



Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение Московской области «Сергиево-Посадский физико-математический лицей»

Компьютеризированная система наведения телескопа

Работу выполнил:

Городов Егор, ученик 11 класса

ГБОУ МО СП ФМЛ, г. Сергиев Посад

Научный руководитель:

Морозов Дмитрий Валерьевич,

учитель физики высшей квалификационной категории ГБОУ МО СП ФМЛ

г. Сергиев Посад, 2023-2024 гг.

Оглавление

1. Введение.....	2
1.1 Аннотация	2
1.2 Актуальность.....	2
1.3 Проблематика.....	2
1.4 Постановка целей	2
1.5 Постановка задач	3
1.6 Целевая аудитория.....	3
1.7 Основные принципы, использованные при работе над проектом.....	3
1.8 Уникальность, обзор аналогов	4
2. Теоретическое введение.....	5
2.1 Монтировка	5
2.2 Трекинг телескопа	5
2.3 Основные принципы устройства разрабатываемой системы.....	6
3. План-график работы.....	7
4. Экономическое обоснование.....	8
5. Подведение итогов	10
5.1 Результаты работы.....	10
5.2 Перспективы развития проекта	10
6. Библиографический список.....	11
7. Приложение А.....	12
8. Приложение Б.....	13
9. Приложение В.....	14

1. Введение

1.1 Аннотация

Данная работа направлена на создание рабочего прототипа системы автонаведения телескопа на небесные тела. Основной задачей проекта является создание такой системы, соотношение цена/функционал которой будет меньше, чем у аналогичных проектов, при этом она должна включать в себя функции наиболее продвинутых систем. Система автонаведения телескопа включается в себя: программную часть (прошивка контроллера, база данных небесных тел), электрическую схему, контроллер для ручного управления и крепления для моторов, при помощи которых осуществляется вращение самого телескопа.

1.2 Актуальность

Многие обладатели телескопов невольно задумываются, что было бы гораздо удобнее наблюдать за звездами, если бы телескоп обладал автоматической системой наведения, которая бы облегчила его использование.

1.3 Проблематика

При выезде на ночные наблюдения много времени уходит на наведение телескопа на объект (галактика, туманность и т.п.), необходимо постоянно крутить ручки, чтобы объект не уходил из поля зрения, что занимает время, которое могло быть использовано для самого исследования. Заводские системы стоят дорого за счёт переплаты за бренд, а в самодельных аналогах нет большинства функций, необходимых для комфортной работы.

1.4 Постановка целей

Создать бюджетную систему автонаведения телескопа на наблюдаемые объекты в целях сокращения времени его настройки.

1.5 Постановка задач

- Определить перечень минимально необходимого оборудования;
- Собрать базу данных небесных тел;
- Провести математические расчеты для наведения телескопа на объекты;
- Разработать электрическую схему;
- Собрать прототип системы наведения;
- Протестировать работу собранной системы;
- Дополнить схему и код по результатам испытаний;
- Рассчитать размеры и форму креплений для разрабатываемого телескопа;
- Распечатать, протестировать и исправить неточности в креплении;
- Провести тестирование всей системы при реальном наблюдении за звездами
- Придать получившемуся продукту товарный вид
- Провести экономические расчеты
- Сделать готовый продукт для его дальнейшей реализации

1.6 Целевая аудитория

Проект направлен на всех, у кого есть телескоп: любители разного уровня, люди, увлекающиеся астрофотографией, школьные кружки и так далее.

1.7 Основные принципы, использованные при работе над проектом

- простота изготовления;
- невысокая стоимость;
- удобство использования.

