логічна схема системи керування телескопа АЗТ-8

Відтак проаналізовано сучасні підходи до побудови/модернізації телескопів і систем керування (Castro-Tirado, 2010; Gajadhar et al., 2010; Denny, 2011; Holmes et al., 2011; Romanyuk et al., 2012; Reeve et al., 2022; Sergeev et al., 2014; Smith, Caton, & Hawkins, 2016; Robin, 2019; van Belle et al., 2020). Зазначимо, що на сьогодні астрономія переживає надзвичайно важливий період розвитку. З одного боку, на інструментальному рівні активно розробляють нові конструкції великих і космічних телескопів, а з іншого – виникає проблема, пов'язана з малими телескопами. Їхні можливості значно менші, однак вони мають низьку собівартість спостережень, що дає можливість здійснювати довгостроковий моніторинг вибраних об'єктів, швидко змінювати об'єкти спостережень за появи рідкісних астрономічних подій (алерти), надавати колективний доступ, об'єднуватися в дистанційну мережу через інтернет, використовуватися громадянами (так звана народна наука), студентами і школярами тощо. Така ситуація привела до активних обговорень цього питання на рівні міжнародних і національних астрономічних товариств. Це привело до створення проєкту AstroNet (<https://www.astronet-eu.org/>), який є консорціумом європейських фінансових агентств і дослідницьких організацій. В межах цього проєкту була розроблена дорожня карта для довгострокового розвитку

астрономії та використання малих і середніх телескопів. В окрему проблему винесено телескопи країн колишнього СРСР, які мають свої особливості та специфічні ресурси. Водночас із розвитком науково-технічного прогресу значно збільшилася кількість різних як програмних, так і апаратних реалізацій систем наведення і гідуння в телескопобудуванні. Відтак розроблено стандарти, платформи, наприклад, ASCOM (<https://ascom-standards.org/>), INDI (<https://indilib.org/>), які мають за мету забезпечення узгодженості між астрономічними інструментами, такими як телескопи, ПЗЗ-камери, пристрої для фокусування тощо, та програмним забезпеченням, яке керує цими приладами. З одого боку, це спонукало астрономічне товариство до розроблення різноманітних систем, та надбудов до існуючих стандартів (Castro-Tirado, 2010; Denny, 2011; van Belle et al., 2020), з іншого – стимулювало до пошуку своїх рішень (напр., наш підхід (Romanjuk et al., 2012), оскільки, наприклад, ASCOM має і свої недоліки: деякі інструменти та програмне забезпечення можуть не підтримувати ASCOM; складність використання (або витратне за часом); обмежені функції (в деяких випадках може не надавати всіх необхідних функцій або можливостей, які потрібні користувачам); розвиток і підтримка (швидкі зміни в астрономічних технологіях можуть вимагати постійного розвитку й оновлення стандартів і платформ). Отже, вибір тієї чи іншої платформи залежить від потреб та умов користувача, і в деяких ситуаціях (напр., брак фінансування) оптимальним може бути розроблення власної системи (Castro-Tirado, 2010; Sergeev et al., 2014). Зазвичай, країни колишнього СРСР володіють неавтоматизованими телескопами, тому за наявності коштів проводять модернізацію (Sergeev et al., 2014). Загалом астрономічні обсерваторії нині активно працюють над концепціями віддаленого керування (Robin, 2019) та автоматизації телескопів (Gajadhar et al., 2010).

Ми зосредили увагу на оновленні існуючих систем (рис. 1) і віддаленому керуванні. Основний підхід полягає в тому, що ми не втручаємося в концепцію роботи механічного приводу телескопа, а замість цього розробляємо нові системи керування, які забезпечують автоматизацію процесу спостережень і віддалений доступ, включаючи доступ через інтернет. Планується використання дворівневої архітектури. Верхній рівень включатиме комп'ютер спостерігача, призначений для проведення спостережень, контролю й керування підсистемами телескопа, візуалізації цифрових сигналів і зображень відеокамер; мінікомп'ютер із віддаленим керуванням для підсистеми фокусування та зберігання інформації. Нижній рівень складатимуть контролери та підключені до них механізми керування телескопом, а також відеокамери для контролю наведення телескопа. Крім того, використання дворівневої архітектури має кілька переваг. По-перше, за відмови верхнього рівня можна використовувати телескоп у напівавтоматичному режимі керування, не зупиняючи спостережний процес. По-друге, ця архітектура дозволяє використовувати телескоп для віддаленого керування, забезпечуючи, наприклад, інноваційний навчальний процес тощо. Модернізація буде проводитися послідовно, щоб уникнути повної недієздатності телескопа на тривалий час.

