

Об опыте создания компьютеризированной системы наведения телескопа



Астрономическое
образование

2026, № 2

Д. В. Морозов^{*1}, К. К. Севастьянов², Е. Е. Городов³

¹Сергиево-Посадский физико-математический лицей

²Московский физико-технический институт

³Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Аннотация

В статье описан опыт создания компьютеризированной системы наведения телескопа усилиями членов астрономического кружка Сергиево-Посадского физико-математического лицея. Система разработана для телескопа-рефлектора на экваториальной монтировке. Показано, что возможно создание относительно дешёвой системы, обладающей всем необходимым для проведения учебных астрономических наблюдений функционалом.

Образование и технологии

Ключевые слова:

астрономические наблюдения, автоматизация телескопа, экваториальная монтировка, астрофотография, школьный астрономический кружок

Сокращения:

ГНСС (GNSS) — глобальная навигационная спутниковая система;
OLED — органический светодиод;
PETG — полиэтилентерефталат-гликоль

1. Введение

В Сергиево-Посадском физико-математическом лицее уже несколько лет действует астрономический кружок. Занятия проводят преподаватели и выпускники лицея; формат занятий варьируется от лекций до выездных наблюдений. Участники учатся работать с астрономическим оборудованием, самостоятельно наблюдать Луну, планеты, звёзды и объекты глубокого космоса. Наблюдения проводятся на территории лицея и на площадках Сергиево-Посадского городского округа с небольшим световым загрязнением, расположенных вдали от крупных населённых пунктов, в т. ч. в одной из самых высоких точек района. Среди учащихся всё большую популярность приобретают астрофотография и соларография.

На выездных занятиях используется телескоп-рефлектор Ньютона Celestron Omni XLT 150 на экваториальной монтировке EQ3. Компьютеризированные системы наведения, которые получили широкое распространение в среде астрономов-любителей, позволяют быстро находить объекты на небе (например, из каталогов Мессье и NGC/IC) и сопровождать их, компенсируя суточное вращение Земли. Такое сопровождение необходимо, в частности, при астрофотографии с длительными выдержками [1].

После нескольких выездных занятий члены кружка поставили задачу самостоятельно создать удобную систему автоматического наведения телескопа. Целью проекта стало создание системы с лучшим по сравнению с коммерческими аналогами соотношением «цена — качество», но с функциями наиболее продвинутых систем.

Проект выполнили двое учащихся 10-го и 11-го классов лицея под руководством выпускника, студента МФТИ. Рабочий прототип был создан в 2022–2023 годах. Тестирование системы проводилось на нескольких выездных занятиях в мае–августе 2023 года; система успешно функционирует на наблюдательных занятиях в настоящее время.

Компьютеризированная система наведения получила название KiVASTRO. Поскольку её разрабатывали для имевшегося телескопа, она предназначена для экваториальной монтировки. К настоящему моменту уже практически завершена адаптация системы и к альт-азимутальной монтировке.

*morozkodv@mail.ru

Поступило в редакцию	23.05.2026
После доработки	15.06.2026
В печать	07.08.2026
Опубликовано	12.08.2026

ISSN 3033-7917
journal.astroedu.ru

2. Требования к системе и сравнение с аналогами

С точки зрения пользователя система должна удовлетворять следующим требованиям:

- управление с пульта (контроллера), а также с компьютера или телефона по кабелю, Wi-Fi или Bluetooth;
- интерфейс, интуитивно понятный астроному-любителю;
- наведение по координатам и автоматическое сопровождение объекта.

В таблице 1 представлены основные характеристики системы KiVASTRO в сравнении с четырьмя известными аналогами. Системы Celestron NexStar и Sky-Watcher SynScan GOTO — профессиональные, остальные системы — любительские.

3. Устройство системы

Система автоматического наведения включает три части:

- *программную* — прошивка контроллера, база данных небесных тел с координатами и краткими сведениями об объектах;
- *электронную* — контроллер привода и пульт ручного управления;
- *электромеханическую* — моторы с креплениями и редуктором, обеспечивающие поворот телескопа.

Электронная часть (рис. 1) состоит из микроконтроллера ESP32 с поддержкой Wi-Fi и Bluetooth, драйверов двигателей, блока питания и приёмника GNSS. Приёмник служит для определения времени, а в версии для альт-азимутальной монтировки — также координат. Эти компоненты размещены в корпусе контроллера привода.