1.8 Уникальность, обзор аналогов

Таблица 1. Сравнительный анализ

	MountKiV	EQDrive	OnStep	Celestron NexStar	Sky-Watcher SynScan GOTO
Поддерживаемые монтировки	Экваториальная (+ Альт-азимутальная в разработке)	Экваториальная Старшие модели - экваториальная и альт-азимутальная	Экваториальная Альт-азимутальная	Альт-азимутальная Есть встроенный в монтировку вариант	Альт-азимутальная, экваториальная Есть встроенный в монтировку вариант
Взаимодействие со телефоном/компьютером	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Тип управления	Через приложение (win/linux/android/ios) по Wi-Fi Через приложение по проводу (com/usb) Через ручной контроллер	Через приложение (win/linux/android/ios) по Wi-Fi Через приложение по проводу (com/usb) Через ручной контроллер Ручной контроллер-джойстик	Через приложение по проводу, bluetooth, Wi-Fi Ручной контроллер-джойстик	Через приложение (win/linux/android/ios) по Wi-Fi при покупке дополнительного модуля Через приложение по проводу (com/usb) Через ручной контроллер	Через приложение (win/linux/android/ios) по Wi-Fi при покупке дополнительного модуля Через приложение по проводу (com/usb) Через ручной контроллер
Количество объектов в БД	25 000	Нет	25 000	38 000	43 000
Цена за продукт	5 000 Р - 7 000 Р себестоимость материалов 12 000Р - 13 000 Р готовый вариант	10 000 Рсамоу себестоимость 25 000 Р - 35 000Р готовый вариант	13 500 Р	68 000 Р	75 000 Р
Трекинг за объектами	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Количество кнопок	19: 10 цифирных, 2 (вверх-вниз), 3 функциональные, 4 управление	5: Джойстик (многофункциональная центральная кнопка)	7: Джойстик + 2 дополнительные стрелки	19: 10 цифирных, 2 (вверх-вниз), 3 функциональные, 4 управление	19: 10 цифирных, 2 (вверх-вниз), 3 функциональные, 4 управление
Вывод текущей информации	Экран контроллера (знакосинтез/графический) Приложение	Нет/Приложение	Экран контроллера (oled) Приложение	Экран контроллера (знакосинтез) Приложение	Экран контроллера (знакосинтез) Приложение

Сравнив характеристики разрабатываемой автоматической системы наведения телескопа с аналогами, можно сделать вывод, что она имеет преимущество в соотношении цена/функционал. При стоимости ниже стоимости самого дешевого аналога, система MountKiV включает в себя функции наиболее дорогих систем наведения телескопа.

Основным преимуществом системы автонаведения телескопа MountKiV является совмещение большого функционала с низкой ценой, что делает ее доступной, но в то же время многофункциональной и удобной.

2. Теоретическое введение

2.1 Монтировка

Монтировка - поворотное устройство телескопа для наблюдения за небесными объектами.

Она позволяет наводить телескоп на наблюдаемый объект, а при длительном наблюдении или при фотографировании удерживать звезду в поле зрения.

Существует 3 вида монтировок: Альт-азимутальная, экваториальная и монтировка Добсона.

2.2 Трекинг телескопа

Трекинг телескопа - автоматическое “слежение” телескопа за наблюдаемым объектом (астротрекер) в целях удержания его в поле зрения. Обычно осуществляется за счёт математических расчетов, которые способны обеспечить наведение на объект с высокой точностью. В некоторых случаях появляется необходимость в дополнительных электрических компонентах, однако для экваториальной монтировки хватает математических расчетов.