Відповідно до розробленої концепції нова структурно-логічна схема керування телескопом АЗТ-8 після модернізації матиме вигляд, як на рис. 2.

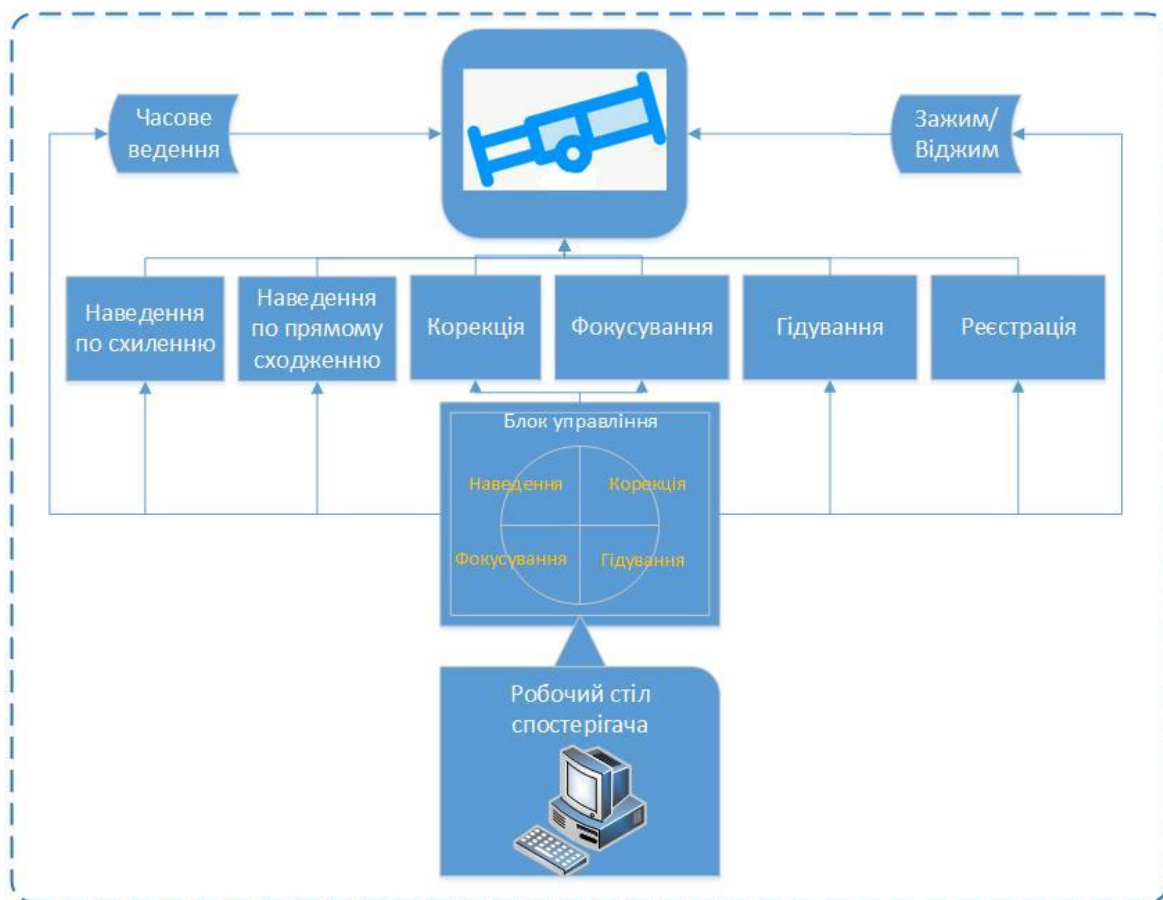


Рис 2. Нова структурно-логічна схема системи керування телескопа АЗТ-8

Як бачимо з рис. 2, основою нової схеми керування телескопом є "Блок управління", який містить електронні модулі керування драйверами всіх систем телескопа. Після детального аналізу характеристик і специфікацій застарілих двигунів, датчиків та інших компонентів ми підібрали нові компоненти, які відповідають сучасним вимогам і можуть бути інтегровані в існуючу систему. Основні вимоги до компонентів – вони повинні мати вищу точність, надійність і можливість дистанційного керування. На рис. 3 схематично зображено склад "Блока управління" та підібрані нами компоненти нової схеми керування телескопом. Загалом, пропонується заміна застарілих механізмів на нові, до яких належать такі:

- механізм наведення телескопа прямим піднесенням (сервомотор ECMA C20807RS, драйвер ASD-B2-1021-B);
- механізм наведення телескопа за схиленням (сервомотор ECMA C20807RS, драйвер ASD-B2-1021-B);
- механізм часового ведення (кроковий двигун 86HS12E-8C38, драйвер HSS86);
- механізм корекції за часовим кутом (кроковий двигун NEMA 17, драйвер ТВ6600);
- механізм корекції за схиленням (кроковий двигун NEMA 17, драйвер ТВ6600);
- механізм зажиму за прямим піднесенням (кроковий двигун NEMA 17, драйвер ТВ6600);
- механізм зажиму за схиленням (кроковий двигун NEMA 17, драйвер ТВ6600);
- використання датчиків ВТ-5 для позиціонування телескопа;
- інтеграція нових відеокамер для візуального контролю наведення;
- електронно-механічний вузол гідуювання телескопа;
- електронно-механічний вузол фокусування.