Пульт управления содержит контроллер клавиатуры, клавиатуру с подсветкой и экран. Принципиальная электрическая схема приведена на рис. 2. Программное обеспечение разработано на языке C++; сведения о разработке устройств на основе ESP32 приведены, например, в [2].

3.1. Подготовка к наблюдениям и алгоритм наведения

Перед началом наблюдений при помощи искателя полюса ось монтировки направляют на полюс мира. Затем телескоп вручную, кнопками со стрелками на пульте, наводят на выбранную опорную звезду из каталога. Так система координат привода монтировки привязывается к экваториальной системе координат, после чего телескоп может автоматически наводиться на объекты каталога.

Координаты небесных объектов берутся из доступных баз данных. Углы поворота телескопа по прямому восхождению и склонению рассчитываются с применением формул сферической тригонометрии для параллактического треугольника. Для вычисления часового угла определяется звёздное время [3]. Точное время поступает от приёмника GNSS; его также можно установить с телефона по Wi-Fi или Bluetooth либо вручную с пульта.

3.2. Механическая часть и изготовление

Труба телескопа поворачивается шаговыми двигателями типоразмера NEMA 17 посредством зубчатременной передачи (рис. 3); принцип работы шаговых двигателей описан в [4].

При разработке поворотного механизма основную трудность представляло создание креплений для моторов, осуществляющих повороты. Такие крепления должны надёжно фиксировать двигатели на корпусе монтировки, поддерживать натяжение зубчатого ремня и быстро устанавливаться на монтировку. Нами использовались зубчатые шкивы GT2-6 с 16 и 40 зубьями и посадочными отверстиями диаметром 5 и 6.35 мм соответственно, а также зубчатый ремень GT2-6 стандартной длины.

Передаточное число редуктора монтировки по склонению составляет 1 : 67, по прямому восхождению — 1 : 132. Мотор совершает один оборот за 400 полных шагов, драйвер дополнительно делит каждый шаг на 16 микрошагов. Программную дискретность наведения можно оценить в 1".

Крепления и корпуса изготовлены на 3D-принтере. Кнопки напечатаны двумя цветами пластика, то есть надписи выполнены не краской, а «пропечатаны». Печать одного комплекта деталей занимает от 15 до 22 часов; расходуется около 500 г PETG-пластика.

Прототип системы управления собирали на макетной плате, а окончательный монтаж компонентов выполнили на печатной плате собственной трассировки (рис. 4).

Внешний вид системы показан на рис. 5, а крепления в рабочем состоянии — на рис. 6. Видеодемонстрация работы одной из ранних модификаций системы доступна на размещена в [5].

Размеры монтировок различаются, поэтому для каждой модели требуется своё крепление. Наиболее часто в практике кружка используются экваториальные монтировки EQ3 и EQ5.

Таблица 1. Сравнительный анализ систем наведения телескопа и разработанной учащимися системы KiVASTRO

Характеристика	KiVASTRO	EQDrive	OnStep	Celestron NexStar	Sky-Watcher SynScan GOTO
Поддерживаемые монтировки	Экват.	Экват. и азимут.	Экват. и азимут.	Азимут.	Экват. и азимут.
Управление с телефона	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Тип управления	Пульт, приложение	Пульт	Пульт, приложение	Пульт, приложение	Пульт, приложение
Число объектов в базе данных	25 000	—	25 000	38 000	43 500
Автоматическое сопровождение	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Вывод информации	Экран, приложение	Приложение	Экран, приложение	Экран, приложение	Экран, приложение
Примерная стоимость, руб. (2023)	6 000	30 000	15 000	68 000	75 000

