

УДК 523.532

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ ЦЕЙСС-1000 В СИМЕИЗЕ И САНГЛОХЕ, ИХ ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

Кохирова Г. И., Крючков С. В., Николенко И. В., Хамроев У. Х.,
Мулло-Абдолов А. Ш., Абдуллоев С. Х.

MODERNIZED ZEISS-1000 TELESCOPES IN SIMEIZ AND SANGLOKH, THEIR PAST AND PRESENT

Kokhirova G. I. *, Kryuchkov S. V. **, Nikolenko I. V. ***, Khamroev U. Kh. *,
Mullo-Abdolov A. Sh. *, Abdulloev S. Kh. *

* Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, 734042, Tajikistan

** Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 119017, Russia

*** Crimea Astrophysical observatory of the Russian Academy of Sciences, Nauchniy, 298409, Crimea, Russia

e-mail: niki63@yandex.ru

Abstract. The telescopes Zeiss-1000 were installed in several observatories in the former Soviet Union including Simeiz (Crimea) and Sanglokh (Tajikistan) in 1977-1985. The control systems of telescopes have become out of date. By this reason, the effectiveness of Simeiz telescope was decreased and the Sanglokh telescope was out a working state more than 25 years. Taking into account the significant importance of an operating of the telescopes for the further development of astronomical investigations in Russia and Tajikistan, the reconstruction and modernization of the telescopes have started in 2015. As a result began the modernization of the management system, the transfer to a new element base, as well as the new “First light” of the telescope Zeiss-1000 in Sanglokh was obtained in 2016. The results of base-line observations performed synchronously by telescopes of Simeiz and Sanglokh have shown their well consistency and agreement, and high potential of telescopes for observations of near-Earth objects.

Keywords: telescope, observatory, control system, modernization, reconstruction, base-line observations.

На предприятии “Carl Zeiss Jena” (ГДР), в 70–80 гг. прошлого века была выпущена серия телескопов Zeiss-1000 с зеркалом 1-метрового диаметра. Телескоп Цейсс-1000 с оптической системой Ричи-Кретьена-Куде имеет следующие характеристики:

– главное зеркало: свободное отверстие — 1016 мм; фокусное расстояние — 4064 мм.

– оптическая система Ричи-Кретьена: эквивалентное фокусное расстояние — 13 м; диаметр невиньетированного поля — 170 мм;

– оптическая система Куде: эквивалентное фокусное расстояние — 36,5 м; диаметр невиньетированного поля — 76 мм; диаметр вторичного зеркала — 294 мм.

Телескоп имеет искатель с фокусным расстоянием 750 мм, свободным отверстием 110 мм, полем зрения $1,4^\circ$ и гид с фокусным расстоянием 3000 мм, свободным отверстием 200 мм, полем зрения $21'$ (рис. 1).

Он смонтирован на английской монтировке, оснащённой приводами, позволяющими

Кохирова Гульчехра Исроиловна, чл-корр. АН РТ, д-р физ.-мат. наук, директор, ведущий научный сотрудник отдела межпланетных тел Института астрофизики Академии наук Республики Таджикистан (АН РТ); e-mail: Kokhirova2004@mail.ru.

Крючков Сергей Владимирович, ведущий инженер группы программного обеспечения и вычислительной техники Института астрономии Российской академии наук; e-mail: skruch@inasan.ru.

Николенко Игорь Владимирович, младший научный сотрудник Крымской астрофизической обсерватории РАН; e-mail: niki63@yandex.ru.

Хамроев Умеджон Ходжамкулович, научный сотрудник отдела межпланетных тел Института астрофизики Академии наук Республики Таджикистан (АН РТ); e-mail: Umed-1982@mail.ru.

Мулло-Абдолов Азиз Шерзодович, зам.директора по общим вопросам Института астрофизики Академии наук Республики Таджикистан (АН РТ); e-mail: aziz.sherzod@gmail.com.