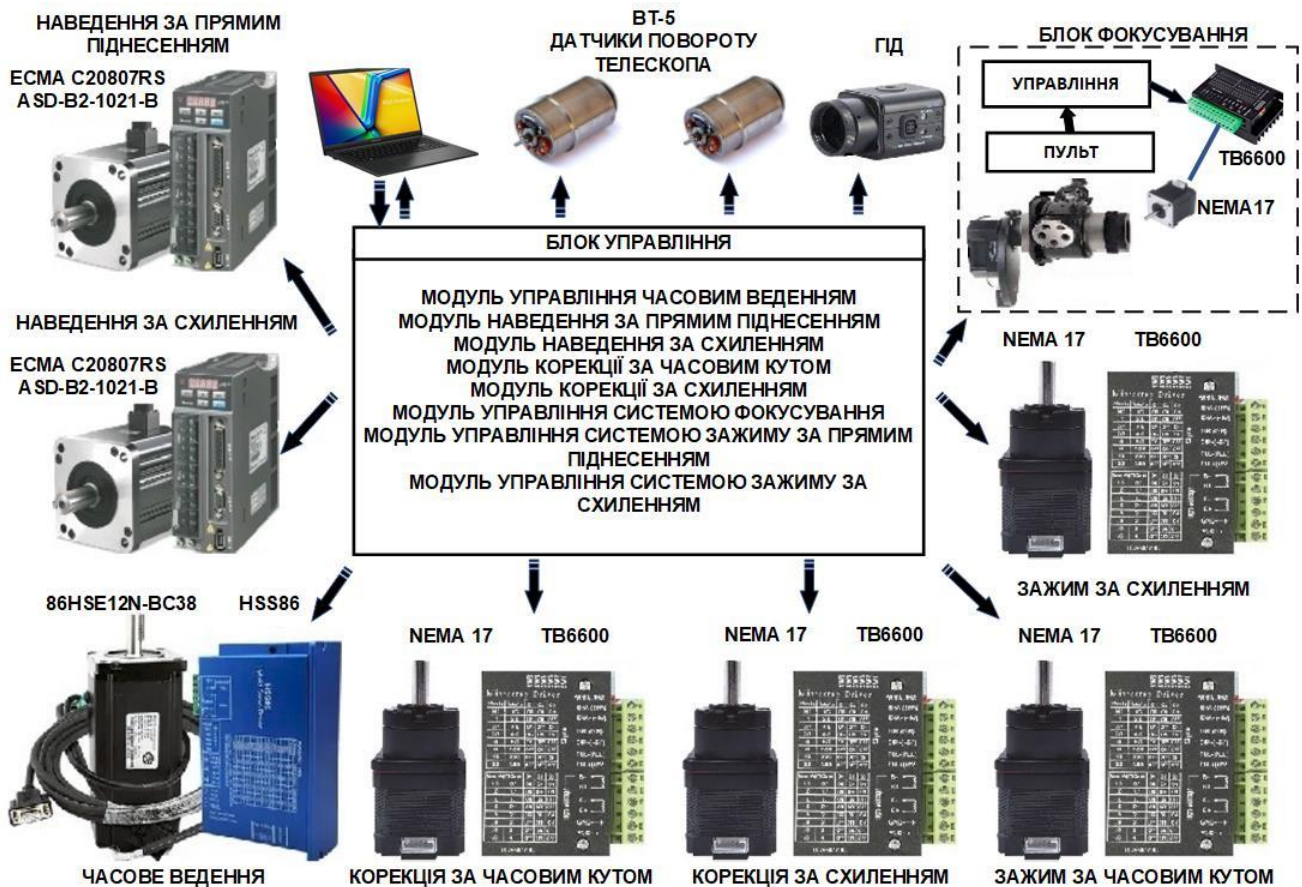


Рис 3. Склад "Блока управління" та компоненти комплексної системи керування телескопом АЗТ-8

Механізми установки телескопа за часовим кутом та за дельта конструктивно ідентичні й будуть виготовлені на базі сервомоторів ECMA C20807RS, які керуватимуться драйверами ASD-B2-1021-B. Сервомотори мають потужність 750 Вт і можуть працювати зі швидкістю до 3000 об/хв. Сервомотори ECMA C20807RS, з драйверами ASD-B2-1021-B мають три режими управління: положенням, швидкістю, моментом. Вбудований (вмонтований) 17-бітний енкодер на 131072 імпульсів/об задовольняє широкому колу застосувань. Є функція автоматичного придушення низькочастотної вібрації, що реалізована за допомогою двох фільтрів, які мінімізують і повністю усувають вібрацію виконавчого механізму. Максимально можлива швидкість переведення (налаштування) телескопа за часовим кутом і за дельта – 2°/с. Керування драйвером ASD-B2-1021-B здійснюється відповідним модулем управління, який знаходиться в блоці управління.