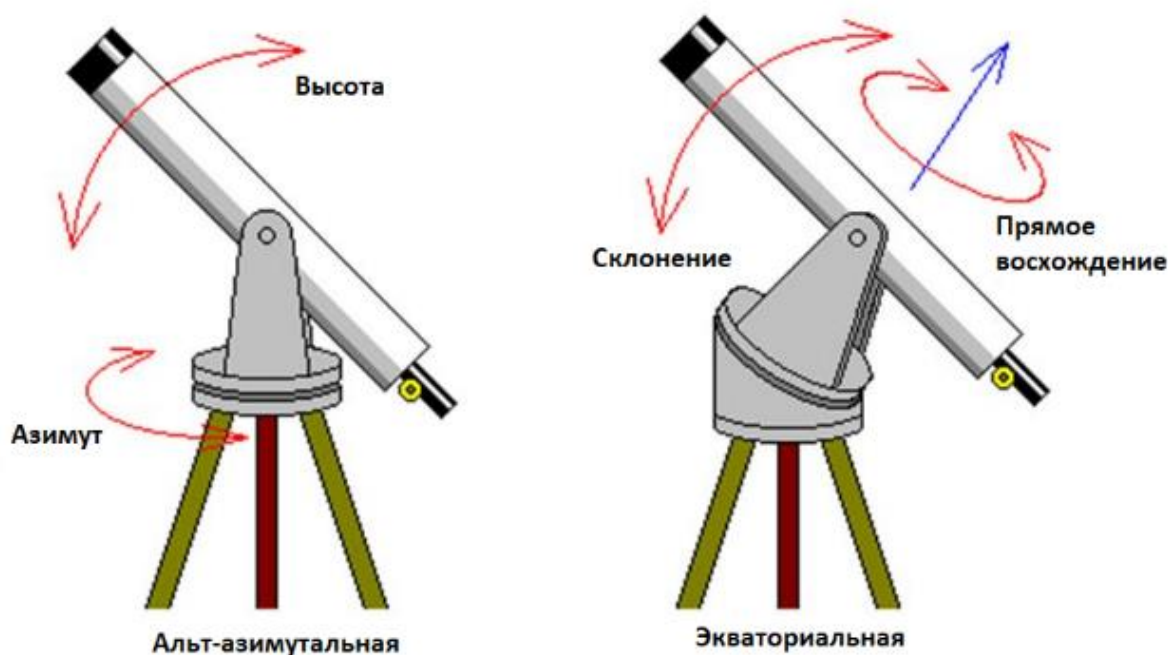


Рис. 1. Схема “Типы монтировок”

2.3 Основные принципы устройства разрабатываемой системы

Для того, чтобы разработать собственную систему автонаведения телескопа на небесные тела необходимо изучить уже существующие аналоги. Проанализировав их, выделяются основные требования к нашей системе наведения (берем наиболее полезные функции)

Основные требования к разрабатываемой системе (принципы):

- Иметь возможность управления с пульта (контроллера);
- Иметь возможность подключения к компьютеру/телефону по проводу/Wi-Fi/Bluetooth;
- Работать хотя бы на одной из видов монтаровок (аль-азимутальная, экваториальная);
- Пульт должен иметь систему с понятным интерфейсом;
- Иметь функцию трекинга за звездой;
- Иметь функцию задания координат.

Во всех рассмотренных аналогах, прослеживается разделение на 3 основных блока:

- Электрическая схема;
- Прошивка для схемы, база данных;
- Крепление моторов к осям шкивов.

3. План-график работы

Таблица 2. План-график работы

Протестировать работу собранной системы	Собрать прототип системы наведения	Разработать электрическую схему	Провести математические расчеты для наведения телескопа на объекты	Собрать базу данных небесных тел	Определить перечень минимально необходимого оборудования
Декабрь 2022 г.	Ноябрь 2022 г.	Август 2022 г.	Июль 2022 г.	Лето 2022 г.	Лето 2022 г.
Сделать готовый продукт для его дальнейшей реализации	Придать получившемуся продукту товарный вид Провести экономические расчеты	Провести тестирование всей системы при реальном наблюдении за звездами	Распечатать, протестировать и исправить неточности в креплении	Рассчитать размеры и форму креплений для рассматриваемого телескопа	Дополнить схему и код по результатам испытаний
Лето 2023 г.	Май 2023 г.	Май 2023 г.	Март 2023 г.	Январь 2023 г.	Декабрь 2022 г.

4. Экономическое обоснование

Таблица 3. “Расчет себестоимости продукта”

Компонент	Количество	Средняя цена, руб.	Итого, руб.
Arduino Nano (ATMega328) или LGT8F328P MiniEVB	1	350	350
ESP8266	1	165	165
A4988 драйвер шагового двигателя	2	70	140
Преобразователь логических уровней двунаправленный от 2 каналов	1	70	70
Плата макетная 5x7 см 1сторон	1	25	25
LCD1602 + I2C переходник	1	350	350
Зубчатый шкив GT2-6 16 зубьев 5мм	2	120	240
Зубчатый шкив GT2-6 40 зубьев 6.35мм	2	220	440
Зубчатый ремень GT2-6 замкнутый 200мм	1	220	220
Зубчатый ремень GT2-6 замкнутый 122 мм	1	220	220
Болт М5 для крепления к монтажке (ПВ) + шайба	1	4,5	4,5
Корпус для пульта-контроллера	1	294	294
Mini360 DC-DC	2	45	90
Конденсаторы для DC-DC/стабилизатора	2	40	80
DSUB-9 на панель/кабель М	6	14	84
DSUB-9 на панель/кабель F	6	14,5	87
DSUB-9 корпус на кабель с длинными болтами	5	16,445	82,225
DSUB винты на панель от 12мм	6	10,315	61,89
Разъем 2,00мм 6пин для шагового двигателя	2	1,39	2,78
Кнопка на панель	19	21	399
Резистор 1ком выводной для клавиатуры	32	0,525	16,8
Резистор 10ком выводной для клавиатуры	1	0,92	0,92
Резистор 330ком...1мом выводной для клавиатуры	1	1	1
Провода от компьютерного бп ~20awg 4 цвета	8	30,00	240
Кабель гибкий многожильный 4х~от0,35 2метра	2	30,00	60
Провод гибкий многожильный 2х~от0,35,	1	25,00	25
Разъём питания DC 5мм, гнездо на кабель	1	37	37

