

Модернизация телескопа «Синтез» в Крымской астрофизической обсерватории

С. В. Назаров^{1,*}, А. В. Харченко^{2†}

¹Крымская астрофизическая обсерватория РАН

Россия, Республика Крым, Бахчисарайский р-н, пгт. Научный, 298409

²АО «Центр новых технологий электроэнергетики», г. Санкт-Петербург

(Поступила в редакцию 20.05.2022; подписана в печать 15.09.2022)

В 1978 г. в Крымской астрофизической обсерватории (КрАО) был введен в строй экспериментальный телескоп «Синтез». Целью его создания была отработка технологий сегментированной оптики, а также системы контроля пространственного положения зеркал, в том числе и с возможностью компенсации турбулентности в земной атмосфере благодаря быстрым подвижкам каждого зеркала по двум осям. В начале 2018 г. было принято решение о его восстановлении с созданием новой оптики и системы управления. В 2021 г. была изготовлена система управления, а на главной трубе телескопа закреплен временный 350 мм телескоп, что позволило приступить к первым тестовым и научным наблюдениям. Автоматизация наблюдений предъявляет повышенные требования к защите телескопа от множества факторов. Поэтому авторами был реализован ряд функций, исключающих аварийные ситуации без участия человека. Модернизированный инструмент позволит решать широкий круг научных задач: осуществлять фотометрию и астрометрию широкого круга объектов, проводить алертные наблюдения (послесвечения гамма-всплесков, гравитационно-волновые события) и поисковые работы (астероиды и кометы, новые и сверхновые, транзиенты и др.). В этой работе мы представляем подробное описание новой системы управления монтировкой, крышей и первые результаты научных наблюдений на временном телескопе.

PACS: 95.55.-p. УДК: 520

Ключевые слова: астрономия, астрофизика, телескоп, телескопостроение, сегментированная оптика, система управления.

ВВЕДЕНИЕ

В 1978 г. КрАО при участии НПО Астрофизика, ЛОМО, ЦНИИАГ, ГОИ им. С. И. Вавилова, ИОА СО АН СССР и др. [1] ввела в строй новый экспериментальный телескоп «Синтез» (он же АСТ-1200) на экваториальной американской монтировке с оптической системой кассегреновского типа и системой контроля пространственного положения зеркал [2]. Павильон простой, с плоской сдвижной крышей, ориентированный в направлении запад–восток.

Целью создания телескопа была отработка пилотных версий следующих технологий: изготовления сегментированной оптики из ситалла для облегчения конструкции телескопа и создания системы контроля и удержания отдельных элементов в заданном при юстировке положении, а в перспективе компенсации турбулентности земной атмосферы. Эти технологии активно применяются в крупных современных инструментах: сегменты позволяют уменьшить толщину главного зеркала и массу телескопа, а адаптивная оптика значительно снижает влияние турбулентности [3].

Летом 1983 года прошли испытания по звездам [3], после чего в конце 1980-х проект был закрыт, а телескоп законсервирован.

Осмотр инструмента в январе 2018 года показал его хорошую сохранность и потенциальную пригодность

к восстановлению и модернизации [4] с целью решения наблюдательных задач КрАО. Однако электронные системы управления сельсинами, двигателями монтировки и приводами зеркал пришли в негодность. Привода сегментов имеют лишь две степени свободы, что затрудняет их точное позиционирование. Эти проблемы привели к идее создания на базе «Синтеза» нового телескопа с автоматической системой управления с сохранением имеющихся приводов, датчиков, монтировки и павильона. Работы начались в феврале 2018 г.

В 2021 г. была изготовлена система управления, а на главной трубе телескопа закреплен временный 350 мм телескоп, что позволило приступить к первым тестовым и научным наблюдениям.

В 2022 г. проводится тестирование и совершенствование системы управления, ориентированное на полную автоматизацию всех наблюдательных процессов. Параллельно создается программное обеспечение, позволяющее обрабатывать получаемые изображения в автоматическом режиме.