Механізм часового ведення телескопа буде виготовлений на базі крокового двигуна 86HS12E-8C38 із драйвером керування HSS86. В цей кроковий двигун вмонтовано енкодер. Такий пристрій комбінує в собі властивості серво- і крокового двигуна. За його наявності телескоп під час роботи позиціонується точніше. До того ж він дозволяє уникнути втрат кроків і, відповідно, "втратити" поточні координати, та забезпечує високу точність ведення телескопа. Під час

роботи майже відсутня вібрація. Драйвер керування HSS86 забезпечує 16 видів мікрокроків (1/256) і максимальні частоти до 51200 імпл/об, що генеруються синтезатором частот у відповідному модулі управління, який розміщений у блоці управління.

Механізми корекції за часовим кутом та за дельта конструктивно ідентичні і будуть виготовлені на базі крокових двигунів NEMA 17 із драйверами керування TB6600. Драйвери мають функцію поділу кроку двигуна на 2/4/8/16. Керування драйверами здійснюють відповідні модулі управління, які розміщені у блоці управління. Механізми корекції за часовим кутом та за дельта призначені для точної установки телескопа на вибраній небесній об'єкт. А також для того, щоб спільно із системою гідуювання у довготривалих експозиціях вносити таку корекцію в положення телескопа, щоб зображення спостережного об'єкта не зміщувалось на приймачеві зображення.