Абдуллоев Сафарали Холмуродович, научный сотрудник Отдела межпланетных тел Института астрофизики Академии наук Республики Таджикистан (АН РТ); e-mail: a-bakhodur@mail.ru.

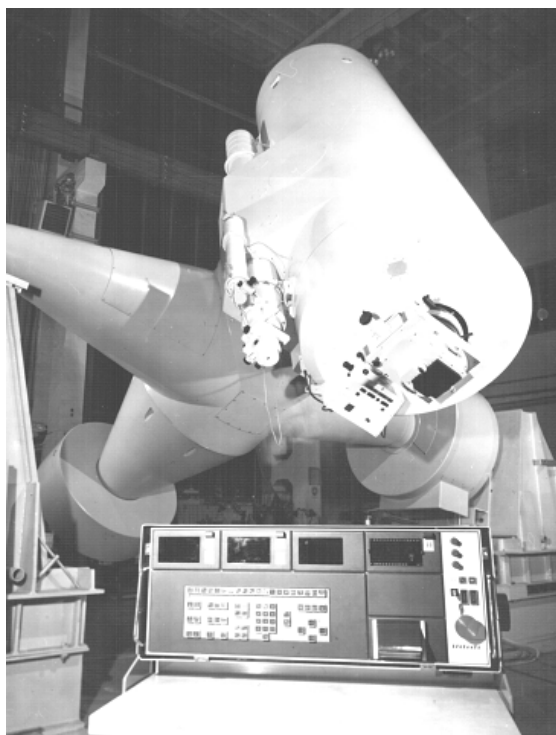


Рис. 1. Телескоп Zeiss-1000 с зеркалом 1-метрового диаметра

вращать телескоп по часовому углу и склонению с четырьмя дискретными скоростями, от $1'/\text{мин}$ до $120^\circ/\text{мин}$. Предусмотрен также отдельный привод для звездного ведения — $15'/\text{мин}$. $\pm 5\%$.

Несколько из этих телескопов были установлены на обсерваториях, находящихся на территории Советского Союза. Это САО (Зеленчук, Северный Кавказ), Санглох (Таджикистан), Майданак (Узбекистан), Тянь-шаньская обсерватория (Казахстан) и Симеиз (Крым) (рис. 2).

В 80-е гг. XX века Цейсс-1000 был установлен на Симеизской научной базе Астросовета АН СССР, расположенной в поселке Голубой Залив, вблизи Симеиза, на высоте 368 метров. Телескоп был смонтирован в башне, построенной в 1926 году для 1-м рефлектора английской фирмы "Grabbe", и реконструированной под установку Цейсс-1000 (рис. 3). Башня оборудована 8-ми метровым куполом, изготовленным Carl Zeiss Jena.

Наблюдения проводятся с 1988 г. Основная тематика того периода — позиционные и фотометрические наблюдения геосинхронных спутников, поисковые наблюдения крупных тел в метеорных и болидных потоках, позиционные наблюдения и фотометрия астероидов,

сближающихся с Землей, а также наблюдения по другим программам.

В 1977 г. на горе Санглох, на высоте 2300 м в Дангаринском районе Хатлонской области Республики Таджикистан в 90 км юго-восточнее г. Душанбе по результатам астроклиматических исследований было принято решение о создании обсерватории. Открытие новой горной астрономической обсерватории Санглох с новым телескопом, установленным под куполом 17-метровой башни, состоялось в 1980 г. (рис. 4). Интенсивные систематические наблюдения стали проводиться с 1981 г. В течение 1981–1991 гг. исследованы все основные системы телескопа, выполнено много серьезных наблюдательных работ, в том числе спектральные и поляриметрические, продолжено изучение астроклимата, выявившее сохранение его высоких качеств и после возведения 17-метровой башни телескопа. Установлено практическое отсутствие фотометрической ошибки поля, качество фотографических изображений составляло от 1 до 1.7 сек. дуги, отмечено хорошее совпадение инструментальной и стандартной систем. Объемы исследований являлись в основном переменные звезды, ядра активных галактик, кометы и астероиды [1–3].