1. ТЕЛЕСКОП

1.1. Оптика

Главное зеркало диаметром 1.2 метра состоит из 7-ми тонких одинаковых шестиугольных ситалловых (марка СО-115М) сегментов: один в центре и шесть по окружности. Форма отражающей поверхности сегментов описана как сферическая, либо как внеосевой параболид. В 1980 гг. наблюдения велись в кассегре-

* astrotourist@gmail.com

† harchenko@cntee.com

новском фокусе, за главным зеркалом, установленным в трубе ферменной конструкции, обшитой пластиковой защитой. Прямой фокус главного зеркала 4.4 м, эквивалентный 12 м. Достигнутое разрешение телескопа около 0.5". Перед фокусом устанавливался корректор для компенсации аберраций в поле диаметром 5' [3].

1.2. Система подвижек

Каждый из сегментов имел возможность точных подвижек по двум направлениям при помощи специальных двигателей с обратной связью. По третьему направлению зеркало пассивно подпружинивалось для повышения быстродействия. Все сегменты имели возможность независимой фокусировки и юстировки при помощи двигателей и экранов, позволяющих работать с каждым сегментом по отдельности.

1.3. Монтаж

Монтаж вилочная экваториальная с размахом около 1.5 м, снабжена тремя двигателями по каждой из двух осей: шаговым для отработки часового ведения, ДПТ 110 В 0.3 кВт для тонкого движения и ДПТ 110 В 0.8 кВт для грубого движения. Система приводов аналогична установленной в телескопе АЗТ-24. Контроль позиционирования осуществлялся при помощи двух спаренных сельсинов на каждой оси: грубого и точного.

2. МОДЕРНИЗАЦИЯ

2.1. Временный телескоп

1. Рефлектор Ньютона 350/1765 мм + рефрактор-гид 60/183 мм
2. Основная камера QHY600M, вспомогательная QHY9S-M, гидирующая QHY-5LIM
3. Электрический фокусер на базе шагового двигателя и микрокомпьютера Arduino
4. Основное колесо фильтров QHY 7x2", вспомогательное Starlight Xpress 7x1.25"
5. Набор фотометрических фильтров Baader BVRI

2.2. Приемники излучения

Характеристики CCD-камеры QHY9S-M были изучены эмпирически.

Шум считывания в разных биннингах:

$$1 \times 1 = 10.75 \text{ e}$$

$$2 \times 2 = 17.5 \text{ e}$$

$$3 \times 3 = 23.9 \text{ e}$$

$$4 \times 4 = 28.6 \text{ e}$$

Темновой ток при $-30^\circ \text{C} = 0.03 \text{ e/s/pix}$. Максимальная глубина потенциальной ямы при $\text{GAIN-0} = 35 \text{ ke}$. Максимальная квантовая эффективность = 50%.

Поле зрения, определенное при помощи сервиса nova.astrometry.net, составило $35 \times 26'$. Предельная звездная величина на одиночном снимке в биннинге 2×2 с выдержкой 300 секунд на малых зенитных углах в безлунную ночь достигает 20.5 m. Угловое разрешение с камерой QHY9S-M составляет $0.63''/\text{pix}$ в биннинге 1×1 .

Для оценки качества получаемых изображений был получен ряд кадров скопления M67 с типичными для нас экспозициями: 3×60 , 3×120 , 3×300 , 3×600 секунд. Далее с целью определения фотометрической ошибки откалиброванные снимки обрабатывались программой Vast [5].

Худшие результаты показали изображения в фильтре В с экспозицией 60 секунд: ошибка 0.1 m для звезд 16 m. Лучшие - в фильтрах V, R с экспозицией 600 с: ошибка 0.1 m для звезд 18 m. Пример графика зависимости фотометрической ошибки от звездной величины для одиночного кадра в фильтре R с выдержкой 300 секунд (рис. 1).

