

UAVPROF DRONE SIMULATOR

Professional

Инструкция по эксплуатации

Настоящая документация может быть использована только для поддержки работоспособности продуктов, установленных на основании договора с ООО «СТРАТУС». Документация может быть передана на основании договора, по которому производится (производилась или будет производиться) установка продуктов, или явно выраженного согласия ООО «СТРАТУС» на использование данной документации. Если данный экземпляр документации попал к вам каким-либо иным образом, пожалуйста, сообщите об этом в ООО «СТРАТУС» по адресу, приведенному ниже.

Все примеры, приведенные в документации (в том числе примеры отчетов и экранных форм), составлены на основании тестовой базы ООО «СТРАТУС». Любое совпадение имен, фамилий, названий компаний, банковских реквизитов и другой информации с реальными данными является случайным.

Все встречающиеся в тексте торговые знаки и зарегистрированные торговые знаки являются собственностью их владельцев и использованы исключительно для идентификации программного обеспечения или компаний.

Данная документация может не отражать некоторых модификаций программного обеспечения. Если вы заметили в документации ошибки или опечатки или предполагаете их наличие, пожалуйста, сообщите об этом в ООО «СТРАТУС».

Все имущественные авторские права сохраняются за ООО «СТРАТУС» в соответствии с действующим законодательством.

© ООО «СТРАТУС», 2024

ООО «СТРАТУС»

119607, г. Москва, вн.тер.г. Муниципальный округ Раменки, б-р Раменский, д. 1

Тел.: +7 (931) 604-34-33

Электронная почта: sim@uavprof.com

Содержание

1. Общие сведения	4
2. Начало работы	5
3. Интерфейс	6
3.1. Общий сценарий использования	6
3.2. Выбор и настройка миссии	6
3.2.1. Выбор режима	7
3.2.2. Выбор карты	8
3.2.3. Выбор миссии	9
3.2.4. Выбор дрона	9
3.2.5. Запуск миссии	10
3.3. Выполнение задания	10
4. Режим «Ручной»	13
4.1. Выполнение заданий	15
5. Режим «Выставка»	17
5.1. Доставка аптечки первой помощи	17
5.2. Охотник за шариками	19
5.3. Гонки в промышленной зоне	22
6. Режим «Фото»	25
7. Режим «Агро»	29
8. Режим «Аэрогонка»	33
8.1. Трасса	33
8.2. Школьный спортзал	35
8.3. Воздушная трасса	36
9. Статистика	38
10. Создание и редактирование карт	39
11. Симулятор для разработки алгоритмов управления дронами	40
11.1. Модели аппаратов	40
11.1.1. Общая информация для всех аппаратов	40
11.1.2. Камера	40
11.2. Системы координат	41
11.3. Алгоритм управления	41
11.3.1. Управляющие воздействия	41
11.3.2. Изменение коэффициентов ПИД регуляторов автопилота	42
11.4. Формации	42
11.5. Использование камеры аппарата	42
11.6. Горячие клавиши переключения видов	43
11.7. Переключение на Vulkan	43
11.8. Начало работы	43
11.9. Дисциплины	43
11.9.1. Синхронный полёт	44
11.9.2. Командная гонка	47
11.9.3. Уход от столкновения	50

11.10. Работа со светодиодной панелью	54
11.10.1. API модуля	54
11.10.2. Разбор примера	55
11.10.3. Запуск	56
11.10.4. Дополнительные примеры.....	57
История изменений	61

1. Общие сведения

Продукт UAVPROF Drone Simulator: Professional — программа имитации полётов для обучения и отработки навыков операторами БВС (беспилотное воздушное судно, далее — дрон) в безопасной и контролируемой среде.

Для работы с продуктом используется графический пользовательский интерфейс.

2. Начало работы

Запустите ПО одним из способов:

- дважды нажмите левой кнопкой мыши на иконку приложения на рабочем столе;
- нажмите правой кнопкой мыши на файл **localhost.sh** и выберите **Запустить как программу**;
- в терминале выполните скрипт в директории дистрибутива:

```
./localhost.sh
```

При первом входе в открывшемся окне авторизации добавьте пользователя. Для этого:

1. В поле **Добавление пользователя** введите имя нового пользователя.
2. Нажмите на знак «+».

Новый пользователь будет добавлен. Выберите пользователя в поле **Имя пользователя** из раскрывающегося списка и нажмите на кнопку **Войти**.



Рис. 1. Главная страница

Чтобы выйти, нажмите на кнопку **Выход**.

Локализацию продукта вы можете выбрать из раскрывающегося списка в окне авторизации.

3. Интерфейс

Интерфейс продукта позволяет настраивать и выполнять различные миссии.



Некоторые элементы интерфейса могут визуально отличаться от описанных в документации.



Доступные для выбора карты и режимы зависят от версии.

3.1. Общий сценарий использования

В общем виде работа в интерфейсе выглядит следующим образом:

1. [Авторизация](#).
2. [Выбор и настройка миссии](#):
 - [Выбор режима](#);
 - [Выбор карты](#);
 - [Выбор миссии](#);
 - [Выбор дрона](#);
 - [Запуск миссии](#).
3. [Выполнение задания](#).
4. [Окончание миссии](#).

3.2. Выбор и настройка миссии

Пользовательский интерфейс состоит из следующих основных элементов:

1. Вкладки:
 - [Режим](#);
 - [Выбор карты](#);
 - [Выбор дрона](#);
 - Настройки;
 - [Статистика](#);
 - Назад — возвращает на предыдущую форму.
2. Главная область: в этой части окна отображаются доступные для выбора сущности и действия с ними;
3. Подсказки.

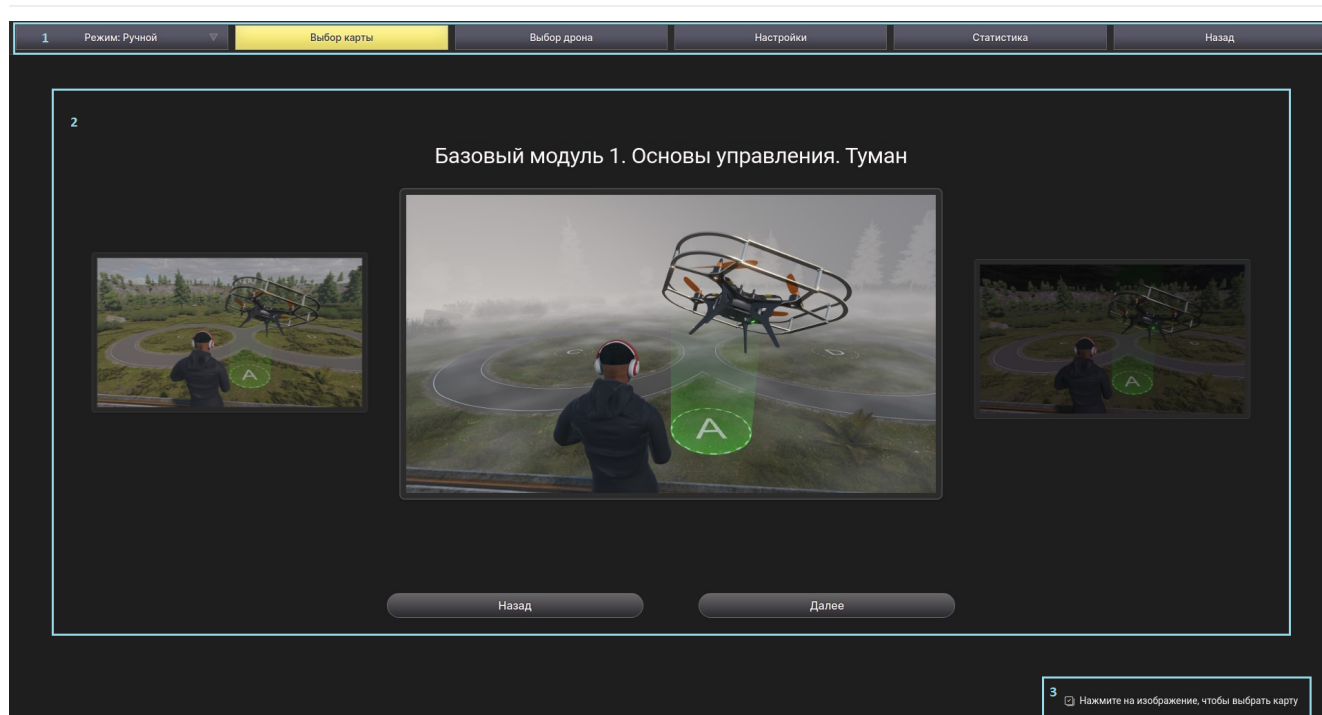


Рис. 2. Общий вид пользовательского интерфейса

3.2.1. Выбор режима

На вкладке доступны следующие режимы пилотирования (в зависимости от версии):

- Ручной — обучение основам пилотирования;
- Выставка — миссии для отработки ручного управления;
- Фото — настройка автоматического полётного задания для АФС (аэрофотосъемки);
- Агро — настройка автоматического полётного задания для обработки поля с агрокультурой реактивами;
- Аэрогонка — миссии для отработки приёмов аэрогонки.

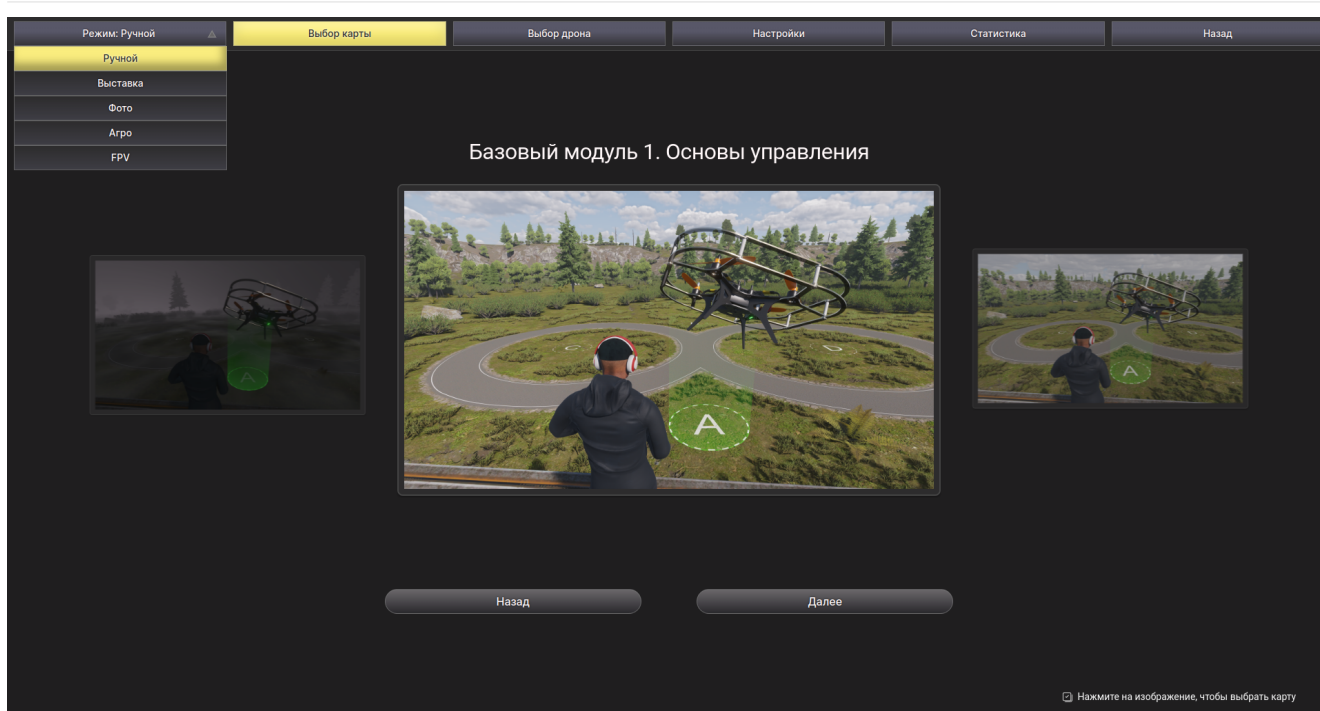


Рис. 3. Режимы



Чтобы изменить режим, перейдите на форму «Выбор карты» и только после этого измените режим, выбрав из раскрывающегося списка.

3.2.2. Выбор карты

Чтобы перейти к выбору карты, нажмите на вкладку «Выбор карты». В открывшемся меню выберите карту, где требуется выполнить миссию: для этого расположите его по центру окна и нажмите на её изображение.

Для просмотра доступных вариантов либо нажимайте на кнопки **Назад** или **Далее**, либо листайте карусель с изображениями с помощью мыши.