Механізми зажиму за альфа та за дельта конструктивно ідентичні і будуть виготовлені на базі крокових двигунів NEMA 17 із драйверами керування TB6600. Функціональні характеристики їх такі самі, як у механізмів корекції за часовим кутом та за дельта. Керування драйверами здійснюють відповідними модулями управління, які розташовані у блоці управління. Механізми зажиму за альфа та за дельта призначені для фіксації положення телескопа.

Електронно-механічний вузол фокусування являє собою механізм, який забезпечує переміщення приймача зображення (ПЗЗ-камери, КМОН камери тощо) з блоком світлофільтрів уздовж оптичної осі телескопа з високою точністю, забезпечуючи таким способом точне налаштування приймача зображення у фокальній площині телескопа. Це складний трикоординатний механізм, управління яким здійснюється кроковим двигуном NEMA 17 драйвером керування TB6600. Керування драйвером здійснюється відповідним модулем управління, який розміщено у блоці управління.

Електронно-механічний вузол гідуювання телескопа конструктивно представляє собою КМОН камеру, яка кріпиться у фокальній площині основного гіда телескопа. Камеру під'єднано до комп'ютера на моніторі, з якого видно область неба, що транслюється КМОН камерою. Надалі за допомогою програми спостерігач вибирає зоряний об'єкт для гідуювання. Програма у реальному часі відслідковує положення зоряного об'єкта на кадрі. На всяке зміщення його програмою генеруються відповідні сигнали, які передаються на блок управління в модуль корекції за часовим кутом і за дельта. Відпрацьовують відповідну корекцію і повертають зображення вибраного зоряного об'єкта в початкове положення на чипі камери.

Відеокамери для візуального контролю встановлені на лімбах телескопа за часовим кутом та за дельта. Вони під'єднані до комп'ютера і служать для візуального контролю відповідних координат.

Датчики ВТ-5 служать для позиціонування телескопа за прямим піднесенням і схиленням. Їхні сигнали використовуються модулем налаштування телескопа за часовим кутом і за дельта та модулем корекції за часовим кутом і за дельта.

Дискусія і висновки

Покращення якості та технічного рівня інструментів спостережної станції в с. Лісники може мати значний вплив на подальший розвиток астрономії як в університеті, так і в Україні, який проявиться через економічні, соціальні й інші ефекти. Наприклад, спостереження, вивчення та виявлення потенційно небезпечних об'єктів для Землі є важливою науковою та прикладною задачею. Нині багато студентів мають обмежені можливості щодо отримання практичних навичок через воєнний стан та інші причини. Реалізація проекту дасть можливість проводити практичні заняття та наукові дослідження, включаючи бакалаврські та магістерські роботи, у віддаленому режимі на інструменті, що, зокрема і відповідатиме сучасним вимогам до астрономічних спостережень. Планована модернізація в подальшому дозволить перетворити автоматизований телескоп на робот-телескоп, що ще більше підніматиме його значущість для науки й освіти. Доступ у віддаленому режимі сприятиме популяризації астрономії через залучення школярів (Мала академія наук) до наукової роботи. Загалом, освіта є основою розвитку будь-якої держави, тому піднімаючи розвиток астрономічних засобів, методів та алгоритмів спостережень на сучасний рівень, вона доводитиме конкурентоспроможність української науки вже зараз. Отримані напрацювання можуть бути передані для використання в інших наукових установах. Частина задач проекту включено до переліку пріоритетної тематики, затвердженої наказом Міністерства освіти і науки України № 1104 від 07.09.2023.

Основним очікуваним результатом пропонованого проекту має стати автоматизований телескоп АЗТ-8 із можливістю віддаленого керування, зокрема і через інтернет, в режимі реального часу. В процесі виконання будуть розроблені нові (або вдосконалені старі) системи наведення за часовим кутом і схиленням, фіксації телескопа, ведення, гідуювання, фокусування, програм керування (зокрема й віддаленого в режимі реального часу) телескопом.