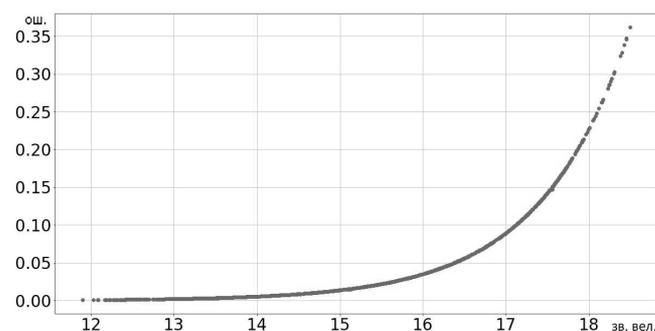


Рис. 1. Зависимость ошибки измерения яркости (ось Y) от звездной величины (ось X). Одиночный кадр в фильтре R с выдержкой 300 с

Характеристики CMOS-камеры QHY600M:

1. Размер пикселя $3.76 \times 3.76 \text{ мкм}$
2. Сенсор с обратной засветкой BSI
3. Количество пикселей 60 млн
4. Площадь кадра $24 \times 36 \text{ мм}$
5. Глубина потенциальной ямы 204 ke- в биннинге 2×2
6. Шум считывания от 1 e- до 3.7 e-
7. Темновой ток 0.0022 e-/p/s при -20°C

2.3. Новая система управления

Имеющаяся монтировка приводится в движение двумя идентичными приводами, каждый из которых включает 3 электродвигателя и 2 сельсина-датчика положения (грубый и точный). Для управления ими разработаны и изготовлены 2 модуля, каждый из которых обеспечивает все функции точного позиционирования, часового ведения и автогидирования по одной оси.

Модулями управляет одноплатный миникомпьютер по протоколу Modbus/RTU, стандартному для промышленной аппаратуры.

Двигатели монтировки имеют большой момент инерции (время разгона до максимальной скорости 36 секунд), поэтому был разработан специальный регулятор. Регулятор прямо во время движения рассчитывает тормозной путь от текущей точки и начинает контролируемое торможение, как только конечная точка тормозного пути оказывается поблизости от пункта назначения.

Для управления приводами и датчиками разработан модуль движения, состоящий из:

1. драйвера двигателя постоянного тока на 110 В, 10–15 А;
2. драйвера шагового двигателя на 27 В, 15 А, аналогичный драйверу ДПТ;
3. контроллера движения на процессоре STM32F103, включающего в себя:
4. два интерфейса RS-485 с гальванической развязкой;
5. аналоговую часть для подключения сельсина;
6. пять дискретных выходов изолированных;
7. восемь дискретных входов изолированных;
8. выходы для управления двигателями и входы датчиков тока;
9. питание 18–36 В изолированное;
10. встроенное ПО для управления по протоколу Modbus/RTU с автономным выполнением функции движения с заданной скоростью в заданную координату, разгона и торможения с учетом ограничений.

2.4. Система безопасности

Автоматизация наблюдений предъявляет повышенные требования к защите телескопа от множества факторов. Нами были реализованы следующие функции:

1. Блокировка движения телескопа в крайних механических положениях.

2. Блокировка движения телескопа при закрытой крыше.
3. Блокировка движения крыши при поднятом телескопе.
4. Автоматическое закрытие телескопа при осадках.
5. Автоматическое закрытие телескопа при наступлении дня.

Блокировка движения телескопа в крайних положениях исключает удар телескопа в пол, а также повреждения механической части, в случае выхода за предельно допустимую зону. Система блокировки собрана на независимой релейной логике, с применением бесконтактных индукционных датчиков, контролирующих движения по осям. При срабатывании датчика релейная логика отключает силовое питание приводов и телескоп останавливается. Для экстренного ручного отключения телескопа установлены кнопки типа «грибок».