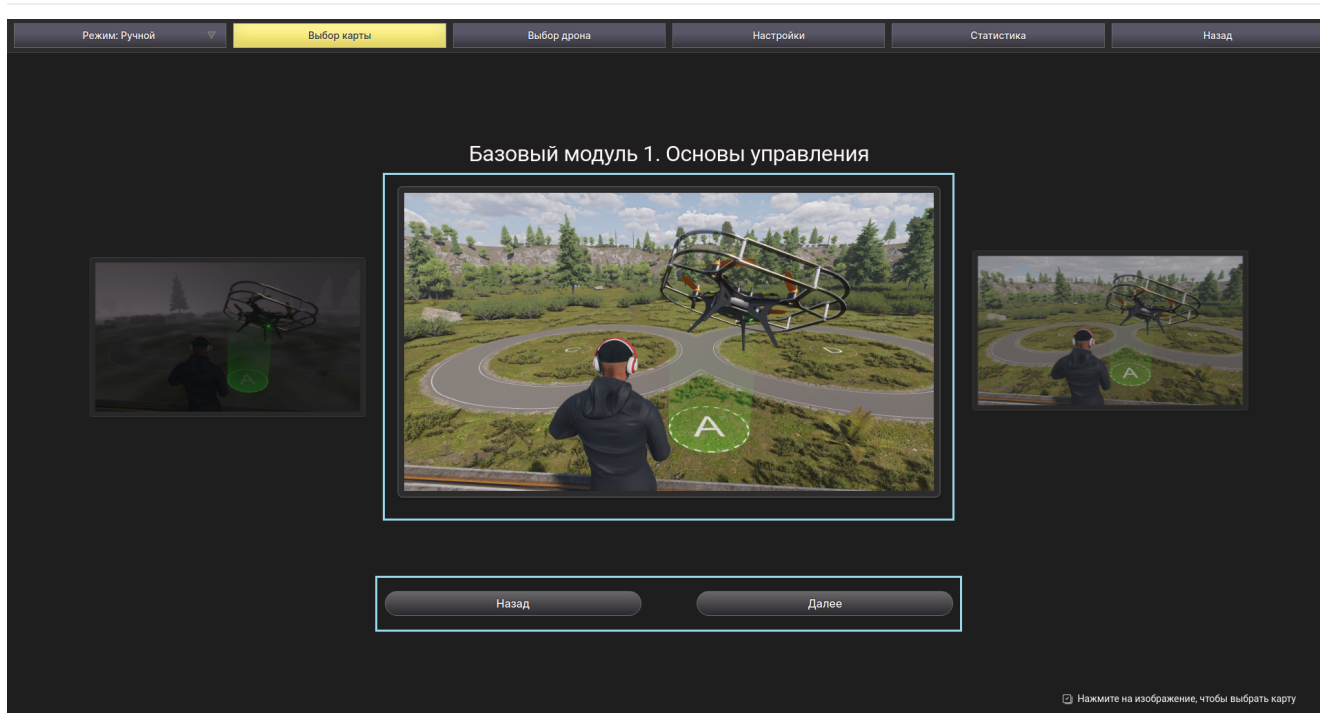


Рис. 4. Выбор карты

3.2.3. Выбор миссии

После выбора карты выберите миссию. На карте может быть более одной миссии: в этом случае нужную выберите с помощью переключателя в правой части формы.



Кнопка **Выбрать миссию** неактивна до тех пор, пока не будет выбран дрон (соответствующая подсказка зеленого цвета отображается над кнопкой).

3.2.4. Выбор дрона

Для выбора дрона перейдите во вкладку **Выбор дрона**. В левой части окна расположены карточки с изображениями доступных дронов (в соответствии с версией продукта). При выборе подсвечивается фиолетовой карточка с изображением дрона, а в правой части отображаются его характеристики.

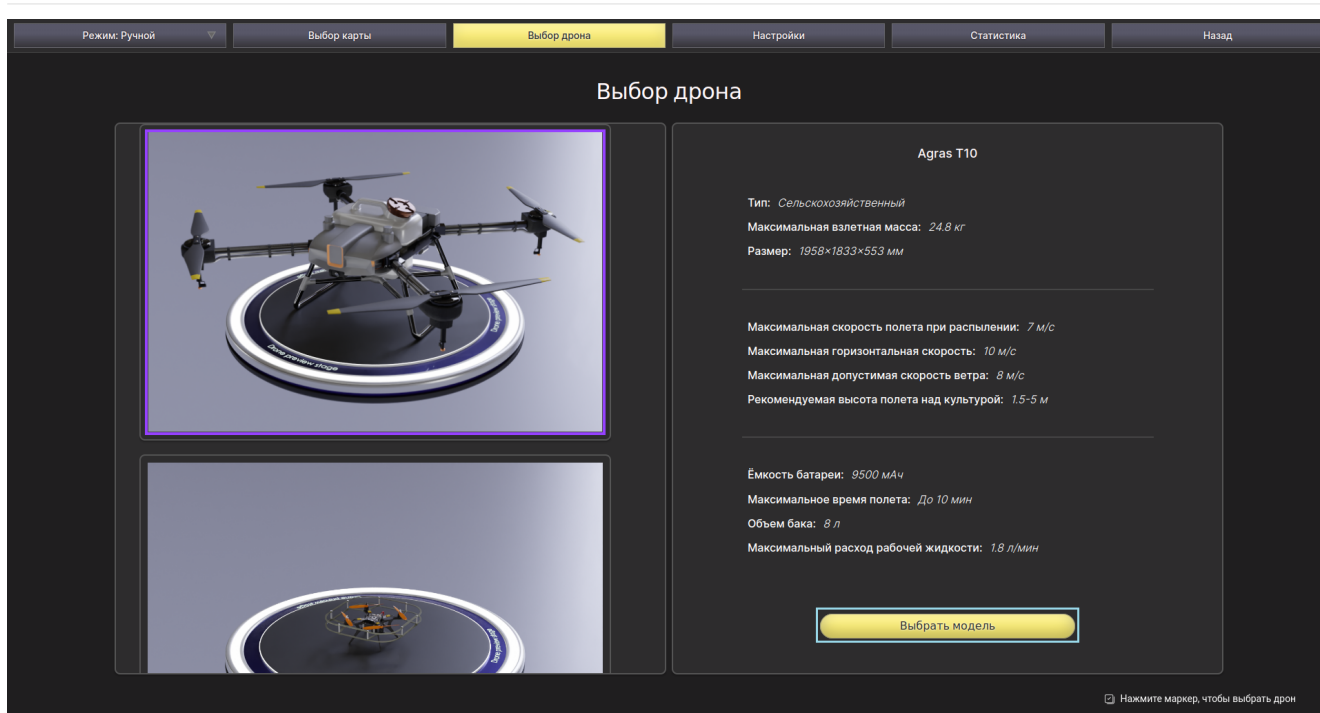


Рис. 5. Выбор дрона

После выбора нажмите на кнопку **Выбрать модель**.

3.2.5. Запуск миссии

Нажмите на кнопку **Выбрать миссию**.



Сразу после завершения миссии кнопка **Выбрать миссию** может не сработать, подождите несколько секунд и нажмите её повторно.

3.3. Выполнение задания

После запуска миссии вы можете приступить к выполнению заданий.



Рис. 6. Окно выполнения задания

В окне выполнения задания отображаются следующие элементы:


1. Вертикальная панель инструментов с кнопками:

- — включение вида с камеры аппарата (дрона). Можно запустить нажатием на клавишу F1;
- — включение вида от третьего лица (наблюдателя). Можно запустить нажатием на клавишу F2. Для приближения и удаления используйте клавиши W и S или колёсико мыши;
- — вид глазами пилота (F4);



Если нажать левой кнопкой мыши на область окна, свободную от подсказок и панели инструментов, то указатель мыши пропадёт, и станет доступно вращение камеры движением мыши (если это допускает текущий вид). Повторное нажатие левой кнопки мыши возвращает указатель мыши.

- — мини-изображения с камер аппарата;

-  — сужение/расширение видимой области (F8).
2. Поле заданий.
 3. Поле подсказок и предупреждений. Красным текстом выводятся предупреждения при нарушении условий текущего задания. Жёлтым текстом выводится подсказка об управлении.
 4. Цветное изображение с камеры аппарата.
 5. Карта глубины с камеры аппарата.
 6. Графическая подсказка управления.



Для доступности работы с горячими клавишами необходимо перейти в окно с запущенным продуктом — например, нажать на заголовок окна.

Окончание миссии

После выполнения задания открывается модальное окно. В зависимости от миссии окно может быть информационным или содержать подробные данные о результатах выполнения миссии.

4. Режим «Ручной»

Обучение основам пилотирования заложено в «Базовом модуле 1». Режим состоит из карт, соответствующих разным погодным условиям:

- Основы управления;
- Основы управления. Ветер;
- Основы управления. Туман;
- Основы управления. Ночной режим;
- Основы управления. Ночной режим. Туман.

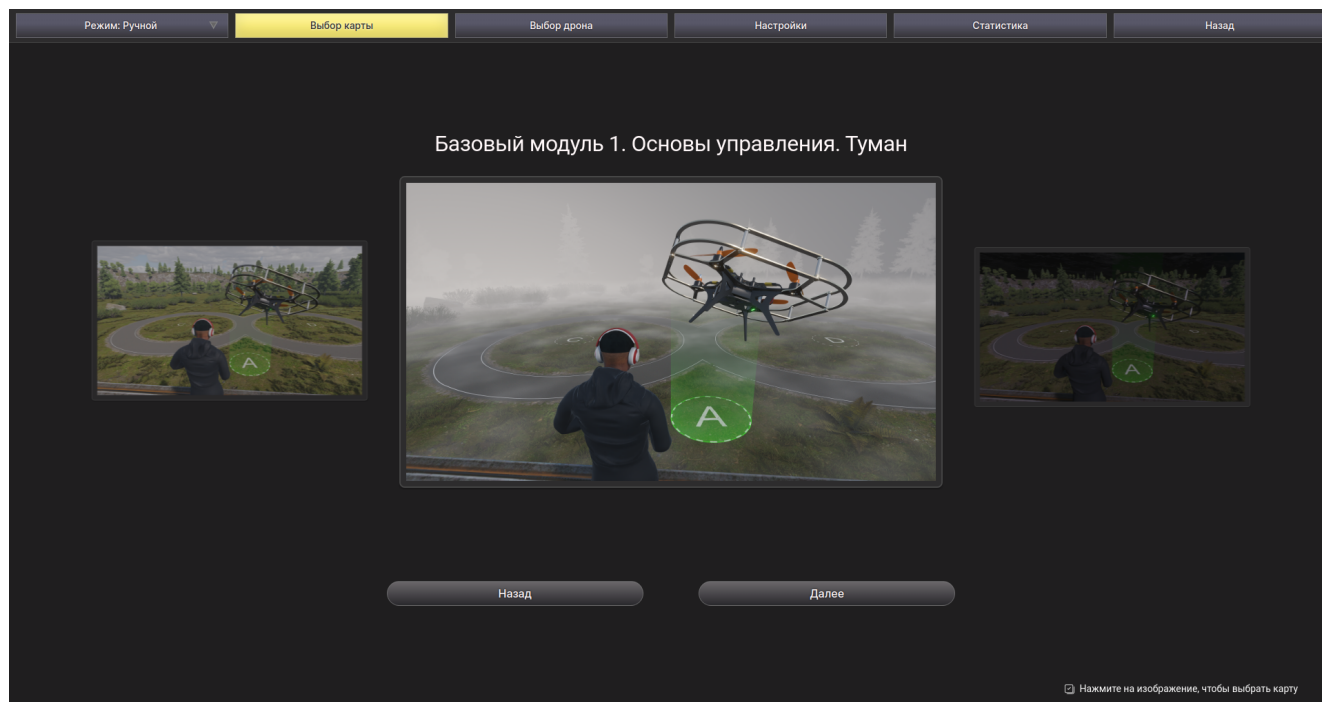


Рис. 7. Основы управления. Туман

На каждой карте доступны следующие миссии:

- Взлёт-посадка;
- Тангаж;
- Крен и рыскание;
- Закрепление базовых элементов ручного управления.