Рис. 2. Башни метрового телескопа САО (Зеленчук, Россия) и Майданак (Узбекистан)



Рис. 3. Башня метрового телескопа в Симеизе в период реконструкции (1987 г.) и в настоящее время



Рис. 4. Башня Телескопа Zeiss-1000 МАОС в период строительства (1979 г.) и в настоящее время

В сентябре–декабре 1984 г. во время очередного приближения кометы Галлея к Солнцу ее первые снимки на фотопластинках были получены на Санглохе с помощью телескопа Цейсс-1000, в то время как ее не смогли найти с помощью 6-м телескопа [4].

Как показало знакомство с этими инструментами, есть небольшие отличия в узлах монтировки и трубы телескопа. Что касается управляющей системы телескопа фирмы “Vilati”, то они представляют собой модели на разной элементной базе. За время эксплуатации системы управления морально устарели и стали не пригодны для ремонта. Некоторые обсерватории своими силами начали их переделывать под новую элементную базу, так было, например, в САО в 1990-е гг.

Эта же участь постигла и инструмента расположенного на горе Кошка в Симеизе. С первых лет эксплуатации телескопа появились проблемы с управляющей системой “Vilati”, проявившиеся в периодических отказах в работе. Было принято решение переделать систему управления с использованием персонального компьютера. В 1992–93 гг. такая система была создана на основе 286-го компьютера и модулей КАМАК. Однако в ней оставалось большое количество узлов от старой системы, которые работали ненадежно. В 2000 г. она была заменена новой системой управления, разработанной в Институте астрономии РАН. В настоящее время система управления телескопом Цейсс-1000 включает в себя релейный шкаф от “Vilati”, персональный компьютер на базе процессора Intel Core 2, с блоком интерфейсных плат и комплекс управляющих программ.

Много проблем было из-за неудовлетворительной работы цейссовских 24-х разрядных абсолютных угловых датчиков, которые многократно подвергались ремонту. В 2007 г. были установлены новые, немецкой фирмы Kubler. Это абсолютный многооборотный энкодер с разрядностью 25 бит, что позволяет вводить координаты в компьютер с точностью не хуже 1" (реальная точность позиционирования ниже из-за механических характеристик телескопа). Связь энкодеров с компьютером осуществляется по последовательному интерфейсу RS-485.

Для выдачи управляющих сигналов и ввода информации с датчиков использованы адаптеры дискретного ввода-вывода для шины PCI фирмы ICP DAS. Адаптеры имеют

высокую нагрузочную способность по выходным линиям, что позволяет управлять реле без дополнительных согласующих устройств. Оптроны, стоящие на входах, позволяют подключать устройства удаленные более чем на 20 м. Это позволяет подключать датчики положения непосредственно к адаптерам и исключить из системы последовательный интерфейс датчиков.

Блок пусковых реле и часового ведения оставлен от “Vilati” и модернизирован частично. В нем заменен генератор часового ведения. Для синхронизации времени используется GPS приёмник Trimble Accutime.

Для управления телескопом написана программа на языке Delphi. Программа работает под Windows 9X, 2000, XP и имеет удобный пользовательский интерфейс (рис. 5). Программа осуществляет индикацию на мониторе всемирного и звездного времени, координат наведения телескопа (часовой угол, прямое восхождение, склонение и зенитное расстояние). Опрос и индикация датчиков положения производится раз в 200 мс. Оператор, нажимая соответствующие кнопки, может управлять движением телескопа с разными скоростями, включать часовое ведение, фокусировать телескоп, управлять движением купола. Предусмотрено управление телескопом и с пульта Кассегрена. Программа осуществляет блокировку движения телескопа в случае возникновения опасных ситуаций и информирует об этом оператора.