Остальные защитные и часть управляющих функций обеспечиваются программируемым логическим контроллером ПЛК-100 фирмы Овен. Он используется для удаленного управления силовым питанием, управления крышей и для принудительной автоматической парковки телескопа при дожде и нештатных ситуациях. Сигнал о наличии дождя поступает с датчика осадков, установленного на крыше. Для защиты от сбоев предусмотрена кнопка ручной блокировки этого датчика.

Контроллер управляется отдельной программой, реализующей всю логику работы. Обмен данными осуществляется по протоколу Modbus TCP. Планируется связать систему безопасности с инфракрасным датчиком облачности и обеспечить автоматическую парковку телескопа и закрытие крыши при повышении температуры неба выше заданного предела, который будет определен эмпирически.

2.5. Программное обеспечение

При проектировании системы было решено использовать открытые и стандартные протоколы. Общение астрономических программ с аппаратурой «Синтез» происходит по стандарту ASCOM при помощи драйверов собственной разработки [6]. Также для ручного управления, настройки и отладки системы управления написана отдельная программа. В частности, с помощью этой программы задаются границы перемещений телескопа, параметры регулятора, а также доступны для просмотра показания всех датчиков и внутренние переменные контроллера. Создан веб-интерфейс, использующийся для «инженерного» управления устройствами.

Для полноценного управления телескопом с любого из компьютеров локальной сети «Синтеза» реализован протокол Alrasa с помощью платформы ASP.NET Core.

Это позволило сделать кроссплатформенный драйвер, работающий как на Windows, так и на Linux.

В настоящее время наблюдения производятся следующим образом:

1. Открывается крыша (с помощью кнопок, веб-интерфейса или NINA).
2. Включается питание монтировки (автоматически либо веб-интерфейс).
3. Телескоп распарковывается и наводится на исследуемый небесный объект (NINA, Cartes du Ciel, веб-интерфейс).
4. Включается часовое ведение (автоматически).
5. Получается пробный кадр (NINA).
6. Делается астрометрия полученного кадра с помощью *astrometry.net* или локального солвера (ASTAP, NINA).
7. Выполняется синхронизация телескопа с полученными координатами (автоматически, NINA).
8. В случае ошибки наведения телескоп перенаводится автоматически (NINA).
9. Включается гидирование (PhD2 через NINA).
10. Производится съемка наблюдаемого объекта (NINA).
11. Телескоп наводится на следующий объект (NINA).
12. По завершении съемки всех объектов производится парковка телескопа и нагрев камеры.
13. Крыша закрывается с помощью ПЛК-100 Овен по таймеру.

2.6. Автоматизация наблюдений

Наличие ASCOM-драйверов для всех устройств телескопа (для камер, фокусера и колеса они были сделаны производителями оборудования) дало возможность управлять телескопом и производить съемку с помощью множества разных программ: *Cartes du Ciel*, *NINA*, *MaximDL* и т.д. Наиболее подходящей для решения наших задач оказалась программа *NINA*, с помощью которой наблюдения производились в течении 2021 г. и производятся сейчас, в том числе удаленно.

Проведение астрономических наблюдений требует выполнения большого количества действий: открыть крышу, распарковать телескоп, сделать пробный кадр, определить реальное положение телескопа и скорректировать его при необходимости, произвести фокусировку, и только потом можно начинать съемку. Для съемки следующего объекта нужно перенавести телескоп, снова проверить его положение, скорректировать и начать съемку. *NINA* способна выполнять в автоматическом режиме лишь часть этих функций. В то же время известны системы, способные работать совсем без участия человека, например, *MASTER* [7]. Именно такой подход позволяет предельно эффективно использовать доступное наблюдательное время, поэтому возникает задача полной автоматизации «Синтеза».