PLD-8	1	4,02	4,02
PLD-6	3	2,015	6,045
Джампер 2,54мм	8	1,5	12
Конденсатор 50в 47мкф или 100мкф для а4988	2	50	100
BLS-15	2	8	16
BLS-8	4	13	52
монтажный провод	2	50	100
Программатор для ESP-01	1	93,5	93,5
Моторы	2	550	1100
Корпус	1	700	700
			5969,68Р

Себестоимость изделия составила ~ 6 000Р.

Ресурсное обеспечение проекта будет реализовано за счет продажи готовых экземпляров продукта, цена которого составит 12 000Р – 13 000Р.

5. Подведение итогов

5.1 Результаты работы

В результате работы были выполнены следующие задачи:

- Проведен сравнительный анализ существующих систем наведения телескопа;
- Составлена база данных небесных тел;
- Произведены математические расчеты, необходимы для наведения телескопа на объекты;
- Собран прототип системы наведения
- Рассчитаны размеры и формы креплений для нашего телескопа
- Проведено тестирование всей системы на настоящем наблюдении звезд
- Произведены экономические расчеты себестоимости продукта
- Продукту придан товарный вид

Видео-демонстрация работающей системы доступна по ссылке:
<https://disk.yandex.ru/i/ILFVTjmm30BSig>

Фото разработанного продукта (крепления, пульт) находятся в приложении.

При тестировании готовой системы на практике, она корректно выполняла команды, а погрешность в наведении оказалась пренебрежимо малой. Можно сделать вывод, что система полностью корректно функционирует.

5.2 Перспективы развития проекта

В будущем планируется организовать продажи экземпляров полученного продукта.

Для этого необходимо:

- Провести уточненный технико-экономический анализ;
- Дополнить систему поддержкой альт-азимутальной монтировки;
- Перенести электрическую составляющую с отдельных компонентов на печатную плату;
- Осуществить питание системы от аккумулятора;

6. Библиографический список

1. Универсальная система управления телескопом на Arduino

Сайт: [<https://astronomy.ru/forum/index.php/topic,143891.0.html>]

2. Телескоп. Виды и устройство. Применение и как выбрать. Особенности

Сайт: [<https://tehpribory.ru/glavnaia/pribory/teleskop.html>]

3. Телескоп. Как начать наблюдения

Сайт: [https://www.4glaza.ru/articles/telescopes_how_to_start/]

4. Четыре глаза: Celestron NexStar 5 SE

Сайт: [https://www.4glaza.ru/products/celestron_nexstar-5-se/]

5. Четыре глаза: Sky-Watcher BK P130650AZGT SynScan GOTO

Сайт: [<https://www.4glaza.ru/articles/obzor-teleskopa-sky-watcher-bk-p130650azgt-synscan/>]

7. Приложение А



Рис. 2 «Пульт»



Рис. 3 «Крепления на телескопе»



Рис. 4 «Крепление DEC»



Рис. 5 «Крепление RA»

8. Приложение Б



Рис. 6 «Система в коробке»



Рис. 7 «Система в собранном виде»