Система управления постоянно улучшается и превосходит по своим сервисным возможностям оригинальную систему на базе Vilati. В частности, реализованы ведение журнала наблюдений с фиксацией времени и координат телескопа в файл, автоматическое позиционирование телескопа по координатам. Было синхронизировано движение купола с телескопом.

В связи с невозможностью замены устаревших к сегодняшнему дню компьютера с адаптером дискретного ввода-вывода для шины PCI снова возникла необходимость очередного этапа модернизации системы управления. Причем сделать систему более гибкой и подобной, как было уже сделано, к этому времени, на телескопе расположенным на горе Санглох, в Таджикистане. В этом году подобную систему уже начали делать на Симеизском Цейсс-1000. Основные цели новой модернизации — это уменьшение количества

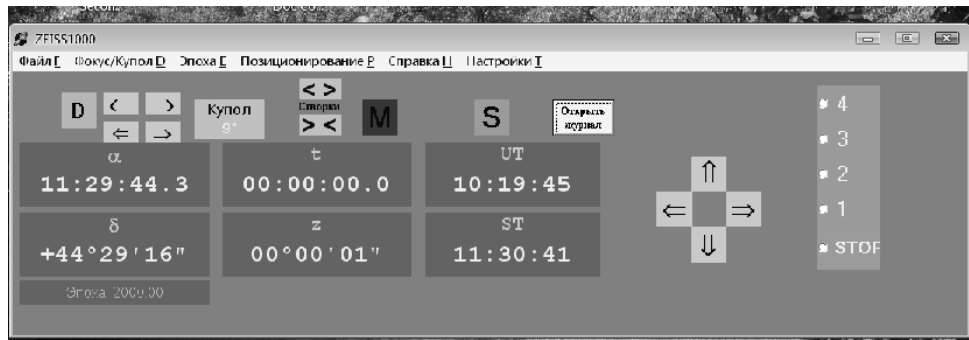


Рис. 5. Пользовательский интерфейс управляющей программы

реле, что увеличит надежность системы, переход с параллельного интерфейса на Ethernet, что позволит управлять телескопом с любого компьютера в локальной сети, а в последствии и удаленное управление через Интернет, стандартизация программного обеспечения.

В начале 90-х гг. прошлого столетия в связи с известными событиями, система управления движением телескопа в Таджикистане была выведена из строя. В таком нерабочем состоянии телескоп находился более 20 лет. Кроме того, за это время произошел революционный переход астрономических наблюдений от использования фотопластинок и фотопленок на цифровые методы регистрации света. Повсеместно в мире в качестве приемников излучения стали использоваться камеры с ПЗС матрицами (CCD), которые позволили значительно повысить эффективность телескопов, а также существенно ускорить получение и обработку астрономических данных. В марте 2015 г. Президиум АН РТ на основе ходатайства Института астрофизики принял решение о восстановлении телескопа и его модернизации. В апреле 2015 г. было проведено обследование состояния телескопа и в сентябре 2015 г. и марте–апреле 2016 г. уже выполнены основные работы, связанные с восстановлением и модернизацией 1-м телескопа Международной астрономической обсерватории Санглох (МАОС).

При восстановлении системы управления телескопом был использован опыт, полученный при модернизации телескопа в Симеизе. Однако была применена более совершенная элементная база.

В процессе восстановления системы управления были заменены новыми неисправные пускатели электродвигателей телескопа. Для управления силовой частью использова-

ны микроконтроллерные модули Kernelchip Laurent-112, содержащие управляемые реле и имеющие интерфейс Ethernet. Наличие Ethernet позволяет включить контроллеры в локальную сеть, что дает возможность управлять телескопом с любого компьютера в сети, а впоследствии — через Интернет.

Для компенсации суточного вращения Земли используется двигатель звездного ведения, работающий от частоты 50,14 Гц. Эта частота задается с помощью частотного преобразователя Siemens. Предусмотрена также возможность переключения на сетевую частоту (50 Гц).