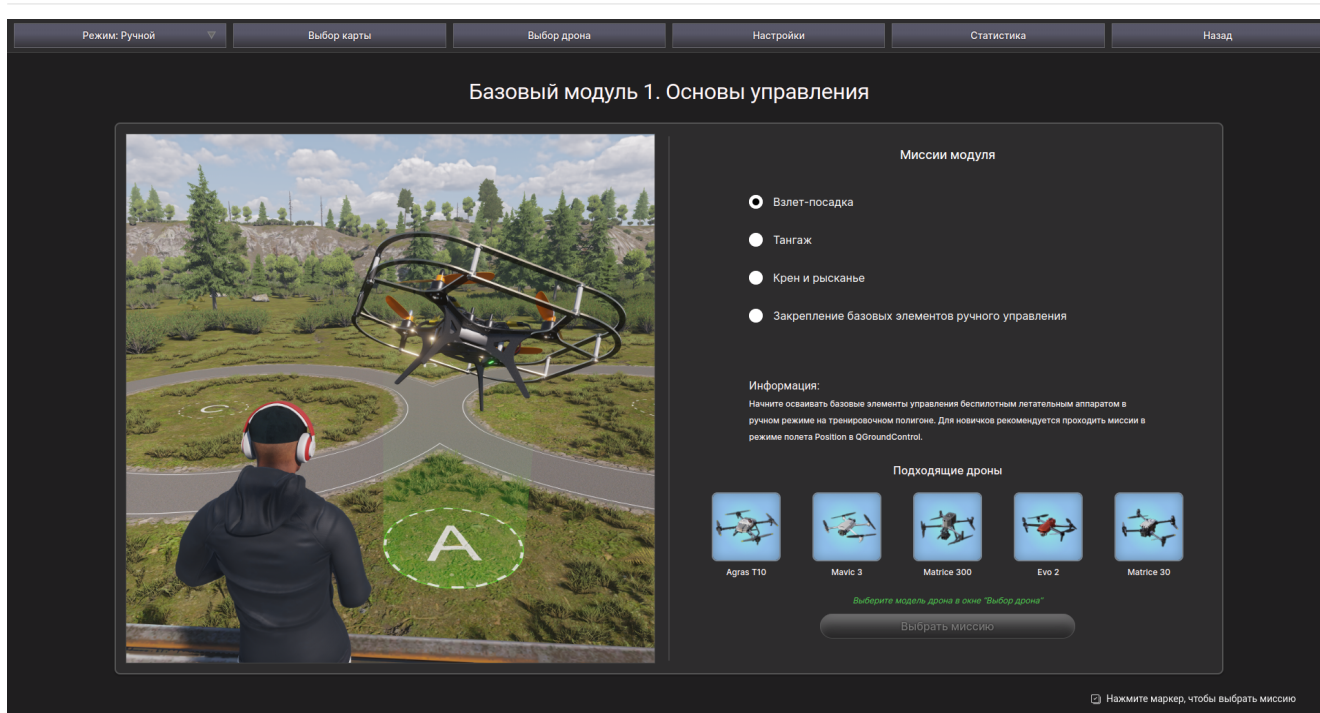


Рис. 8. Миссии модуля

Для выполнения миссии:

1. Выберите карту.
2. Выберите миссию. Включите соответствующий переключатель в правой части формы.
3. Нажмите на вкладку «Выбор дрона». Откроется форма со списком дронов.
4. Выберите один из подходящих дронов и нажмите на кнопку **Выбрать модель** (подробнее см. в разделе [«Выбор дрона»](#)). После выбора дрона система вернёт вас на форму, где выбранная модель дрона выделится зелёной рамкой. Станет активна кнопка **Выбрать миссию**.
5. Нажмите на кнопку **Выбрать миссию**.

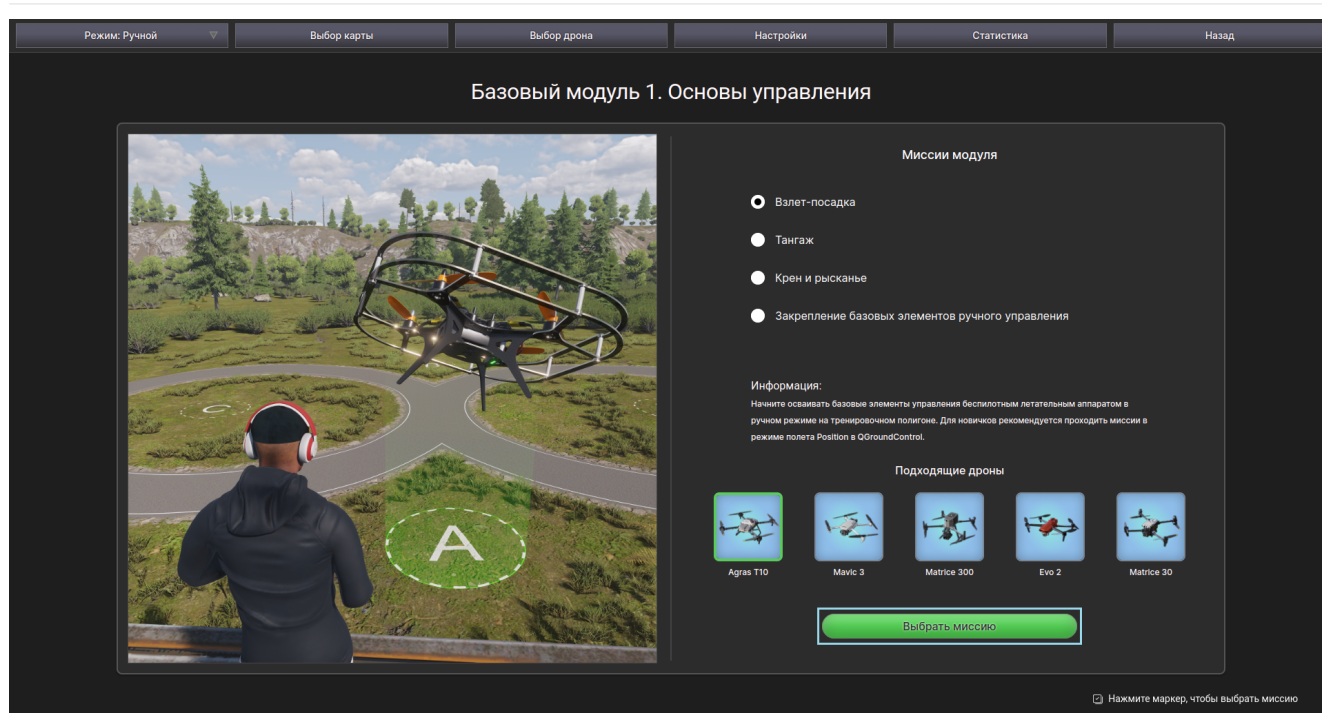


Рис. 9. Выбор миссии. Базовый модуль 1

4.1. Выполнение заданий

При выполнении заданий ориентируетесь на графические подсказки и указатели.

Жёлтая стрелка указывает требуемое направление движения (соответствующее заданию с текстом зелёного цвета высвечивается в левом нижнем углу). Луч в надир от дрона (нисходящая линия) окрашен в жёлтый цвет. При нарушении условий задания луч в надир от дрона окрашивается в красный цвет; в правом нижнем углу мигает красный текст предупреждения.

На тренировочной площадке есть зоны A, B, C и D. Каждая может принимать следующий цвет:

- жёлтый (нейтральный);
- зеленый (при достижении условия);
- красный (при нарушении условия).



Рис. 10. Выполнение задания

Для успешного выполнения следуйте зелёному тексту в поле заданий с учётом предупреждений, возникающих в поле подсказок и предупреждений.

Окончание миссии

После успешного выполнения задания откроется модальное окно:

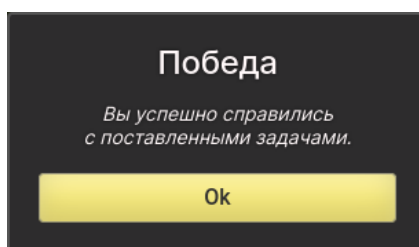


Рис. 11. Конец миссии

5. Режим «Выставка»

Режим состоит из следующих карт (зависит от версии продукта):

- Доставка аптечки первой помощи (с обучением, день, ночь, туман);
- Охотник за шариками (день, ночь);
- Гонки в промышленной зоне (день, ночь, туман).

5.1. Доставка аптечки первой помощи

Для выполнения миссии:

1. Выберите карту.
2. Нажмите на вкладку «Выбор дрона» и выберите дрон (подробнее см. в разделе [«Выбор дрона»](#)).



При выполнении миссии «Доставка аптечки первой помощи» доступен только дрон Matrice 300.

После выбора дрона система вернёт вас на форму, где выбранная модель дрона выделится зелёной рамкой. Станет активна кнопка **Выбрать миссию**.

3. Нажмите на кнопку **Выбрать миссию**.

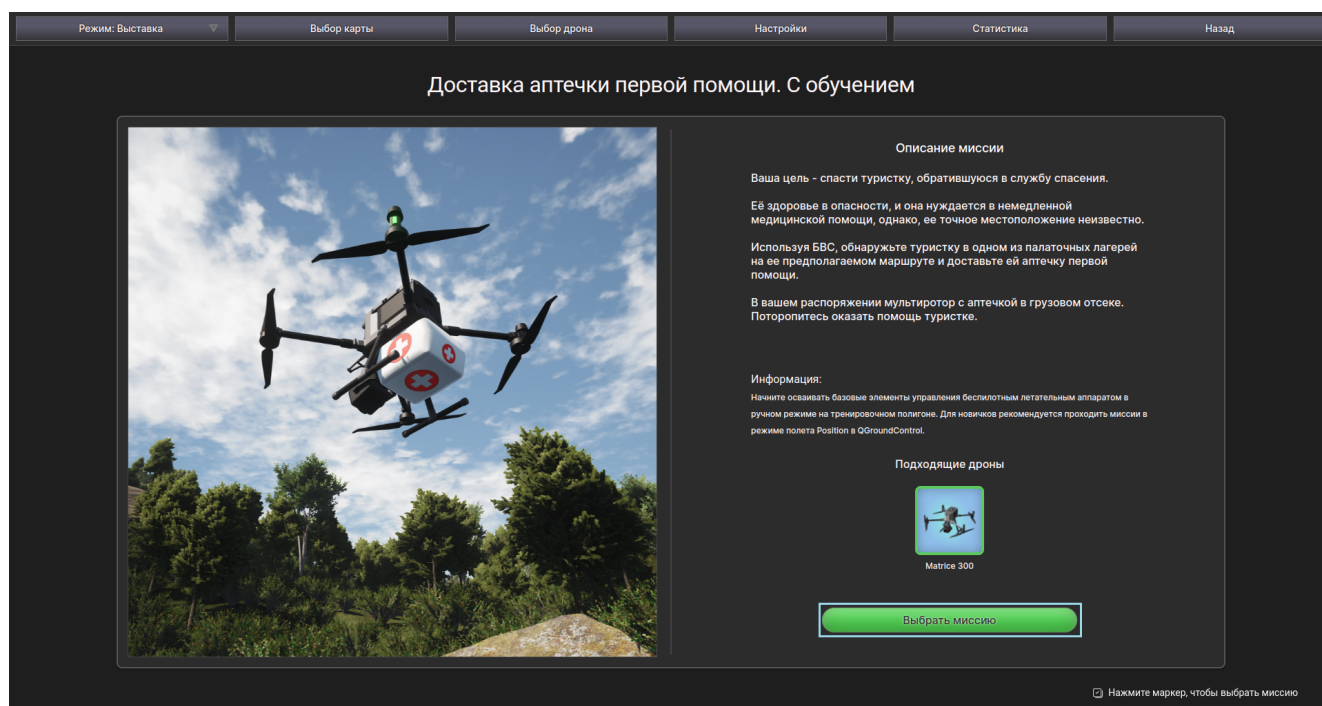


Рис. 12. Выбор миссии. Доставка аптечки

Выполнение заданий

Задание в миссии — обнаружить место, куда необходимо доставить аптечку первой помощи, и доставить её.

При выполнении заданий ориентируетесь на графические подсказки и указатели.

Жёлтая стрелка указывает требуемое направление движения (соответствующее заданию с текстом зелёного цвета высвечивается в левом нижнем углу).

Луч в нади́р от дрона (нисходящая линия) окрашен в жёлтый цвет. При нарушении условий задания луч окрашивается в красный цвет; в правом нижнем углу возникает мигающий текст предупреждения.

Направляйте дрон по указывающим направление движения жёлтым стрелкам через обозначенные красные области на маршруте (при пролёте через них окрашиваются в зелёный цвет).



Жёлтая стрелка — указатель направления движения — может не отображаться из-за угла наклона дрона или направления дрона. Чтобы увидеть стрелку, измените угол наклона и/или направление — расположите дрон таким образом, чтобы стрелка попадала в область видимости камеры (остановитесь и покрутитесь, обратите внимание на верх окна).

При обнаружении цели приземлите дрон в обозначенное зелёным кругом место:



Рис. 13. Приземление дрона

5.2. Охотник за шариками

Для выполнения миссии:

1. Выберите карту.
2. Выберите миссию. Включите соответствующий переключатель в правой части формы.
3. Нажмите на вкладку «Выбор дрона». Откроется форма со списком дронов.
4. Выберите один из подходящих дронов и нажмите на кнопку **Выбрать модель** (подробнее см. в разделе [«Выбор дрона»](#)). После выбора дрона система вернёт вас на форму, где выбранная модель дрона выделится зелёной рамкой. Станет активна кнопка **Выбрать миссию**.
5. Нажмите на кнопку **Выбрать миссию**.