Модернізований телескоп АЗТ-8 матиме поле зору 45"х45" і масштаб 0,656"/рх і, маючи автоматичне наведення, віддалене керування, відповідатиме сучасному рівню вимог до телескопів такого типу (Reefe et al., 2022). Дворівнева архітектура, індивідуальний підхід до розроблення кожного вузла дозволяє в режимі реального часу проводити оброблення спостережуваного об'єкта і приймати рішення про напрямок (час експозиції, фільтр, зміщення тощо) подальшого спостереження, що важливо для дослідження швидкоплинних процесів. Загалом більшість робіт проекту модернізації телескопа АЗТ-8 спостережної станції університету в с. Лісники передбачають використання напрацювань наведених у списку використаних джерел, але модифікованих або пристосованих для наших потреб задля виконання поставлених цілей, в тому числі і для зміцнення авторитету української науки.

Цінність очікуваних результатів визначається багатозаровістю їхнього призначення: (i) модернізація до сучасних технічних вимог піднімає якість наукових досліджень і надає можливість ширшого залучення до міжнародних мереж і проєктів, які виконуються зараз, наприклад, "GRANDMA", HORIZON 2020 Europlanet 2024 ResearchInfrastructure WorkPackage NA2 "CoordinationofGround-basedObservations". До 2018 р. телескоп АЗТ-8 посідав перше місце серед майже 400 обсерваторій за кількістю позиційних положень комет. Модернізація поверне лідируюче положення; (ii) дослідження небесних тіл є невід'ємною частиною сучасної астрономії. Моніторинг з автоматичним керуванням і з віддаленим доступом є сучасною віхою розвитку науки; (iii) завдяки віддаленому доступу стає можливим залучення інструментів до навчального процесу, що особливо важливе під час епідемій, наприклад, як це було за COVID-19, введення воєнного стану в Україні; (iv) розв'язання проблеми астероїдно-кометної небезпеки; (v) опосередкований світоглядний (соціальний) аспект.

Отже, модернізація телескопа АЗТ-8 передбачає комплексний підхід, включаючи оцінювання поточного стану, впровадження нових технологій і систем керування, оновлення механізмів, розроблення програмного забезпечення, тестування, що дозволить значно підвищити ефективність і якість астрономічних спостережень.

Внесок авторів: Ігор Лук'яник – концептуалізація, програмне забезпечення, формальний аналіз, написання (оригінальна чернетка); Віктор Карбівський – методологія, написання (перегляд і редагування), проектно-конструкторські і технологічні роботи; Валерій Клещонок – методологія, програмне забезпечення, формальний аналіз, написання (перегляд і редагування); Микола Буромський – підготовка, формальний аналіз, проектно-конструкторські і технологічні роботи; Михайло Лашко – підготовка, формальний аналіз, проектно-конструкторські і технологічні роботи.

Подяки, джерела фінансування. Роботу виконано за підтримки Міністерства освіти та науки України (№ ДР 0124U001304).