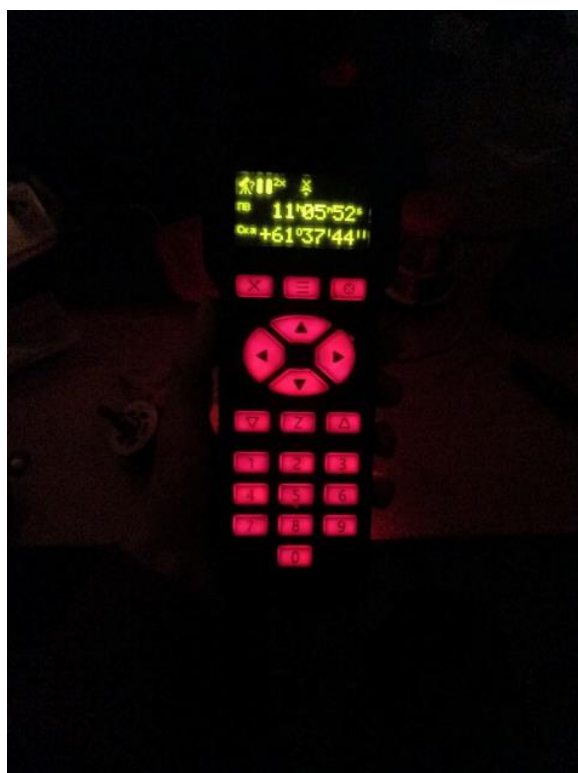


Рис. 8 «Пульт с подсветкой»

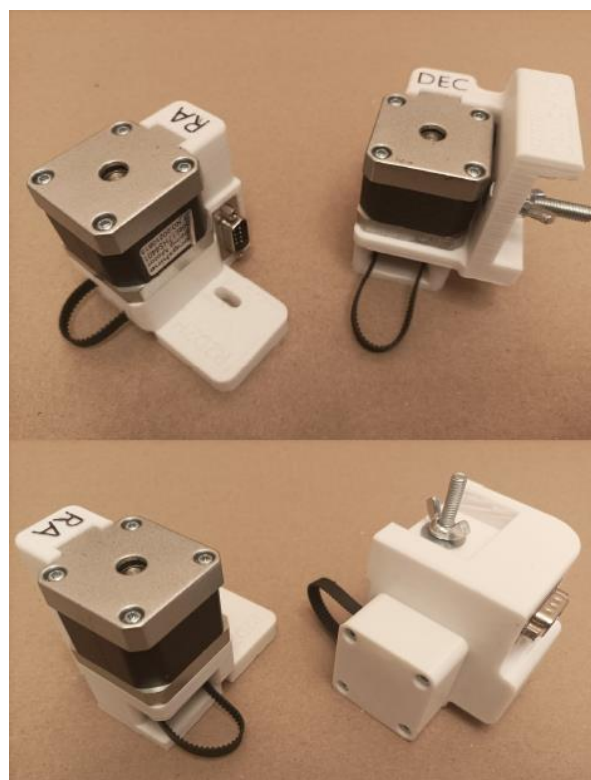


Рис. 9 «Крепления RA и DEC»

9. Приложение В



Рис. 10 Схема "Назначения кнопок на пульте"

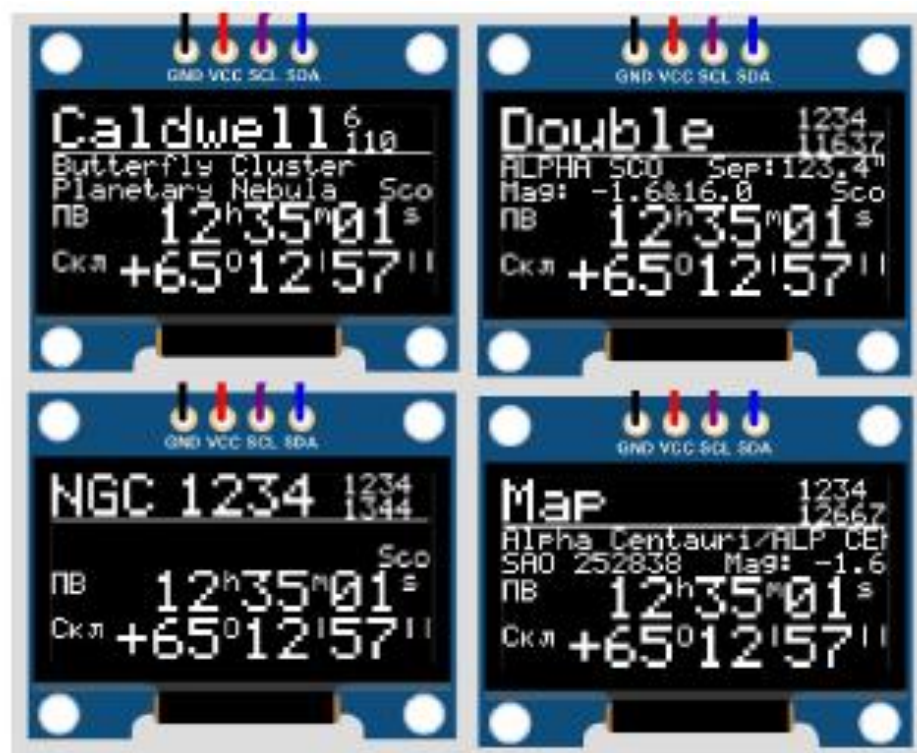


Рис. 11 «Меню навигации»