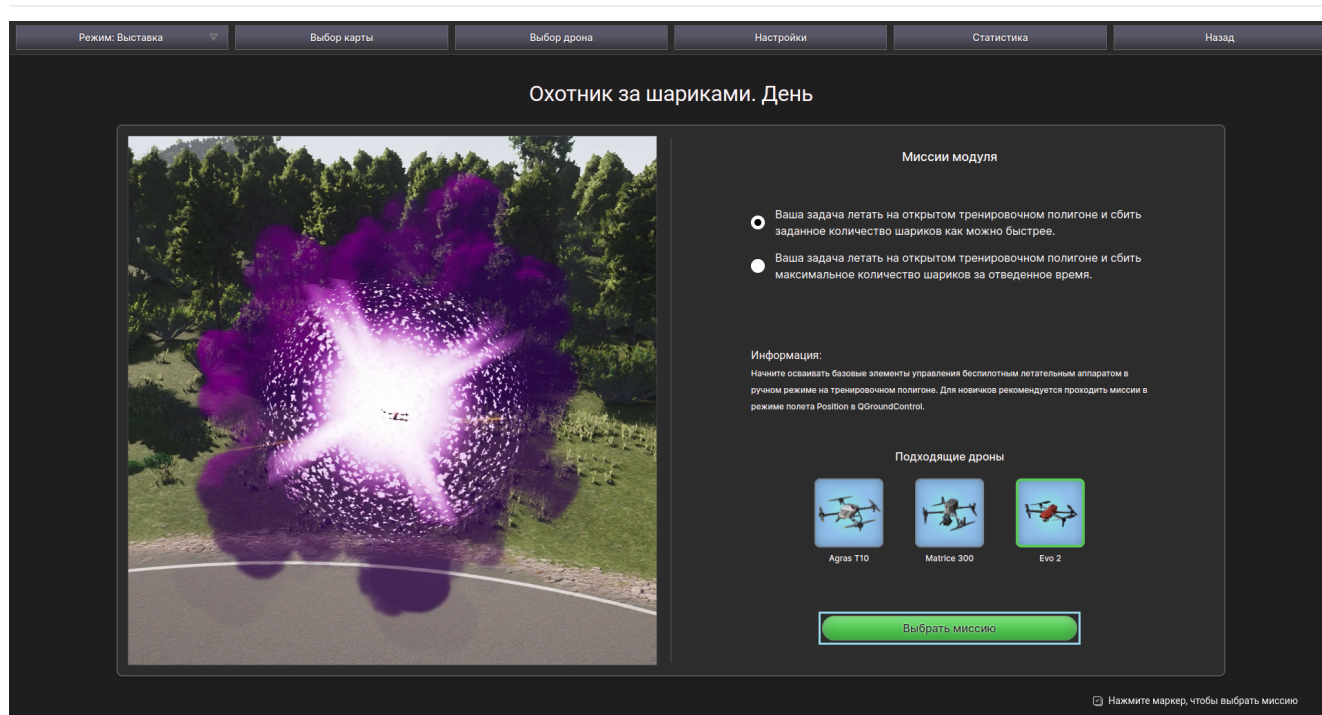


Рис. 14. Выбор миссии. Охотник за шариками

Выполнение заданий

Задание в миссии — сбить заданное количество шариков как можно быстрее или максимальное количество шариков в отведённое время.

Цели — шарики — окрашены в фиолетовый цвет.

Луч в надир от дрона (нисходящая линия) окрашен в жёлтый цвет.

При нарушении условий задания луч в надир от дрона окрашивается в красный цвет; в правом нижнем углу возникает мигающий текст предупреждения.

В правом верхнем углу отображается таймер задания и ход его выполнения.



Рис. 15. Выполнение задания. Охотник за шариками

Конец миссии

После успешного выполнения задания откроется модальное окно:

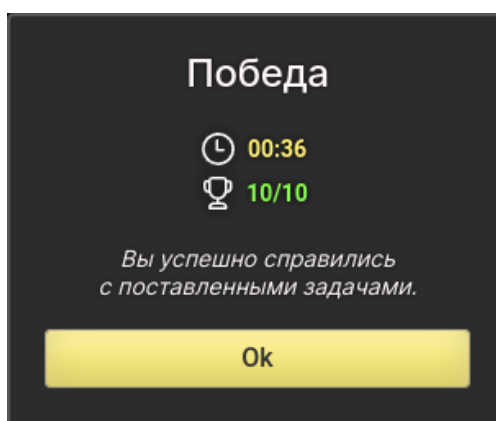


Рис. 16. Конец миссии

5.3. Гонки в промышленной зоне

Для выполнения миссии:

1. Выберите карту.
2. Выберите миссию.
3. Нажмите на вкладку «Выбор дрона». Откроется форма со списком дронов.
4. Выберите один из подходящих дронов и нажмите на кнопку **Выбрать модель** (подробнее см. в разделе [«Выбор дрона»](#)). После выбора дрона система вернёт вас на форму, где выбранная модель дрона выделится зелёной рамкой. Станет активна кнопка **Выбрать миссию**.
5. Нажмите на кнопку **Выбрать миссию**.

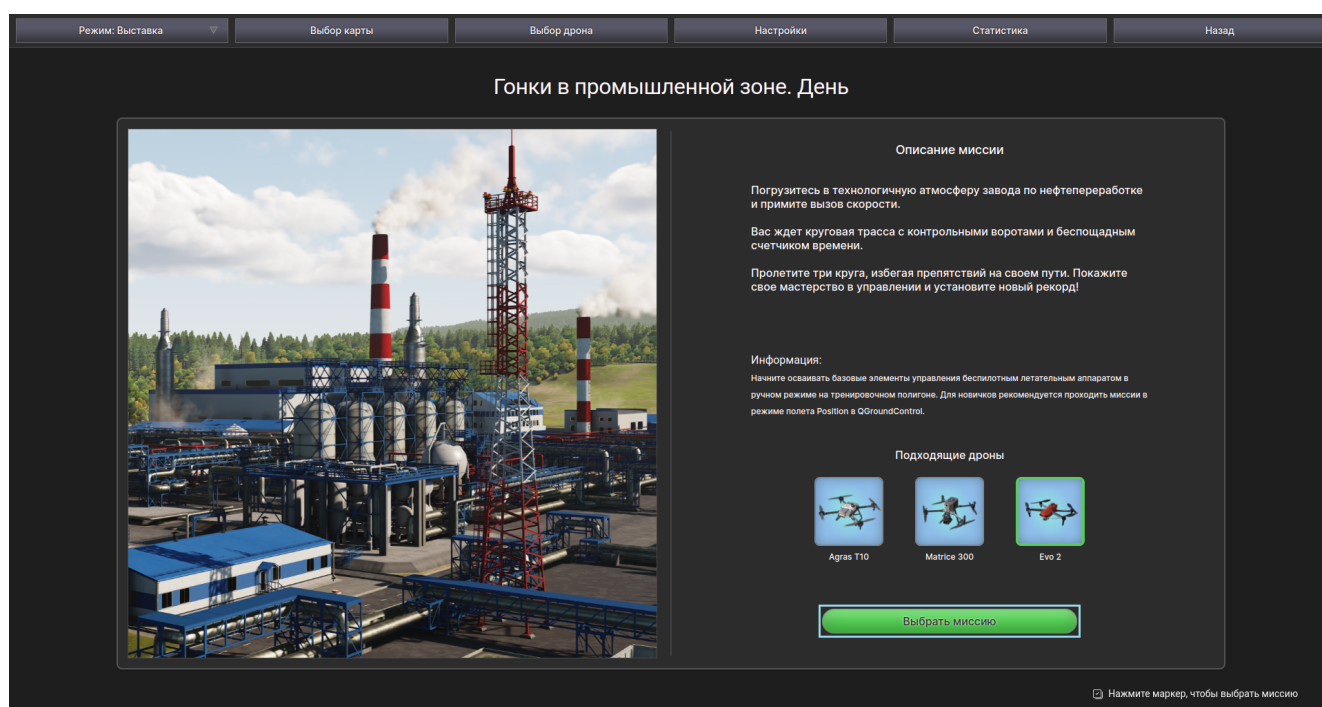


Рис. 17. Выбор миссии. Гонки в промышленной зоне

Выполнение заданий

При выполнении заданий ориентируетесь на графические подсказки и указатели.

Луч в надир от дрона (нисходящая линия) окрашен в жёлтый цвет. При нарушении условий задания луч в надир от дрона окрашивается в красный цвет; в правом нижнем углу возникает мигающий текст предупреждения.

Жёлтая линия обозначает требуемый маршрут движения.

Ворота, которые необходимо пролететь, окрашены в зелёный цвет. При нарушении направления полёта ворота окрашиваются в красный цвет. Следующие по маршруту ворота — жёлтые. Пройденные согласно заданию ворота окрашиваются в красный цвет с двух сторон.

В правом верхнем углу отображается таймер задания и ход его выполнения.



Рис. 18. Выполнение задания. Гонки в промышленной зоне

Для успешного выполнения задания следуйте по обозначенному маршруту.

Конец миссии

После успешного выполнения задания откроется модальное окно:

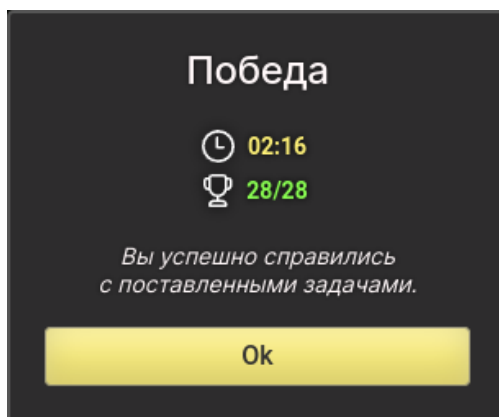


Рис. 19. Конец миссии

6. Режим «Фото»

Основная цель миссии — отработка навыков пилотов по настройке автоматического полётного задания для БПЛА на основании задания.

Для выполнения миссии в данном режиме:

1. Выберите карту.

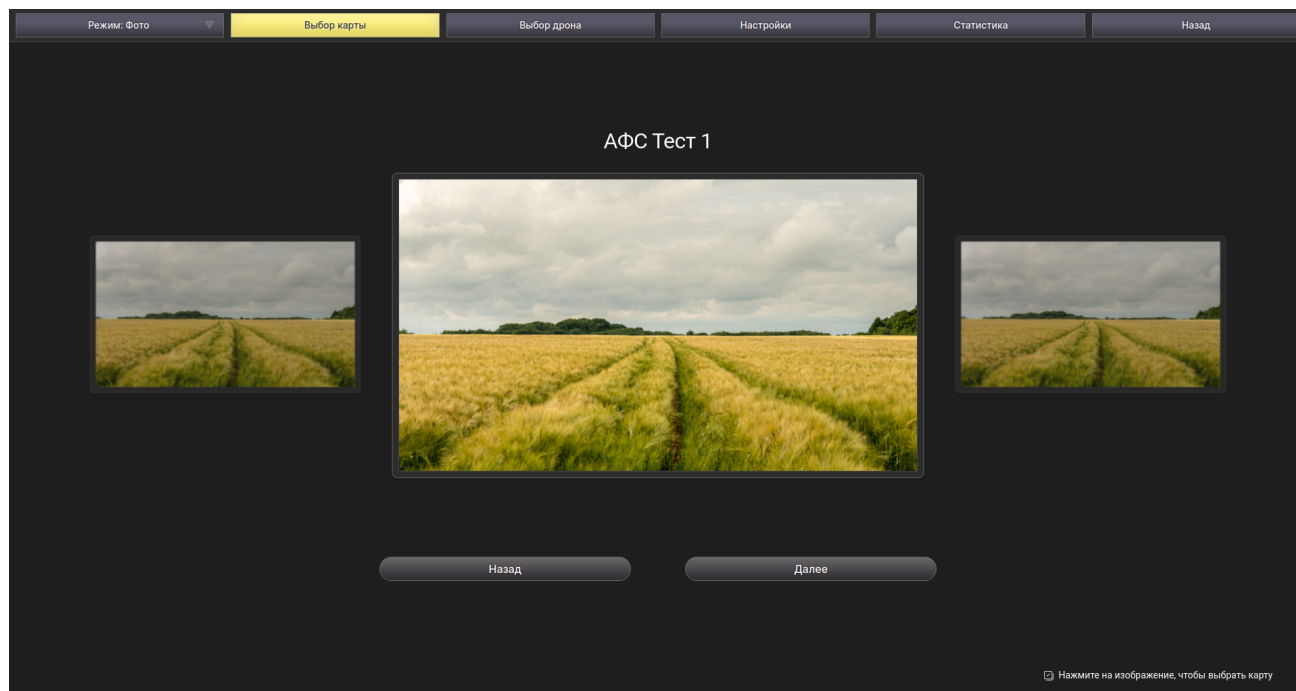


Рис. 20. Режим «Фото»

2. Ознакомьтесь с заданием в блоке **Информация**.
3. Нажмите на вкладку «Выбор дрона» и выберите дрон (подробнее см. в разделе [«Выбор дрона»](#)).



При работе в режиме «Фото» доступен только дрон Matrice 300.

После выбора дрона система вернёт вас на форму, где выбранная модель дрона выделится зелёной рамкой. Станет активна кнопка **Выбрать миссию**.

4. Нажмите на кнопку **Выбрать миссию**.