Список використаних джерел

- Клещонок, В., Карбовський, В., Буромський, М., Лашко, М., & Єфіменко, В. (2022). Модернізація астрономічного комплексу спостережної станції Лісники. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія "Астрономія"*, 66(2), 42–48. <https://doi.org/10.17721/BTSNUA.2022.66.42-48>
- Castro-Tirado, A. J. (2010). Robotic Autonomous Observatories: A Historical Perspective, *Advances in Astronomy*, 2010, ID 570489. <https://doi.org/10.1155/2010/570489>
- Denny, R. (2011). A web-remote/robotic/scheduled astronomical data acquisition system. *Telescopes from Afar*, 47. https://tfa.cfht.hawaii.edu/posters/Denny_tfa_poster.pdf
- Gajadhar S., Burdullis T., Cruise W., & Vermeulen T. (2010). Application of systems engineering concepts in the Canada – France – Hawaii Telescope Observatory automation project. In G. Z. Angeli, & Ph. Dierickx (Eds.). *Proc. SPIE 7738, Modeling, Systems Engineering, and Project Management for Astronomy IV*, 773816. <https://doi.org/10.1117/12.856477>
- Holmes, S., Kolb, U., Haswell, C. A., Burwitz, V., Lucas, R. J., Rodriguez, J., & Barker, J. (2011). PIRATE: a remotely operable telescope facility for research and education. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 123, 1177–1187. <https://doi.org/10.1086/662148>
- Reefe, M., Alfaro, O., Foster, S., Plavchan, P., Pepin, N., Banaji, V., Vidaurri, M., Webster, S., Banaji, S., Berberian, J., & Bowen, M. (2022). Asynchronous object-oriented approach to the automation of the 0.8-meter George Mason University campus telescope in Python. *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, 8(2), 027002-027002. <https://doi.org/10.1117/1.JATIS.8.2.027002>
- Robin, G. (2019). Low-Cost Digital Telescope Remotely Controlled [Doctoral dissertation] Graduate School of Bangkok University. <http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/3912/3/Gael.pdf>
- Romanyuk, Ya. O., Kleschonok, V. V., Reshetnyk, V. M., Lukyanyk, I. V., Svyatogorov, O. O., & Guziy, S. S. (2012). The Kyiv Internet Telescope Project. In S. Guziy, Shashi B. Pandey, Juan C. Tello, & Alberto J. Castro-Tirado (Eds.). *Astronomical Society of India Conference Series (BASI)*, 7, 297–282. https://bulletin.astron-soc.in/asics_vol007/297-Romanyuk.pdf
- Sergeev, A. V., Burkhonov, O. A., Dudinov, V. N., Zheleznyak, A. P., Krugly, Y. N., Molotov, I. E., Shulga, V. M., Ehgamberdiev, S. A., Konichek, V. V., & Kochetov, A. E. (2014). Modernization of AZT-22 Telescope of Maidanak High-Altitude Observatory: Testing Results. *Radio Physics and Radio Astronomy*, 19(1), 20. <https://doi.org/10.15407/rpra19.01.020>
- Smith, A., Caton, D., & Hawkins, R. (2016). Implementation and Operation of a Robotic Telescope on Skynet. *The Astronomical Society of the Pacific*, 128. <https://doi.org/10.1088/1538-3873/128/963/055002>
- van Belle, G. T., Collins, M., Guzman, G., & Mommert, M. (2020). Improved ASCOM Dome Following. *Research Notes of the AAS*, 4(8), 148. <https://doi.org/10.3847/2515-5172/abb29b>