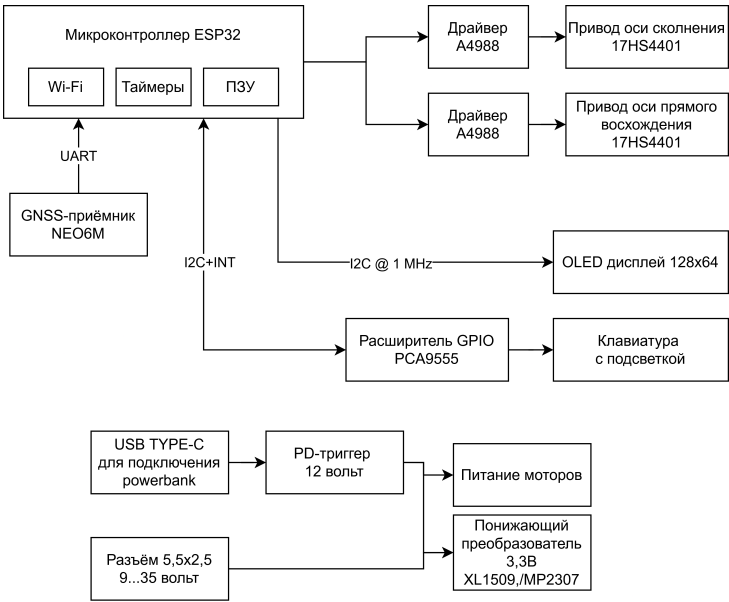


Рис. 1. Структурная схема компьютеризированной системы наведения телескопа KiVASTRO

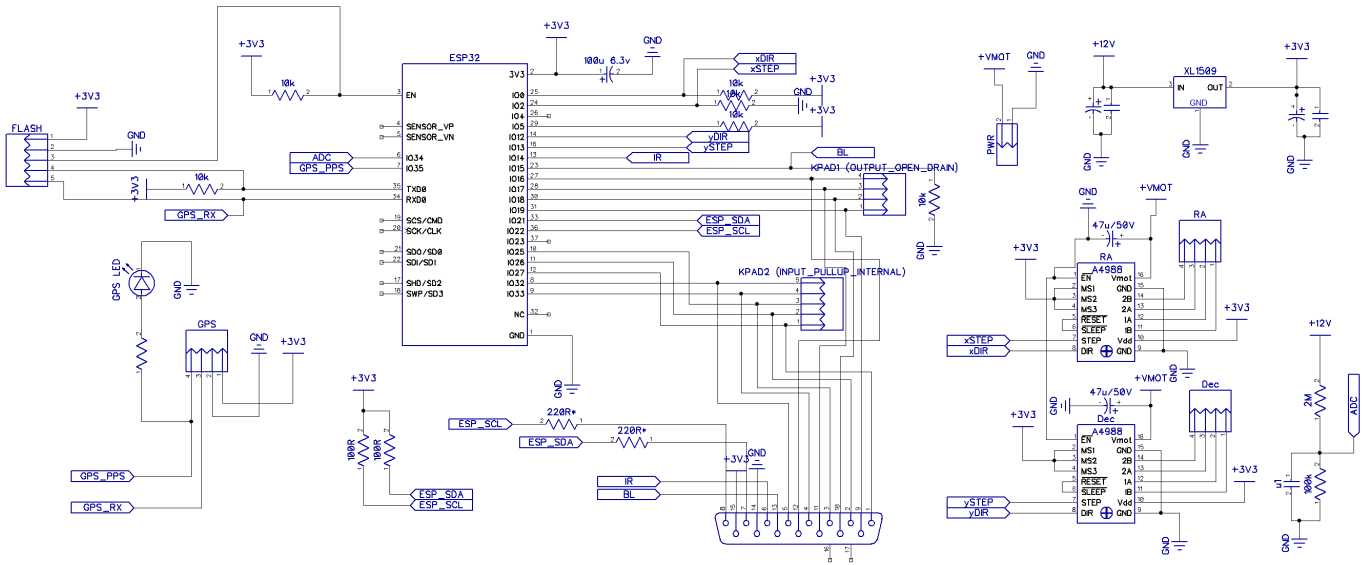


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема системы наведения телескопа KiVASTRO