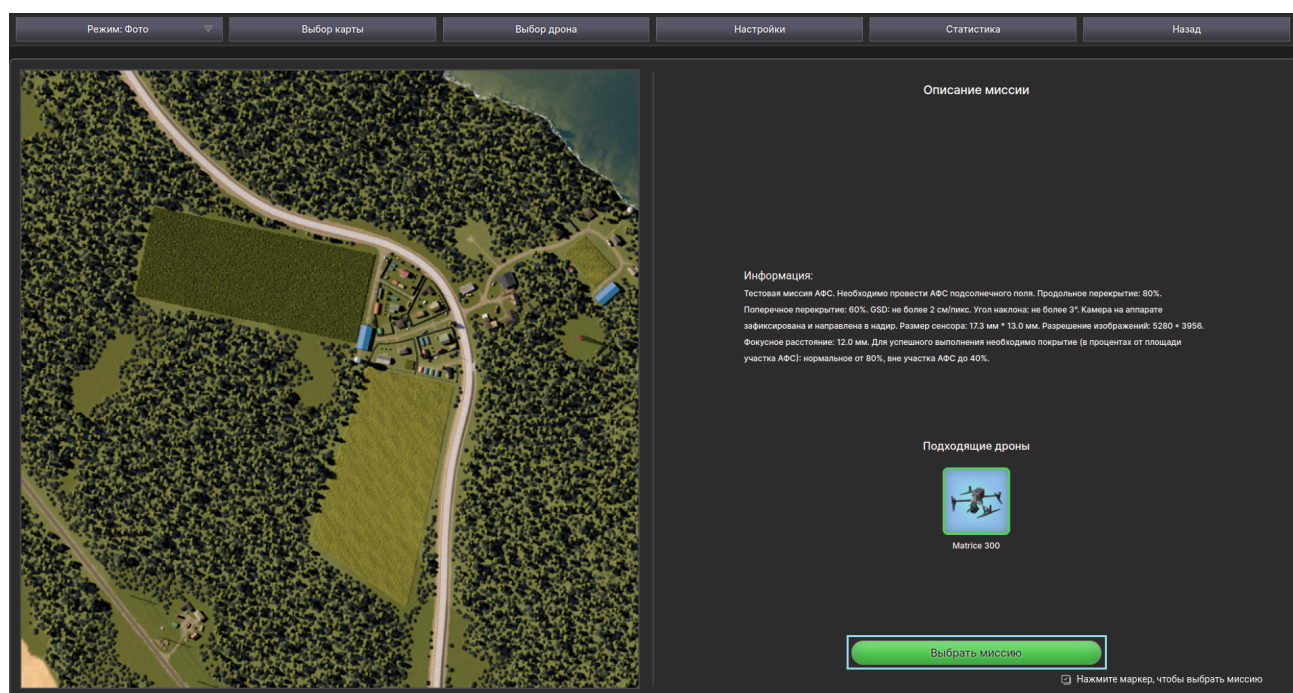


Рис. 21. Выбор миссии. Фото

5. Выполните настройку используемой наземной станции управления.
6. Выполните миссию.

Окончание миссии

После завершения полётного задания и выполнения миссии выводятся результаты с цветовой легендой:

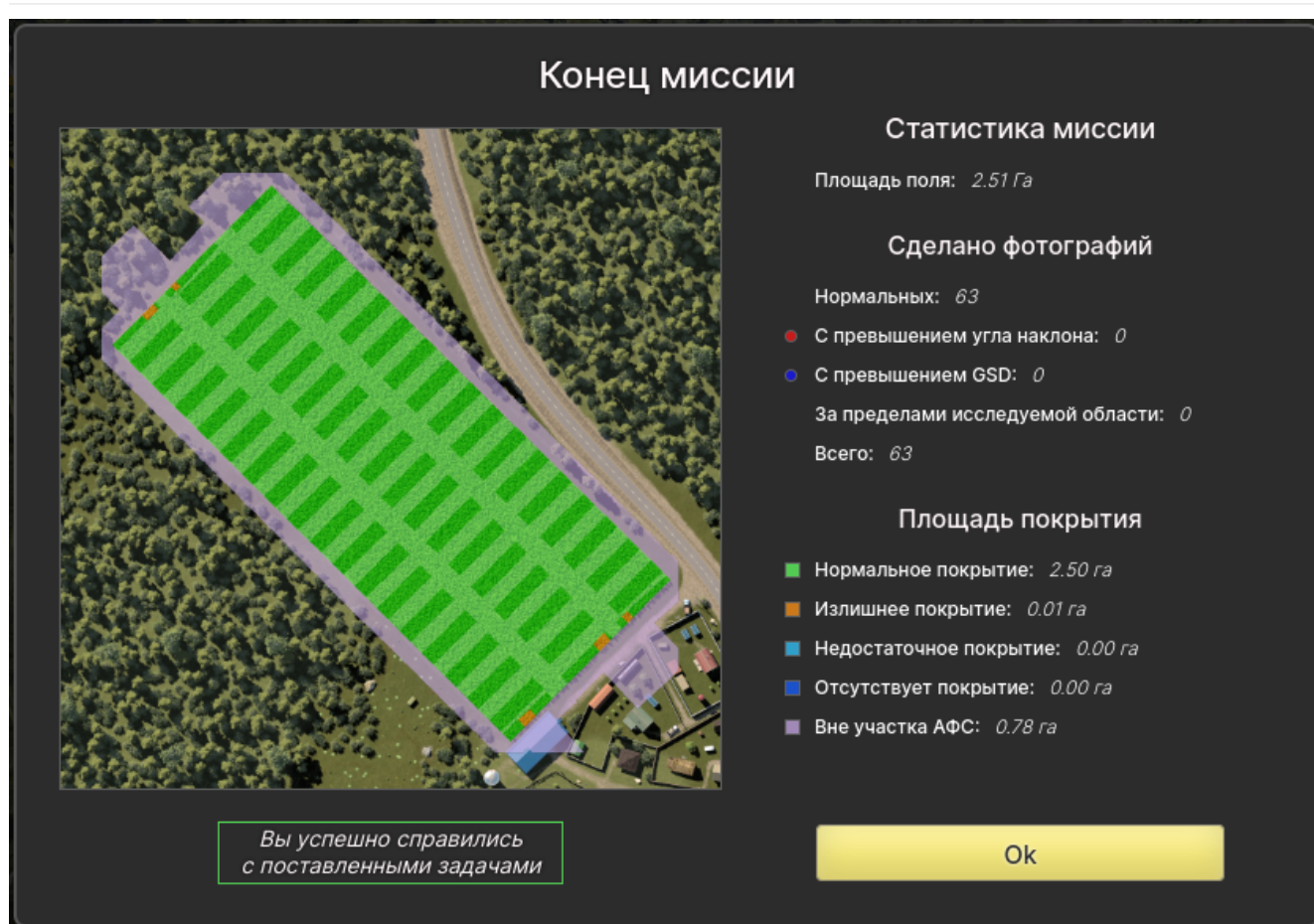


Рис. 22. Конец миссии. Успех. Режим Фото

Модальное окно содержит изображение карты произведённого покрытия и разделы:

- Статистика миссии;
- Сделано фотографий;
- Площадь покрытия

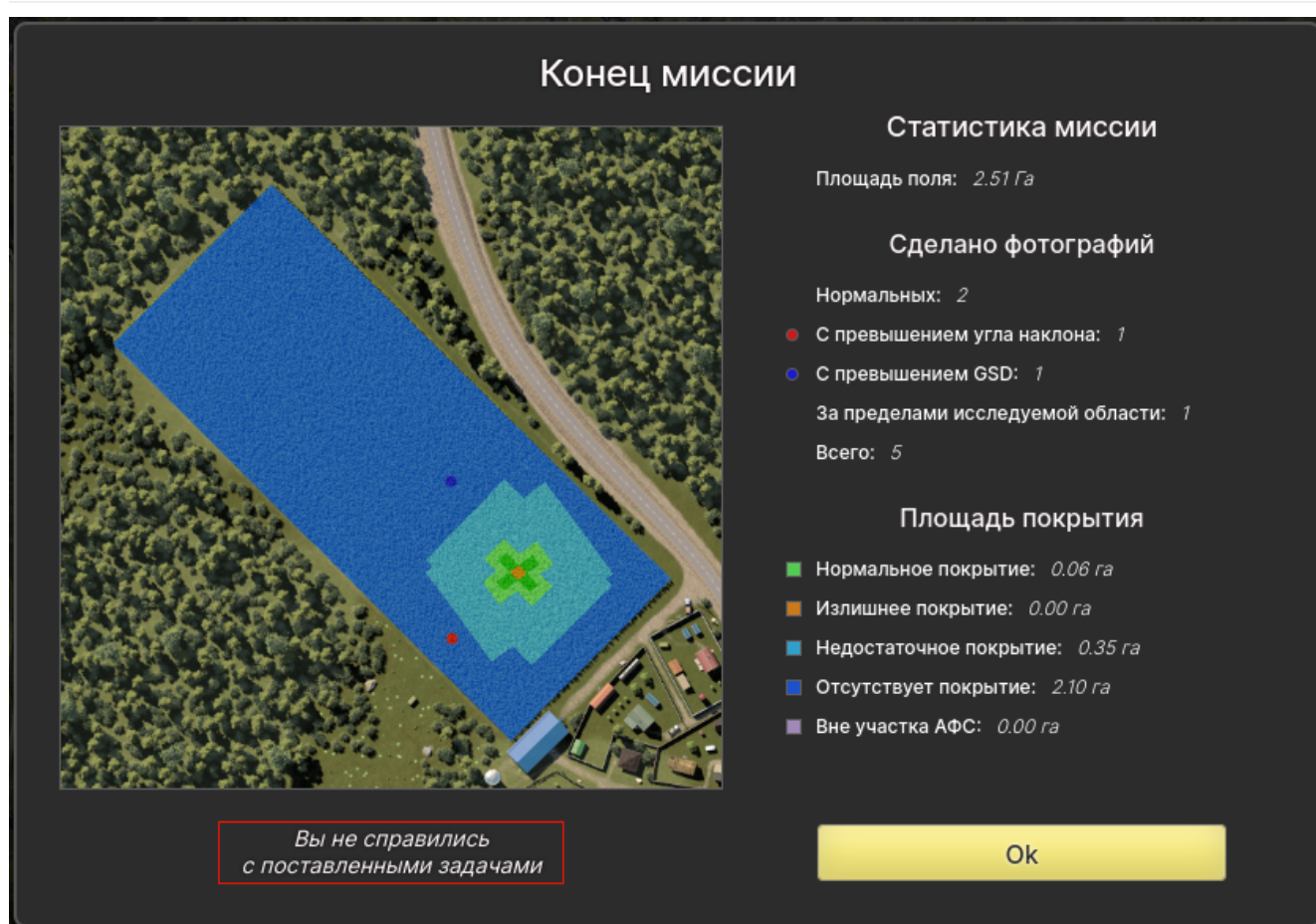


Рис. 23. Конец миссии. Неудача. Режим Фото

7. Режим «Агро»

Для выполнения миссии в данном режиме:

1. Выберите карту.

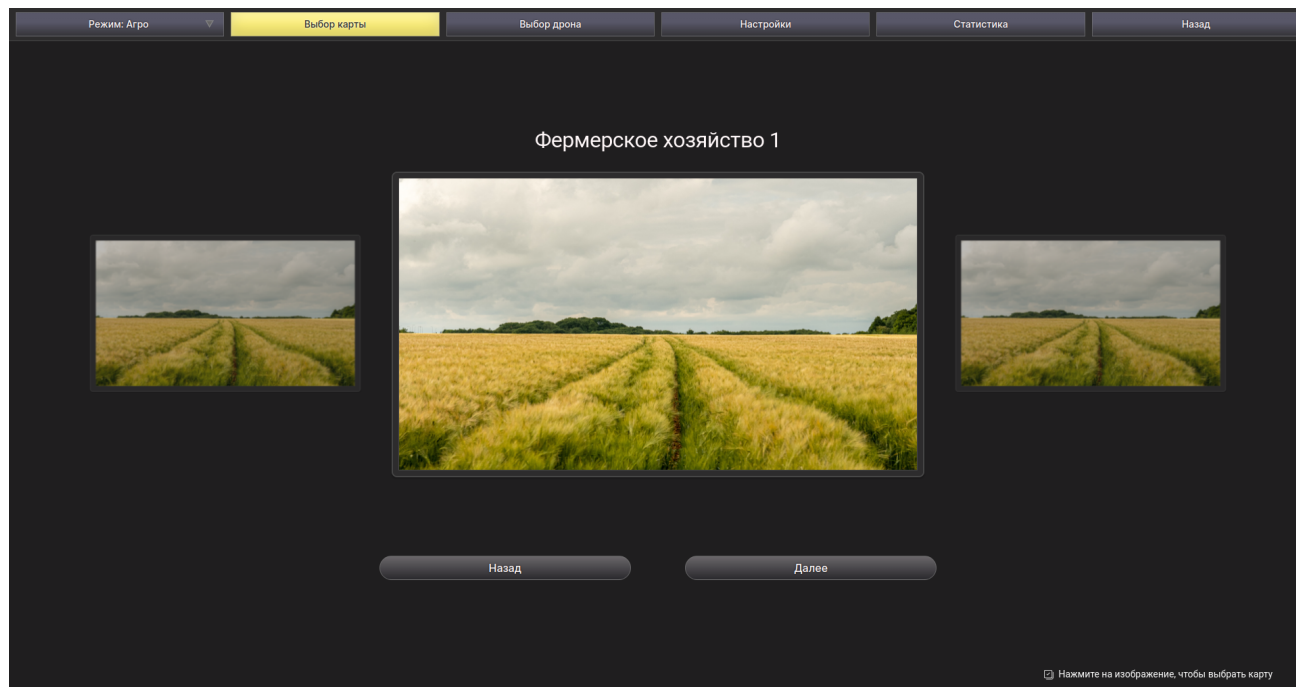


Рис. 24. Режим «Агро»

2. Нажмите на вкладку «Выбор дрона». Откроется форма со списком дронов.
3. Выберите один из подходящих дронов и нажмите на кнопку **Выбрать модель** (подробнее см. в разделе [«Выбор дрона»](#)). После выбора дрона система вернёт вас на форму, где выбранная модель дрона выделится зелёной рамкой. Станет активна кнопка **Выбрать миссию**.