References

- Castro-Tirado, A. J. (2010). Robotic Autonomous Observatories: A Historical Perspective, *Advances in Astronomy*, 2010, ID 570489. <https://doi.org/10.1155/2010/570489>
- Denny, R. (2011). A web-remote/robotic/scheduled astronomical data acquisition system. *Telescopes from Afar*, 47. https://tfa.cfht.hawaii.edu/posters/Denny_tfa_poster.pdf
- Gajadhar S., Burdullis T., Cruise W., & Vermeulen T. (2010). Application of systems engineering concepts in the Canada – France – Hawaii Telescope Observatory automation project. In G. Z. Angeli, & Ph. Dierickx (Eds.). *Proc. SPIE 7738, Modeling, Systems Engineering, and Project Management for Astronomy IV*, 773816. <https://doi.org/10.1117/12.856477>
- Holmes, S., Kolb, U., Haswell, C. A., Burwitz, V., Lucas, R. J., Rodriguez, J., & Barker, J. (2011). PIRATE: a remotely operable telescope facility for research and education. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 123, 1177–1187. <https://doi.org/10.1086/662148>
- Kleschonok, V., Karbovsky, V., Buromsky, M., Lashko, M., & Efimenko, V. (2022). Modernization of astronomical complex of observational station Lisnyky. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Astronomy*, 66(2), 42–48 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.17721/BTSNUA.2022.66.42-48>
- Reefe, M., Alfaro, O., Foster, S., Plavchan, P., Pepin, N., Banaji, V., Vidaurri, M., Webster, S., Banaji, S., Berberian, J., & Bowen, M. (2022). Asynchronous object-oriented approach to the automation of the 0.8-meter George Mason University campus telescope in Python. *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, 8(2), 027002-027002. <https://doi.org/10.1117/1.JATIS.8.2.027002>
- Robin, G. (2019). Low-Cost Digital Telescope Remotely Controlled [Doctoral dissertation] Graduate School of Bangkok University. <http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/3912/3/Gael.pdf>
- Romanyuk, Ya. O., Kleschonok, V. V., Reshetnyk, V. M., Lukyanyk, I. V., Svyatogorov, O. O., & Guziy, S. S. (2012). The Kyiv Internet Telescope Project. In S. Guziy, Shashi B. Pandey, Juan C. Tello, & Alberto J. Castro-Tirado (Eds.). *Astronomical Society of India Conference Series (BASI)*, 7, 297–282. https://bulletin.astron-soc.in/asics_vol007/297-Romanyuk.pdf
- Sergeev, A. V., Burkhonov, O. A., Dudinov, V. N., Zheleznyak, A. P., Krugly, Y. N., Molotov, I. E., Shulga, V. M., Ehgamberdiev, S. A., Konichek, V. V., & Kochetov, A. E. (2014). Modernization of AZT-22 Telescope of Maidanak High-Altitude Observatory: Testing Results. *Radio Physics and Radio Astronomy*, 19(1), 20. <https://doi.org/10.15407/rpra19.01.020>
- Smith, A., Caton, D., & Hawkins, R. (2016). Implementation and Operation of a Robotic Telescope on Skynet. *The Astronomical Society of the Pacific*, 128. <https://doi.org/10.1088/1538-3873/128/963/055002>
- van Belle, G. T., Collins, M., Guzman, G., & Mommert, M. (2020). Improved ASCOM Dome Following. *Research Notes of the AAS*, 4(8), 148. <https://doi.org/10.3847/2515-5172/abb29b>

Отримано редакцією журналу / Received: 29.06.24
Прорецензовано / Revised: 16.08.24
Схвалено до друку / Accepted: 06.12.24

Ihor LUK'YANYK¹, PhD (Phys. & Math.), Senior Researcher
ORCID ID: 0000-0002-3779-7864
e-mail: iluk@knu.ua

Viktor KARBIVSKY², Researcher
ORCID ID: 0009-0001-2725-0865
e-mail: karb@mao.kiev.ua

Valery KLESHCHONOK¹, PhD (Phys. & Math.), Senior Researcher
ORCID ID: 0000-0002-4832-371X
e-mail: klev@knu.ua

Mykola BUROMSKY¹, Leading Engineer
ORCID ID: 0009-0006-8623-5135
e-mail: nburomsky@knu.ua

Mykhailo LASHKO², Researcher
ORCID ID: 0000-0003-4868-1442
e-mail: lash@mao.kiev.ua

¹Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv, Ukraine

²Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

PROJECT OF MODERNIZATION OF THE AZT-8 TELESCOPE

B a c k g r o u n d . *At the current stage of scientific development in Ukraine, due to lack of funds and outdated equipment, the automation of astronomical observations and archiving of results remain at a low level. In such conditions, the modernization of astronomical instruments becomes an urgent need for the development of science and education.*

M e t h o d s . *The basis of the method is the analysis of the current state of the AZT-8 telescope and the experience of implementing similar projects.*

R e s u l t s . *The concept of modernization of the AZT-8 telescope has been developed, which includes the development of the architecture of the control system, the replacement and updating of control mechanisms, and the development of software.*

C o n c l u s i o n s . *Modernization of the AZT-8 telescope involves a comprehensive approach, including assessment of the current state, implementation of new technologies and control systems, updating mechanisms, software development, testing, which will significantly increase the efficiency and quality of astronomical observations.*

K e y w o r d s : *astronomical instrumentation, telescope, modernization, automation.*

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The authors declare noconflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; in the decision to publish the results.