Такую задачу можно решить, используя программу для наблюдения, которая имеет программный интерфейс для управления. *NINA* в настоящее время его не имеет, хотя работа ведется. Есть еще несколько систем, пригодных для автоматизации: *Kstars/EKOS*, *CCDCiel*, *AROM*, *Chimera*, *RTS2*, *Forte*, *LCO*. Для Синтеза выбрана *Forte* [8].

В конце 2021 г. удалось произвести автоматическую пробную съемку с помощью *Forte*. Были обнаружены некоторые несовместимости с нашей аппаратурой и драйверами, они устраняются.

Forte полностью решает задачу наведения и съемки, но не имеет функции планирования наблюдений. Ей, как и многим другим программам, требуется подать на вход готовую программу наблюдений, которую она исполнит. В случае ошибки требуется запускать наблюдение заново, но перед этим нужно скорректировать программу чтобы не выполнять заново уже реализованные задания. Значит, требуется написать программу-планировщик, которая будет анализировать условия наблюдения каждой цели и «на лету» выбирать оптимальную последовательность съемки, реагируя на поступающие задания и алерты.

Структура будущего автоматического телескопа такая:

1. Веб-интерфейс позволяет просматривать список заданий, вводить новые задания, редактировать уже созданные, но не начавшие выполняться, просматривать результаты выполнения задания. Для администраторов доступен полный список заданий и возможность менять приоритет, для обычных пользователей доступны только свои задания.
2. Программа-планировщик выбирает из списка заданий то, которое будет выполняться прямо сейчас, формирует задачу для *Forte* и контролирует состояние выполняемой задачи.
3. *Forte* обеспечивает выполнение наблюдательных задач, предварительную обработку и сохраняет отснятые кадры на диск,

На нижнем уровне всем оборудованием управляют драйверы *ASCOM/Alpaca*.

Планировщик для каждого из n заданий вычисляет функцию качества, показывающую предполагаемое качество выполнения задания, если оно начнется в момент времени t для текущего времени и начинает выполнять задание с наибольшим значением функции. Если при этом значении функции в текущий момент значительно меньше максимума, и максимум находится в недалеком будущем (ближайшая ночь), планировщик будет ожидать момента времени, когда значение функции будет близко к максимуму, при этом проверяется возможность выполнения задания со следующим меньшим значением функции.

В перспективе мы ориентируемся на применение какого-либо метода комбинаторной оптимизации с це-

люю потерять как можно меньше, а выполнить как можно больше заданий с требуемым качеством.

3. Наблюдения

Первая пробная научная работа, стартовавшая в конце 2020 г. — это программа астрометрических наблюдений спутников Урана и Нептуна совместно с ГАО РАН [9]. Цель работы — исследование динамики и внутреннего строения ледяных гигантов и их спутников.

Типичное время накопления — 45 с, проницание — 19 м. Снимки делались с включенной в экспериментальном режиме автогидирующей системой, что позволило компенсировать периодическую ошибку часового ведения.

Суммарно проведено более 170 наблюдений спутников Нептуна и более 500 — спутников Урана. Астрометрические ошибки — около 50 mas.

Весь год проводились фотометрические и астрометрические наблюдения малых тел Солнечной системы, данные отправлены в Международный центр малых планет (MPC) [10, 11].

В июне 2021 г. на протяжении трех ночей велся мониторинг послесвечения гамма-всплеска GRB 210610B. Объект идентифицирован, по результатам измерений обнаружено падение яркости с 17 до 21m в фильтре R [12]. Полученные кривые блеска указывают на возможную сверхновую. Наблюдения послесвечения гамма-всплесков продолжены в 2022 г. [13].

В ночь с 11 на 12 марта 2021 г. несколько часов изучалась площадка вблизи противосолнечной точки с целью проверки возможности обнаружения неизвестных астероидов. Обработка рядов изображений позволила выявить несколько объектов, данные по которым отсутствовали в базе центра малых планет (MPC).

Один из этих объектов был повторно найден 15 марта, что позволило уточнить его орбиту и отправить на регистрацию в MPC. Новый объект оказался астероидом главного пояса, ему присвоено временное обозначение 2021 EP5.