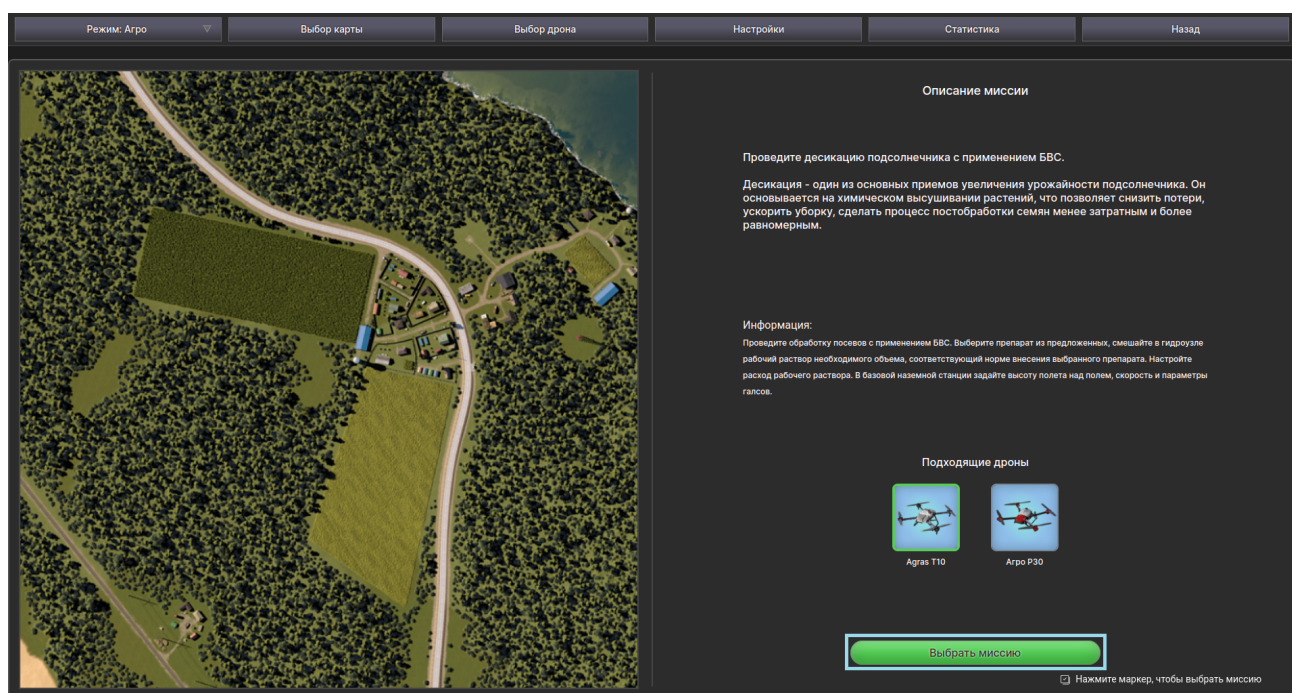


Рис. 25. Выбор миссии. Агро

4. Нажмите на кнопку **Выбрать миссию**.
5. В открывшейся форме «Гидроузел»:
 - выставьте значение количества воды (перетягивая ползунок или вводя значение в поле с клавиатуры);
 - выберите реактив:
 - выберите реактив: нажмите на изображение канистры — откроется окно для выбора реактива; при наведении указателя мыши на реактив откроется окно с информацией (спецификацией реактива):

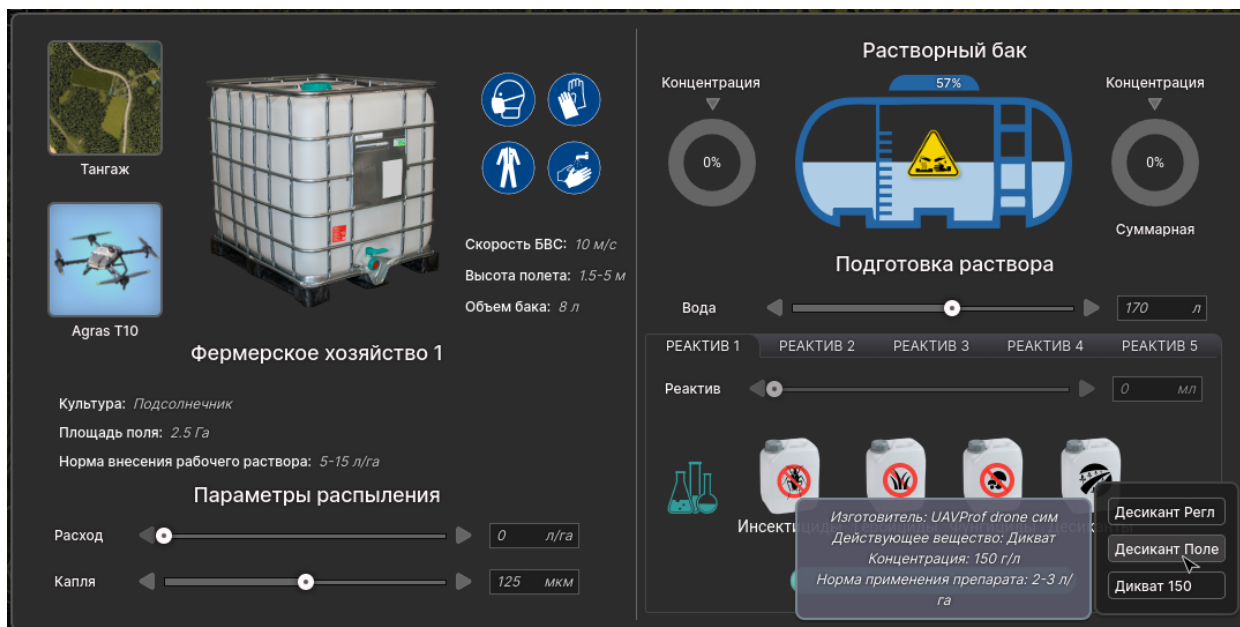


Рис. 26. Выбор реактива

- укажите количество реактива (перетягивайте ползунок или вводите значение в поле с клавиатуры);

- укажите параметры распыления (либо выставьте значение с помощью ползунка, либо задайте числовое значение):

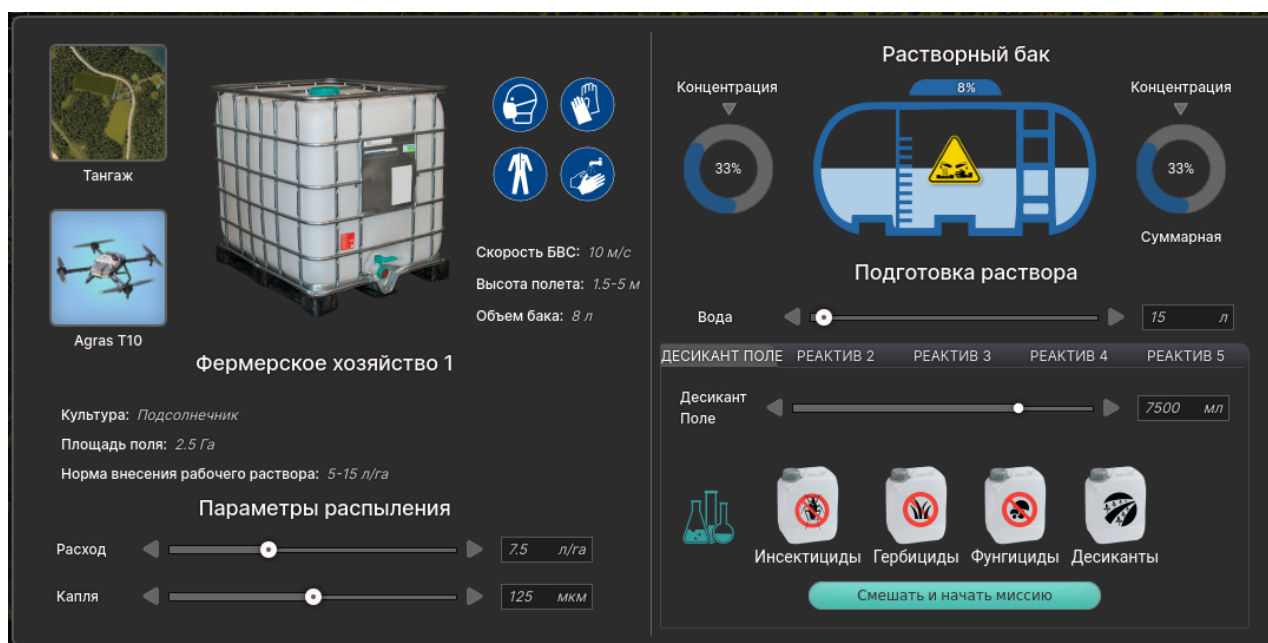


Рис. 27. Выставление параметров

- нажмите на кнопку **Смешать и начать миссию**.
- Выполните настройку используемой наземной станции управления.
 - Запустите выполнение миссии в QGroundControl.
 - Выполните миссию.

Окончание миссии

После завершения полётного задания и выполнения миссии выводятся результаты с цветовой легендой:

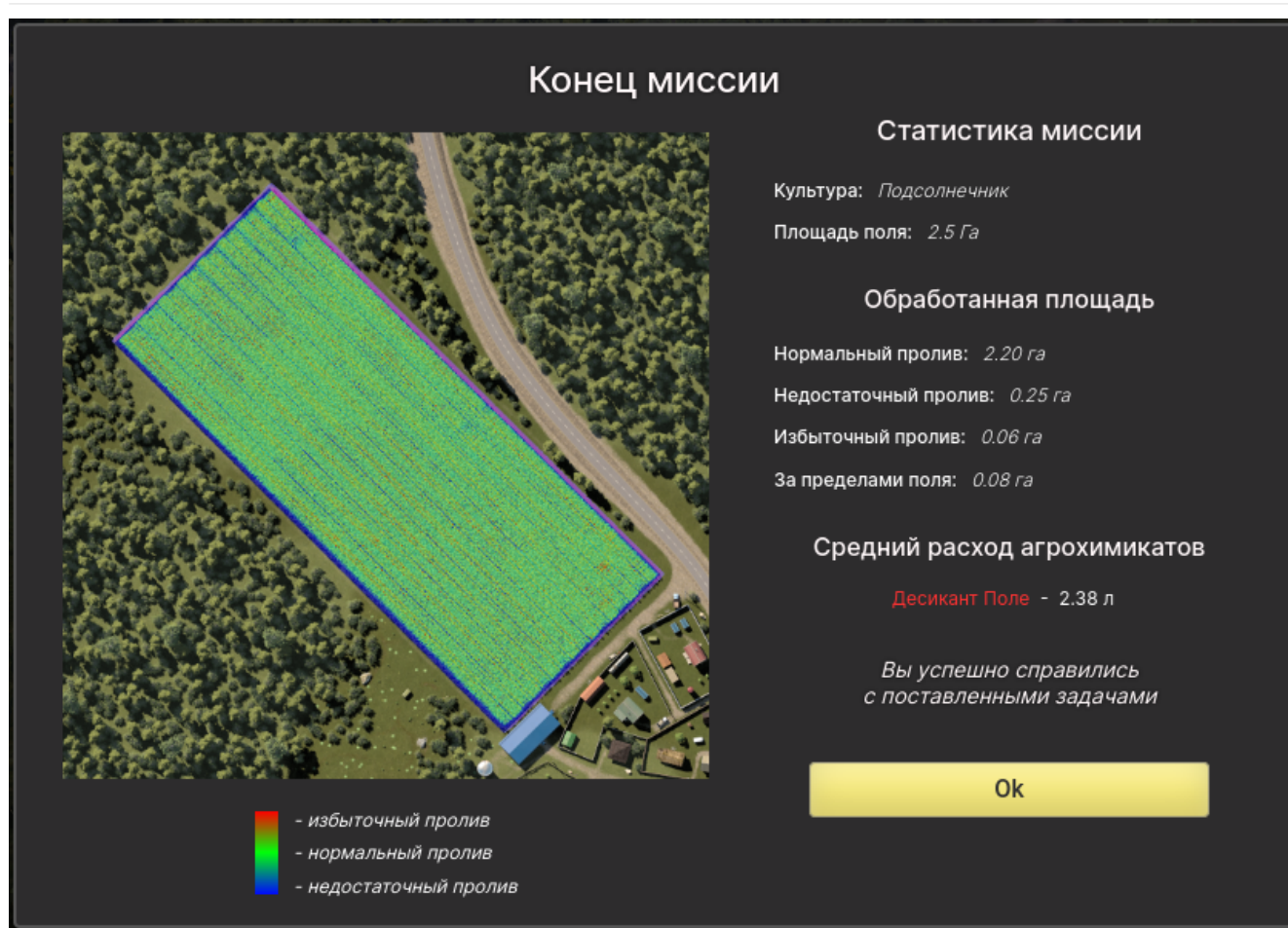


Рис. 28. Конец миссии. Режим Агро

Модальное окно содержит карту пролива и статистику с разделами:

- Статистика миссии;
- Обработанная площадь;
- Средний расход агрохимикатов.