Для определения положения телескопа использованы абсолютные многооборотные энкодеры Kubler. Они подключены к компьютеру по интерфейсу RS-485, обеспечивающему надежную связь с компьютером на расстоянии в несколько десятков метров.

При опускании трубы телескопа ниже горизонта, а также при столкновении с северным пилоном возможно повреждение телескопа. Для предотвращения этого существует узел ограничений положений телескопа. Узел представляет собой прозрачный цилиндр, движущийся синхронно с телескопом благодаря сельсинам, связанными с приводами осей. Цилиндр покрыт непрозрачной маской в местах, соответствующих опасным положениям и снабжен оптопарой. При затемнении фотодиода движение телескопа выключается. Этот узел также был модернизирован. Лампа накаливания в оптопаре была заменена более надежным светодиодом. Вместо контроллера собранного на дискретных элементах и реле использован микроконтроллерный модуль Arduino Uno, который отключает двигатели телескопа и передает информацию о входе в опасную зону на управляющий ком-



Рис. 6. Пользовательский интерфейс программы управления

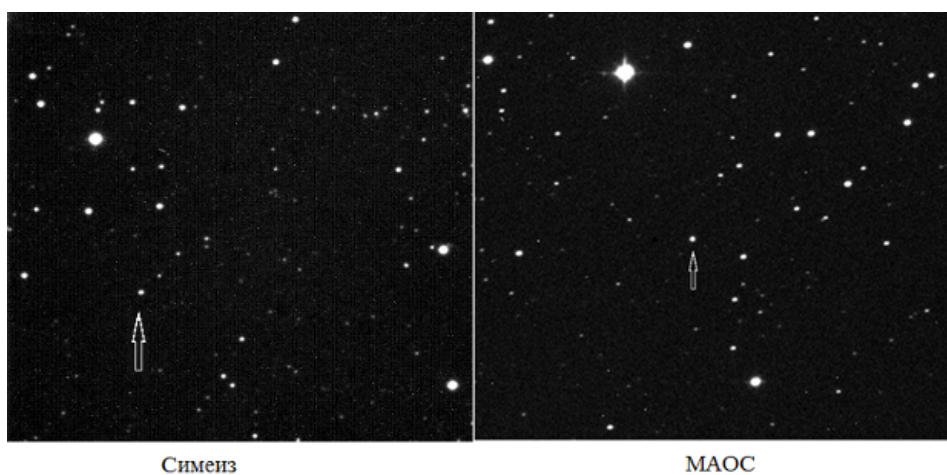


Рис. 7. Астероид 2005UP156 во время наблюдений в Симеизе 10 августа и на Санглохе 13 августа 2017 г.

пьютер. Таким образом, защита организована на двух уровнях — программном и аппаратном.

Для управления узлами телескопом разработана программа управления ZEISS1000_S, работающая на персональном компьютере с операционной системой Windows 7. Программа отображает координаты точки, куда смотрит телескоп — часовой угол, прямое восхождение, склонение, зенитный угол, а также всемирное и звездное время. Программа позволяет управлять движением телескопа, включать и выключать звездное ведение, открывать и закрывать заслонку зеркала, управлять фокусировкой. Кроме того, предусмотрено позиционирование телескопа на выбранные координаты. В будущем планируется включить дополнительные функции. Программа написана на языке DELPHI и имеет удобный пользовательский интерфейс (рис. 6).

Для правильного позиционирования телескопа требуется точное время. Для привязки времени используется GPS-приемник Trimble Resolution-T, который позволяет привязывать системное время компьютера с точностью до 1 мс.

Также была модернизирована сеть электропитания телескопа. Установлены модули грозозащиты, что значительно снижает риск выхода из строя электронных модулей телескопа и навесного оборудования во время грозы. В конце апреля 2016 г. на телескопе Цейсс-1000 проведены первые наблюдения и получен новый «первый свет» после его полной реконструкции [5].