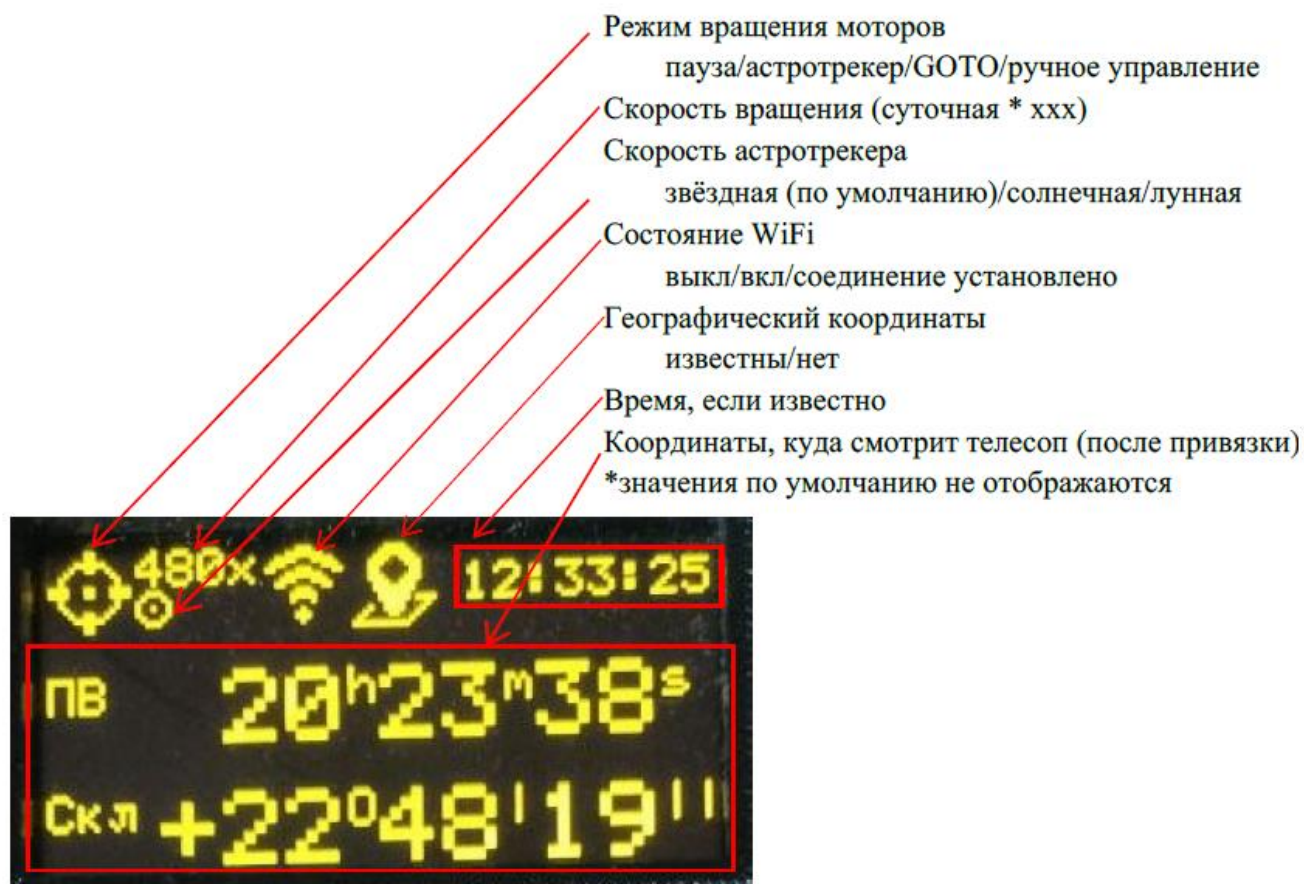


Рис. 12 Схема «Схема меню»