8. Режим «Аэрогонка»

Режим состоит из следующих карт:

- [Трасса](#) (день, ночь, ветер, туман, ночь с туманом);
- [Школьный спортзал](#) (день, ночь);
- [Воздушная трасса](#) (день, ночь, ветер, туман, ночь с туманом).

8.1. Трасса

Для выполнения миссии:

1. Выберите карту.
2. Нажмите на вкладку «Выбор дрона». Откроется форма со списком дронов.
3. Выберите подходящий дрон и нажмите на кнопку **Выбрать модель** (подробнее см. в разделе [«Выбор дрона»](#)). После выбора дрона система вернёт вас на форму миссии, где выбранная модель дрона выделится зелёной рамкой. Станет активна кнопка **Выбрать миссию**.
4. Нажмите на кнопку **Выбрать миссию**.

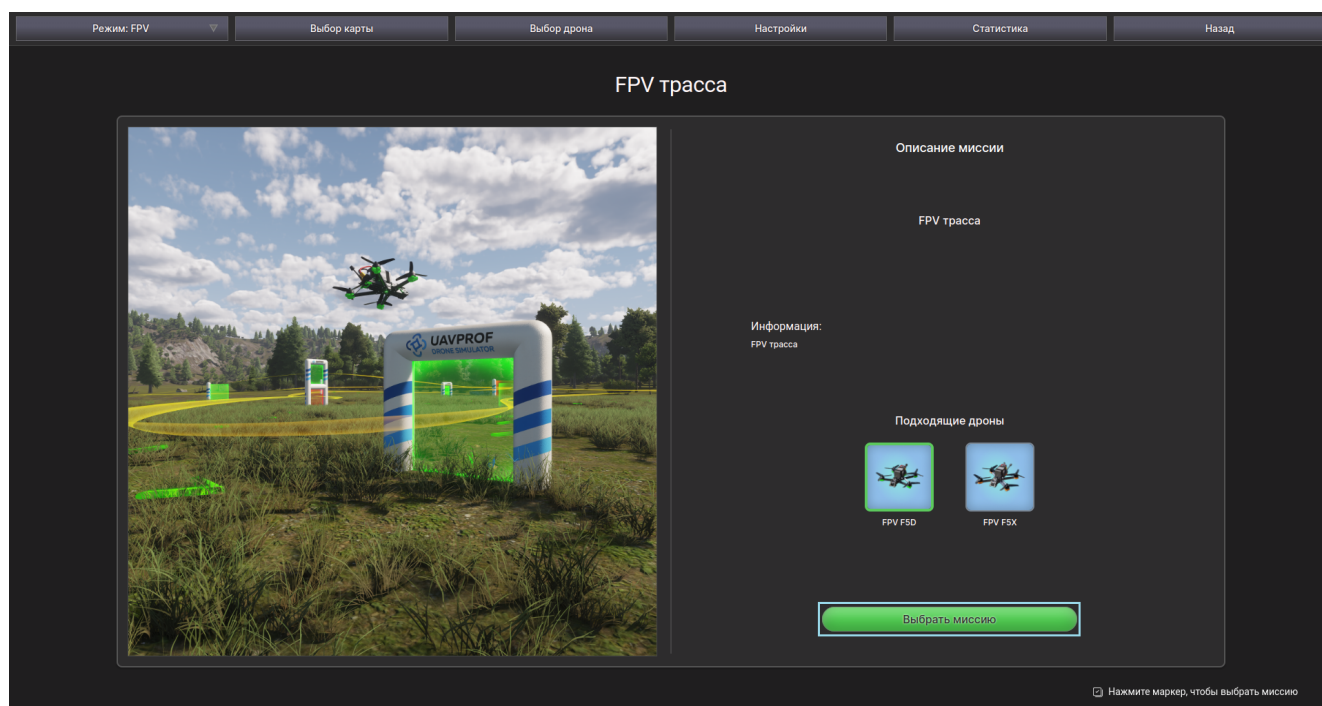


Рис. 29. Выбор миссии. Трасса

Выполнение заданий

При выполнении заданий ориентируйтесь на графические подсказки и указатели.

Жёлтая линия обозначает требуемый маршрут движения. Зелёными стрелками обозначено направление движения.

Ворота, которые необходимо пролететь, окрашены в зелёный цвет. При нарушении направления полёта ворота окрашиваются в красный цвет. Следующие по маршруту ворота — жёлтые. Пройденные согласно заданию ворота окрашиваются в красный цвет с двух сторон.

В правом верхнем углу отображается таймер задания и ход его выполнения.

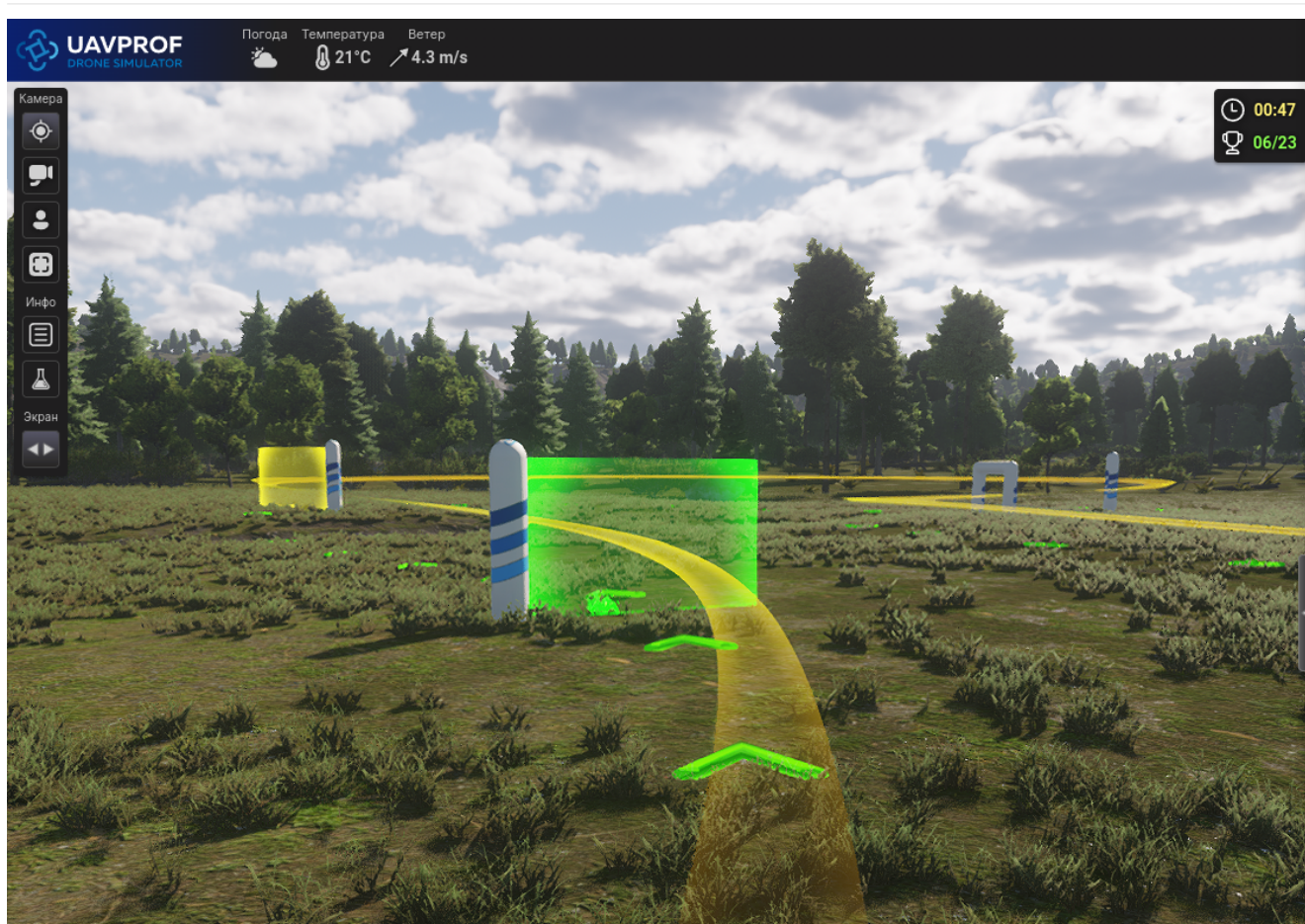


Рис. 30. Выполнение задания. Трасса

Для успешного выполнения задания следуйте по обозначенному маршруту.

Конец миссии

После успешного выполнения задания откроется модальное окно:

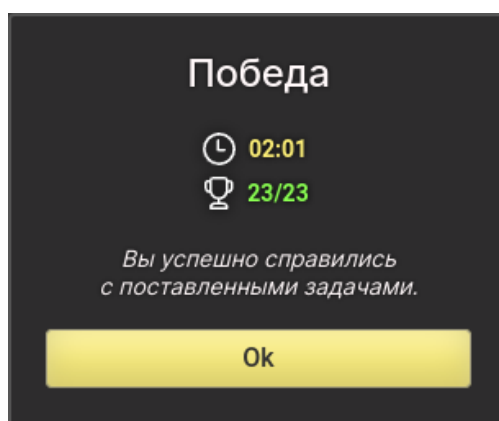


Рис. 31. Конец миссии

8.2. Школьный спортзал

Для выполнения миссии:

1. Выберите карту.
2. Нажмите на вкладку «Выбор дрона». Откроется форма со списком дронов.
3. Выберите подходящий дрон и нажмите на кнопку **Выбрать модель** (подробнее см. в разделе [«Выбор дрона»](#)). После выбора дрона система вернёт вас на форму миссии, где выбранная модель дрона выделится зелёной рамкой. Станет активна кнопка **Выбрать миссию**.
4. Нажмите на кнопку **Выбрать миссию**.

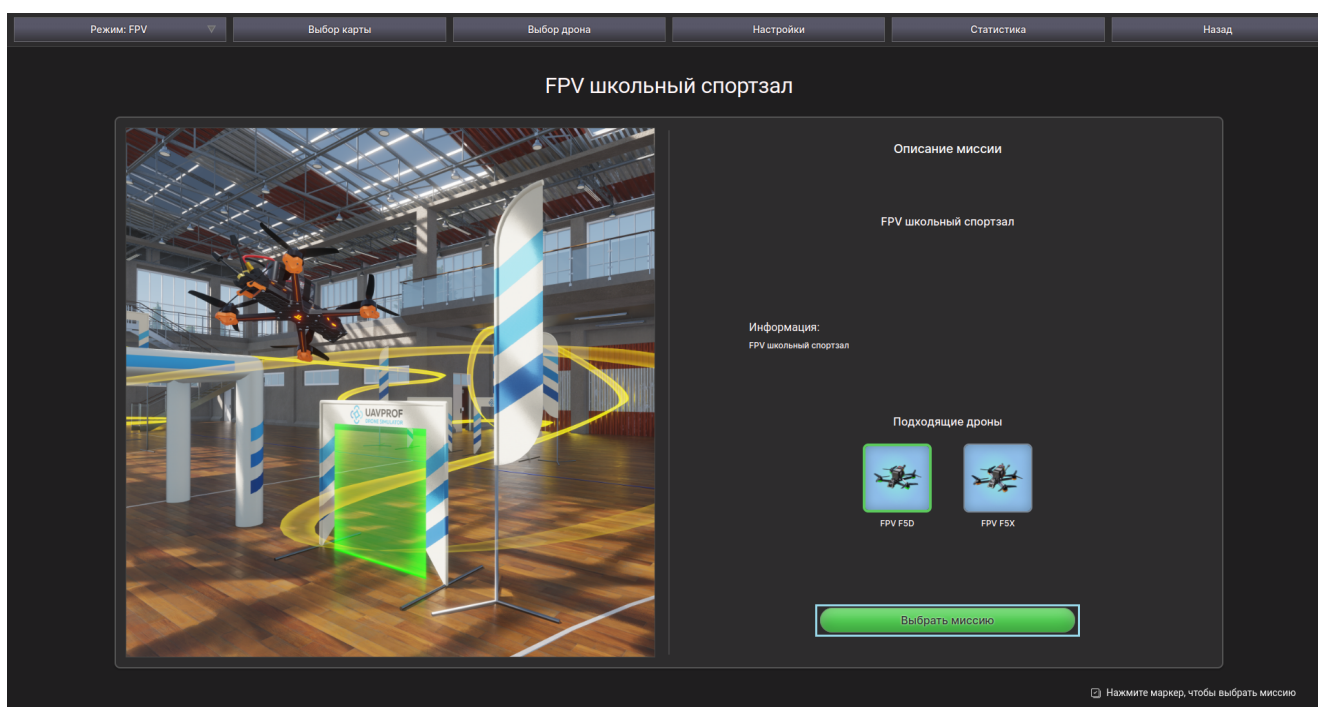


Рис. 32. Выбор миссии. Школьный спортзал

Выполнение заданий

При выполнении заданий ориентируетесь на графические подсказки и указатели.