Совместные работы по созданию новых систем управления этих телескопов послужили для дальнейшего укрепления и расширения международного сотрудничества между обсерваториями и государствами. Выполнены

совместные и синхронные наблюдения астероидов, сближающихся с Землей (рис. 7), с помощью двух телескопов в Симеизе и Санглохе, полученные результаты астрометрической и фотометрической обработки показали хорошую совместимость и высокую эффективность телескопов Цейсс-1000 после реконструкции и модернизации.

Литература

1. *Kiselev N.N., Maksumov M.N., Shcheglov P.V.* The 1 m RCC telescope of the mountain Sanglok observatory // *Jena Review*. 1988. Vol. 33. No. 2. P. 88–89.
2. *Сатыволдиев В., Иркаев Б.Н., Юферева А.О.* Исследования фотографических свойств метрового телескопа обсерватории Санглох // *Бюлл. Ин-та астрофизики АН Тадж.ССР*. 1989. № 78. С. 3–9.
3. *Киселев Н.Н., Рахимов В.Ю., Сиклицкий В.И., Чернова Г.П.* Атмосферная экстинкция на обсерватории Санглох // *Бюлл. Ин-та астрофизики АН Тадж.ССР*. 1989. № 78. С. 65–68.
4. *Галиева З.А., Герасименко С.И., Киселев Н.Н., Логинова Е.М., Чернова Г.П.* Позиционные наблюдения на 1-м RCC телескопе // *Бюлл. Ин-та астрофизики АН Тадж.ССР*. 1989. № 78. С. 62–64.
5. *Кохирова Г.И., Рахими Ф., Крючков С.В., Николенко И.В., Мулло-Абдолов А.Ш., Хамроев У.Х., Абдуллоев С.Х.* Новый «Первый свет»

телескопа Цейсс-1000 международной астрономической обсерватории Санглох // *Известия АН РТ. Отделение ФМХГТН*. 2016. № 1(162). С. 59–69.

References

1. *Kiselev N.N., Maksumov M.N., Shcheglov P.V.* The 1 m RCC telescope of the mountain Sanglok observatory. *Jena Review*, 1988, vol. 33, no. 2, pp. 88–89.
2. *Satvoldiev V., Irkaev B.N., Yuferev A.O.* Investigation of photographic properties of 1 m telescope of Sanglokh. *Bull. Inst. of Astrophys., Ac. Sci. of Taj.SSR*, 1989, no. 78, pp. 3–9. (In Russian)
3. *Kiselev N.N., Rakhimov V.Yu., Siklitskiy V.I., Chernova G.P.* Atmospheric extinction at Sanglokh observatory. *Bull. Inst. of Astrophys., Ac. Sci. of Taj.SSR*, 1989, no. 78, pp. 65–68. (In Russian)
4. *Galieva Z.A., Gerasimenko S.I., Kiselev N.N., Loginova E.M., Chernova G.P.* Positional observations by 1 m RCC telescope. *Bull. Inst. of Astrophys., Ac. Sci. of Taj.SSR*, 1989, no. 78, pp. 62–64. (In Russian)
5. *Kokhirova G.I., Rakhimi F.K., Kryuchkov S.V., Nikolenko I.V., Mullo-Abdolov A.Sh., Khamroev U.Kh., Abdulloev S.Kh.* New “First light” of the Zeiss-1000 telescope of the International astronomical observatory Sanglokh. *Izv. AN RT. Ot-delenie fiz.-mat., chim., geol. i techn. nauk*, 2016, no. 1(162), pp. 59–69. (In Russian)

© Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества, 2017

© Кохирова Г. И., Крючков С. В., Николенко И. В., Хамроев У. Х., Мулло-Абдолов А. Ш., Абдуллоев С. Х., 2017

Статья поступила 30 ноября 2017 г.