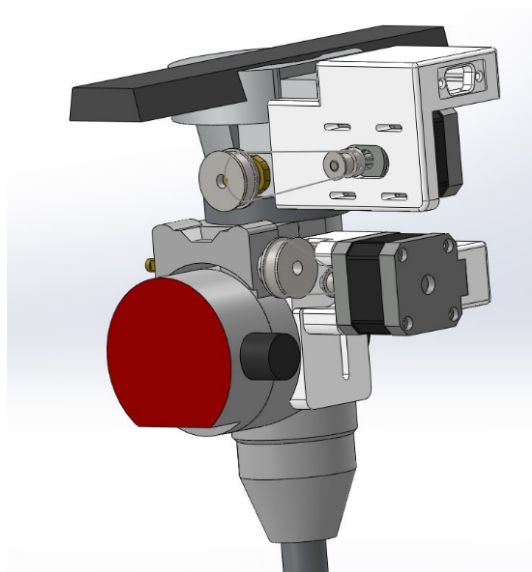


Рис. 3. Поворотный механизм с шаговым двигателем и зубчатой передачей

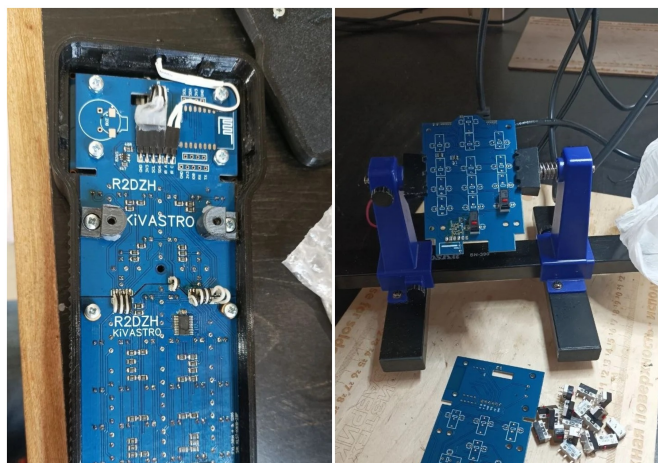


Рис. 4. Макетная и печатная платы пульта управления

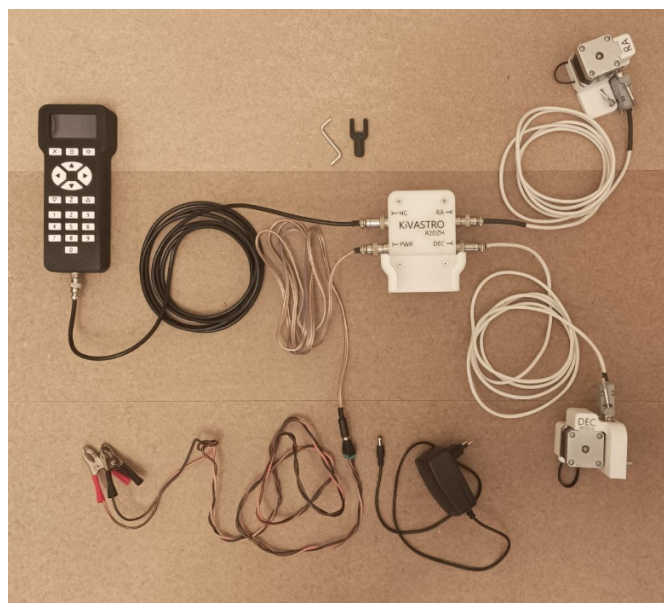


Рис. 5. Комплект компьютеризированной системы наведения

4. Стоимость и испытания

Общая стоимость компонентов KIVASTRO в ценах 2023 года составляла около 6000 рублей. Более половины этой суммы приходилось на OLED-дисплей с диагональю 2.42 дюйма, два шаговых двигателя 17HS4401 и PETG-пластик. Если отказаться от пульта и управлять системой со смартфона, стоимость и размеры системы уменьшаются. В оценку не включены трудозатраты на разработку и изготовление.

При испытаниях (рис. 7) система корректно выполняла команды. На рис. 8 показаны астрофотографии, выполненные при помощи телескопа Celestron Omni XLT 150 и фотоаппарата Nikon D5100. Точности ведения хватает на 30-секундную выдержку.

5. Заключение

Опыт проекта показывает, что учащиеся астрономического кружка под руководством более опытного наставника могут разработать и изготовить работоспособную компьютеризированную систему наведения телескопа. Разработанная система используется на учебных наблюдениях, поддерживает наведение по каталогу и сопровождение объектов и может управляться с пульта или смартфона. При относительной дешевизне система может обладать широким функционалом и надёжно работать в течение длительного периода времени.