В связи с установкой новой камеры QHY600M и корректора-редусера, в 2022 г. организованы целенаправленные поиски неизвестных астероидов.

Параметры кадров, получаемых с новым приёмником и корректором:

- поле зрения 82x56 угловых минут
- предельное угловое разрешение 0,5"/px
- предельное проницание по астероидам за одну ночь 22m

Описание поисковой методики: 1. Выбирается точка для поиска вблизи противосолнечной точки с учетом работы крупных обзоров.

2. Делается максимально длинная серия кадров по 3 минуты в биннинге 2x2.

3. Кадры калибруются и складываются самописной программой в направлениях предполагаемого полета

астероидов с их ориентировочными скоростями.

4. Программа выдает списки известных астероидов и кандидатов в неизвестные, они проверяются в MPC и астрометрируются в Астрометрике.

5. Полученные координаты объектов оформляются по шаблону и отправляются в MPC. Достигнутый уровень автоматизации работ в сочетании с хорошим астрономическим климатом КраО позволил обнаружить около трёх десятков новых астероидов за два весенних новолуния 2022 г. Многие из них уже получили временные обозначения. По некоторым объектам наблюдения на «Синтезе» стали ключевыми для определения параметров их орбит — например, 2022 FA9 и 2022 EL15.

4. ПЕРСПЕКТИВЫ

По мере создания соответствующего программного обеспечения будет налажено взаимодействие с датчиком облачности, реализовано автовосстановление работоспособности системы при сбоях, настроена автоматическая калибровка и астрометрия кадров, выявление неизвестных объектов в автоматическом режиме.

Главным преимуществом «Синтеза» станет полная автоматизация: начало и завершение наблюдений по сигналам от метеодатчиков, возможность работы как по заранее заданному списку задач и алертам, так и онлайн-взаимодействие с веб-интерфейсом для удаленного доступа к телескопу.

Предполагаемая оптическая система главного телескопа — цельное параболическое или гиперболическое главное зеркало метрового размера с корректором и приёмником в прямом фокусе с абберациями, укладываемыми в размер пикселя 9 микрон в линейном поле зрения около 50 мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана, изготовлена и введена в эксплуатацию система управления телескопом метрового класса. Система может применяться для модернизации других инструментов, если монтажки используют двигатели постоянного тока, а с доработками и другие типы двигателей. В качестве датчиков положения могут использоваться сельсины или абсолютные энкодеры с интерфейсом SSI.

Ведется работа над полной автоматизацией инструмента, проведены первые тесты системы Forte, создается сайт телескопа и программа-планировщик заданий.

Введен в строй 350 мм телескоп, пригодный как для испытаний системы управления, так и для полноценной научной работы по фотометрии или астрометрии различных классов астрономических объектов.

Наблюдения на малом телескопе будут продолжены вплоть до создания метрового зеркала. В планах фотометрический мониторинг ряда активных ядер галак-

тик, катаклизмических переменных звезд, транзитов экзопланет, гамма-всплесков, фотометрические и астрометрические наблюдения астероидов, комет и спутников больших планет, поисковые работы.

Коллектив «Синтеза» приветствует сотрудничество с другими обсерваториями и приглашает коллег к реализации совместных наблюдательных программ.