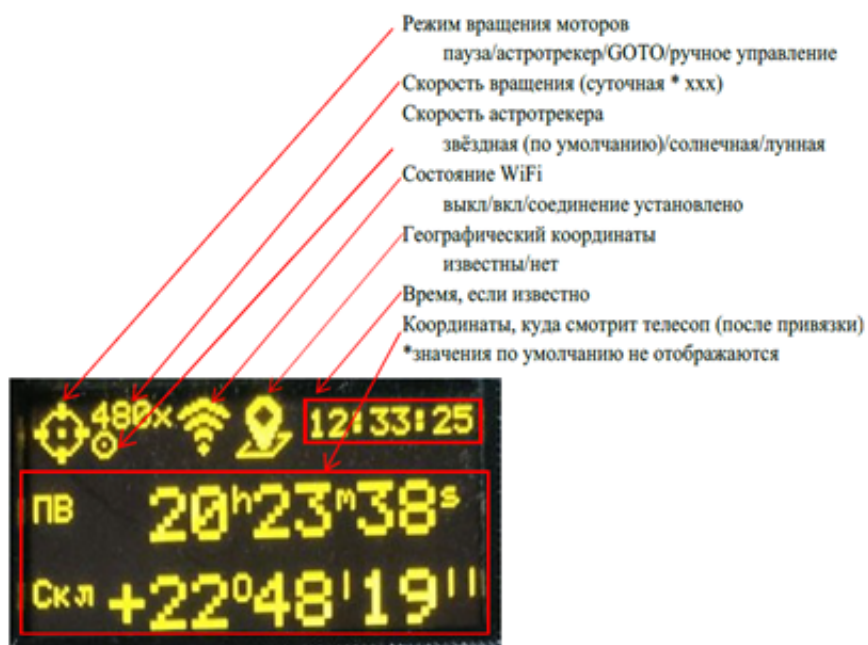
Список литературы

- [1] Небо и телескоп / под ред. В. Г. Сурдина. Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. 424 с. ISBN 978-5-9221-0844-7.
- [2] Cameron N. Электронные проекты на основе ESP8266 и ESP32 : Создание приложений и устройств с поддержкой Wi-Fi / пер. Ю. В. Ревич. Москва : ДМК Пресс, 2022. 456 с. ISBN 978-5-93700-141-2.
- [3] Montenbruck O., Pfleger T. Астрономия на персональном компьютере / пер. А. Сергеева, А. Телова. 4-е изд. Санкт-Петербург : Питер, 2002. 320 с. (Библиотека программиста). ISBN 5-318-00223-4.
- [4] Acarnley P. Stepping Motors : A Guide to Theory and Practice. 4-е изд. London : Institution of Electrical Engineers, 2002. 159 с. (IEE Control Engineering Series ; 63). ISBN 978-0-85296-417-0.
- [5] Демонстрация работы системы наведения телескопа KIVASTRO / Яндекс Диск. URL: <https://disk.yandex.ru/i/ILFVTjmm30BSig>.

Астрономическое образование, 2026. Материал предоставлен на условиях лицензии Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 (С указанием авторства — С сохранением условий). Разрешено свободно делиться (обмениваться) — копировать и распространять материал на любом носителе и в любом формате в любых целях, включая коммерческие; адаптировать (создавать производные материалы) — делать ремиксы, видеоизменять и создавать новое, опираясь на этот материал в любых целях, включая коммерческие; при условии обеспечения соответствующего указания авторства, предоставления ссылки на лицензию и обозначения изменений, если таковые были сделаны. Производные материалы должны распространяться на таких же условиях.



Рис. 6. Крепления приводов: слева — по склонению, справа — по прямому восхождению



а)



б)

Рис. 7. Испытания KivASTRO: а) экран пульта с параметрами наведения; б) проверка системы во время ночных наблюдений

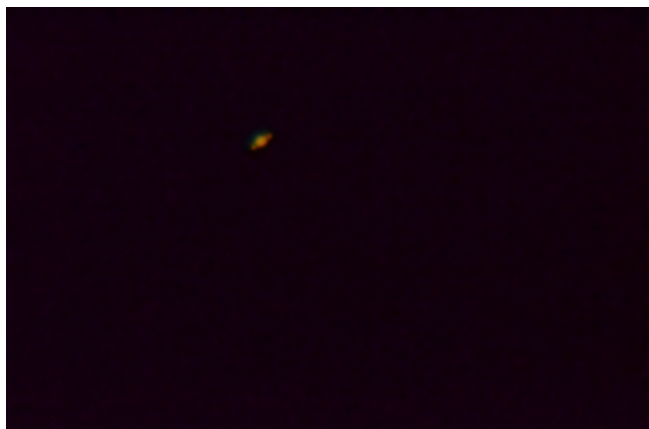


Рис. 8. Примеры астрофотографий, выполненных с сопровождением объектов системой KivASTRO