-
- [1] Сычев В.В. // Наука и образование. 2015. № 2. С. 269.
[2] Basov N.G. et al. // The MMT and the Future of Ground-Based Astronomy. 1979. **385**. P. 185.
[3] Ustinov N.D., Vasilev A.S., Vysotskii Iu.P., Gutnikov B.Ia., Dukhopel I.I. // Optiko-Mekhanicheskaja Promyshlennost. 1985. **52**. P. 22.
[4] Nazarov S.V., Kharchenko A. V., Krivenko A. S. Modernization of the telescope «Sintez» at the CrAO RAS // Scientific conference of students and young scientists dedicated to the memory of Polina Evgenievna Zakharova «Astronomy and space exploration». 2021. P. 145.
[5] Sokolovsky K. V., Lebedev A. A. // Astronomy and Computing. 2018. **22**. P. 28.
[6] Horne, J. D. Imaging Automation // The Society for Astronomical Sciences 26th Annual Symposium on Telescope Science. Held May 22-24, 2007 at Big Bear, CA. Published by the Society for Astronomical Sciences., P. 103.
[7] Горбовский Е.С., Липунов В.М., Корнилов В.Г., Белинский А.А. и др. // Астрономический журнал. 2013. **90**, № 4. С. 267.
[8] Koupryanov V. ISON Data Ascusion and Analysis Software // Proc. 6th European Conference on Space Debris. – Darmstadt, Germany. Ed. By L. Ouwehand. 2013.
[9] Bikulova D.A., Nazarov S.V., Khovrichev M.Yu. Astrometric observations of Uranian and Neptunian satellites with the Pulkovo and Crimean observatory telescopes in 2020 // Scientific conference of students and young scientists dedicated to the memory of Polina Evgenievna Zakharova «Astronomy and space exploration». 2021. P. 89–92.
[10] Eglitis I., Cernis K., Nazarov S. et al. // Minor Planet Electronic Circulars. 2021. **2021-A190**.
[11] Novichonok A., Zhornichenko A., Nazarov S. et al. // Minor Planet Electronic Circulars. 2021. **2021-F20**.
[12] Pankov N., Nazarov S., Pozanenko A. et al. GRB 210610B: Sintez-Newton/CrAO optical observations // GRB Coordinates Network. 2021. 30988. P. 1.
[13] Nazarov S., Pozanenko A., Belkin, S., Pankov N., IKI GRB FuN. GRB 22051A: Sintez-Newton/CrAO optical upper limit // GRB Coordinates Network, Circular Service, may 2022. No. 32088.

Modernization of the Sintez telescope at the Crimean astrophysical observatory

S.V. Nazarov^{1,a}, A.V. Kharchenko^{2,b}

¹Crimean Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences
Russia, Republic of Crimea, Bakhchisaray district, town. Nauchnyi, 298409

²JSC "Center for new technologies in the electric power industry". Russia, St. Petersburg E-mail: ^aastrotourist@gmail.com,
^bharchenko@cntee.com

In 1978, the Sintez experimental telescope was put into operation at the Crimean Astrophysical Observatory (CrAO). The purpose of its creation was to develop technologies for segmented optics, as well as a system for controlling the spatial position of mirrors, including those with the ability to compensate for turbulence in the earth's atmosphere due to the rapid movement of each mirror along two axes.

At the beginning of 2018, a decision was made to restore it with the creation of new optics and a control system.

In 2021, the control system was made, and a temporary 350 mm telescope was fixed on the main tube of the telescope, which made it possible to start the first test and scientific observations.

Automation of observations imposes increased requirements on the protection of the telescope from many factors. Therefore, the authors implemented a number of protective functions that exclude emergency situations without human.

The upgraded telescope will allow solving a wide range of scientific tasks: to carry out photometry and astrometry of a wide range of objects, to carry out alert observations (gamma-ray burst afterglows, gravitational wave events) and search operations (asteroids and comets, novae and supernovae, transients, etc.).

In this paper, we present a detailed description of the new mount and roof control system and the first results of scientific observations with a temporary telescope.

PACS: 95.55.-n.

Keywords: astronomy, astrophysics, telescope, telescope building, segmented optics, control system.

Received 20 May 2022.

Сведения об авторах

1. Назаров Сергей Валентинович — науч. сотрудник; e-mail: astrotourist@gmail.com.

2. Харченко Алексей Владимирович — вед. инженер АО; тел.: (812) 336-50-31, e-mail: harchenko@cntee.com.