Жёлтая линия обозначает требуемый маршрут движения.

В дневном режиме ворота, которые необходимо пролететь, окрашены в зелёный цвет. При нарушении направления полёта ворота окрашиваются в красный цвет. В ночном режиме ориентируйтесь на жёлтую линию маршрута.

В правом верхнем углу отображается таймер задания и ход его выполнения.



Рис. 33. Выполнение задания. Школьный спортзал

8.3. Воздушная трасса

Для выполнения миссии:

1. Выберите карту.



При выборе миссии с отключенными столкновениями с трубой в процессе полёта можно вылетать за пределы графической зоны трубы и возвращаться обратно, не разбиваясь.

2. Нажмите на вкладку «Выбор дрона». Откроется форма со списком дронов.
3. Выберите подходящий дрон и нажмите на кнопку **Выбрать модель** (подробнее см. в разделе [«Выбор дрона»](#)). После выбора дрона система вернёт вас на форму миссии, где выбранная модель дрона выделится зелёной рамкой. Станет активна кнопка **Выбрать миссию**.
4. Нажмите на кнопку **Выбрать миссию**.

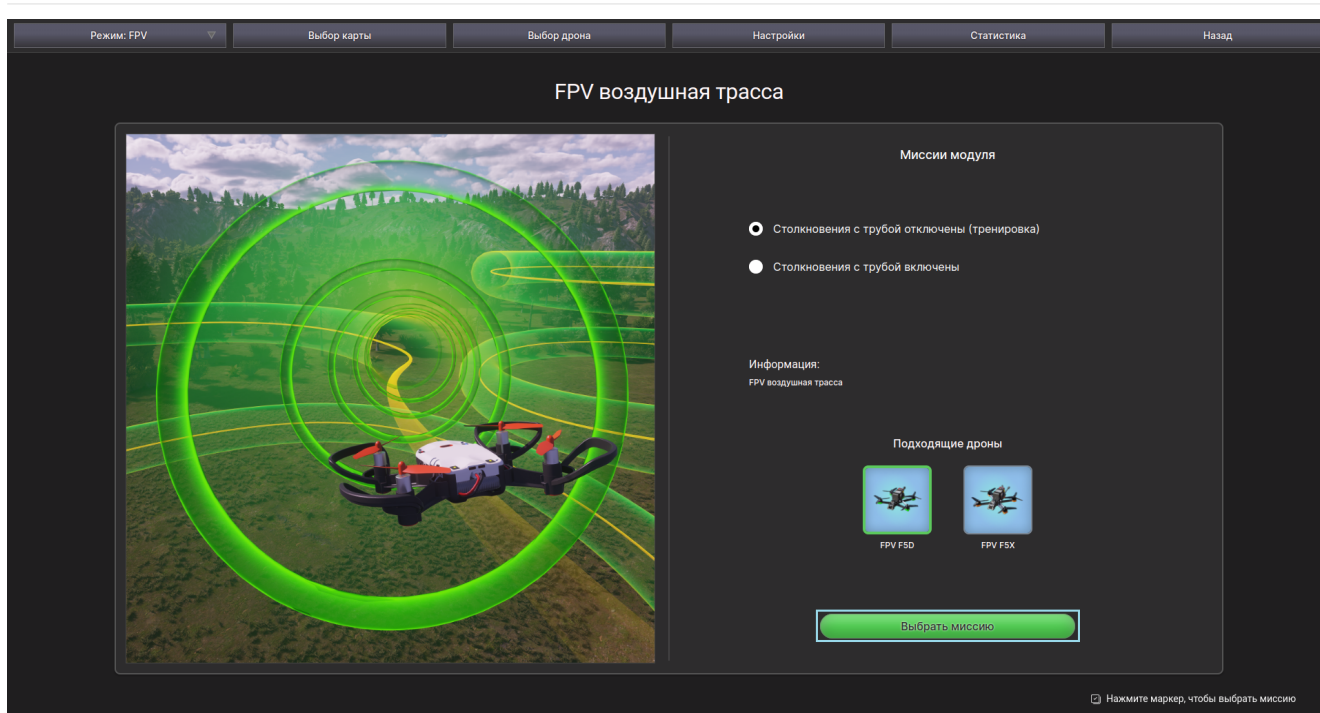


Рис. 34. Выбор миссии. Воздушная трасса

Выполнение заданий

При выполнении заданий ориентируйтесь на графические подсказки и указатели.

Жёлтая линия обозначает требуемый маршрут движения. Зелёными стрелками обозначено направление движения.

Ворота, которые необходимо пролететь для прогресса выполнения миссии, окрашены в зелёный цвет. При нарушении направления пролёта ворота окрашиваются в красный цвет. Внутри трубы необходимые для пролёта ворота — кольца бирюзового цвета.

В правом верхнем углу отображается таймер задания и ход его выполнения — количество пройденных ворот и бирюзовых колец.

Для успешного выполнения задания следуйте по обозначенному маршруту.

9. Статистика

На форме отображается статистика — прогресс пользователя:

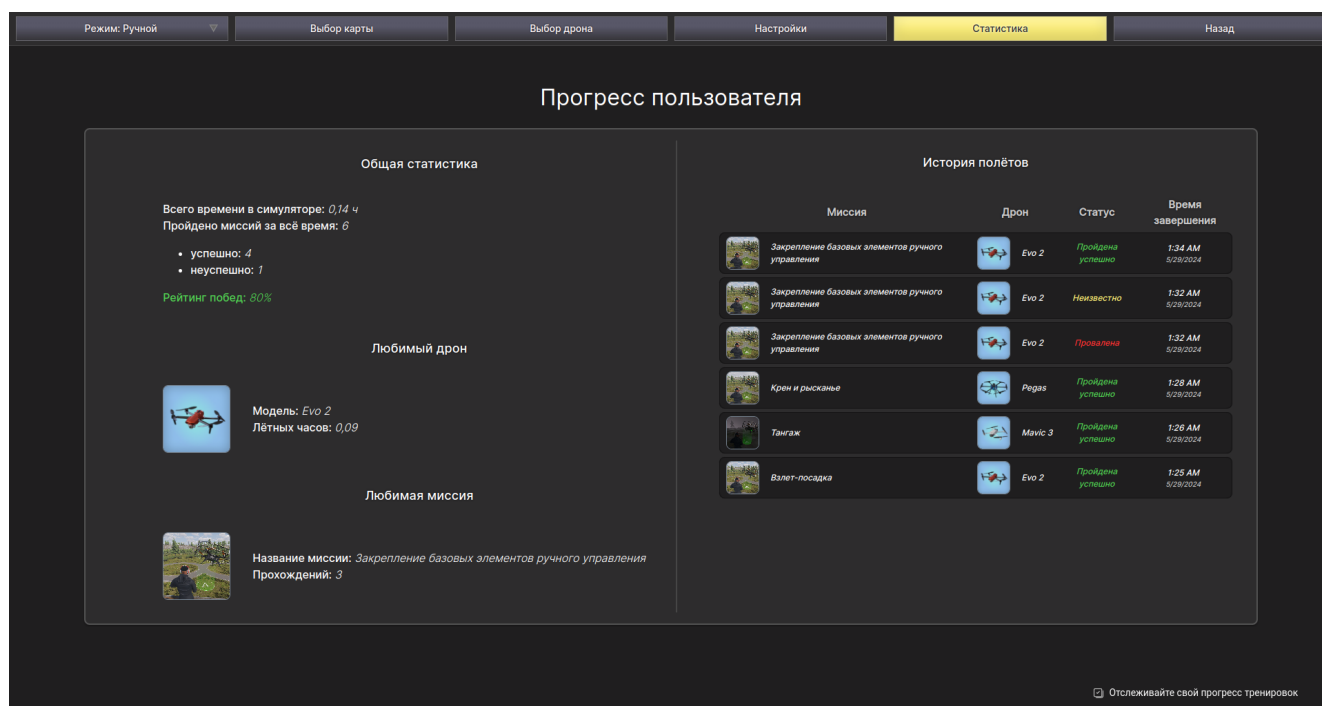


Рис. 35. Статистика

Прогресс пользователя отображается по разделам:

1. Общая статистика:
 - Всего времени в симуляторе;
 - Пройдено миссий за всё время:
 - успешно;
 - неуспешно;
 - Рейтинг побед.
2. Любимый дрон — дрон, который использовал пользователь наиболее часто при прохождении миссий;
3. Любимая миссия — миссия, которую пользователь проходил чаще остальных;
4. История полётов — сводные данные по пройденным миссиям, использованным в них дронах, статусах прохождения миссий и времени завершения.

10. Создание и редактирование карт

Доступно создание и редактирование карт. Для этого:

1. Зарегистрируйтесь на [сайте Unigine](#).
2. Скачайте Unigine Community SDK версии 2.18.1.



Информация по работе с Unigine доступна на [сайте](#).

3. Создайте проект, в который импортируйте карту из файла polygon_mini.upackage, поставляемого с дистрибутивом продукта.

11. Симулятор для разработки алгоритмов управления дронами

Симулятор для разработки алгоритмов управления дронами позволяет использовать его для двух уровней сложности — студенческого и профессионального.

Для запуска Симулятора используется командная строка, а ПО участников подключается к автопилоту по сети через MAVLink по UDP и к Симулятору через ROS 2.

11.1. Модели аппаратов

В зависимости от дисциплины и уровня сложности, используется одна или группа из следующих моделей БПЛА мультироторного типа:

- FPV F5D Auton;
- FPV F5D Auton GPS (доступна GPS);
- FPV F5D Auton LPS (доступна LPS — система локального позиционирования).

Наборы параметров автопилотов указаны в файлах, расположенных в директории params соответствующей версии Симулятора (<https://gitflic.ru/project/uavprofsim/parma-bas/file?file=docs%2Fparams>):

- fpv_f5d_auton.params — для FPV F5D Auton;
- fpv_f5d_auton_gps.params — для FPV F5D Auton GPS;
- fpv_f5d_auton_lps.params — для FPV F5D Auton LPS.

Описание параметров автопилота см. https://docs.px4.io/v1.13/en/advanced_config/parameter_reference.html.

11.1.1. Общая информация для всех аппаратов

- Масса: 0.696 кг;
- размер: 0.263 x 0.316 x 0.089 м;
- доступна [камера](#);
- PX4 1.13.2.

Табл. 1. Координаты пропеллеров относительно центра масс

№	x, м	y, м	z, м
1	0.068	-0.094	0.010
2	-0.068	0.082	0.010
3	0.068	0.094	0.010
4	-0.068	-0.082	0.010

11.1.2. Камера

На всех моделях аппаратов доступна камера со следующими характеристиками:

- цветное изображение (RGB);
- вертикальный угол обзора (VFOV) — 86.8 градусов;

- разрешение 1280x720 пикселей;
- максимальное количество кадров в секунду (FPS) – 60;
- изображения передаются через топик ROS 2;
- координаты относительно центра масс: (0.107 м, 0.000 м, 0.000 м);
- угол наклона (тангаж): 20 градусов.

11.2. Системы координат

Используются следующие системы координат:

- локальная система координат автопилота;
- локальная система координат Симулятора;
- глобальная система координат ГНСС.

Базисы, соответствующие осям X, Y, Z локальных систем координат:

- ENU (Восток-Север-Вверх) для локальной системы координат Симулятора, сообщений ROS/MAVROS;
- NED (Север-Восток-Вниз) для автопилота PX4 и сообщений MAVLink.

Точке отсчета (0, 0, 0) локальной системы координат Симулятора соответствует точка (Широта, Долгота, Высота) глобальной системы координат, задаваемая в JSON-файле параметров (свойства `latitude`, `longitude`, `altitude` объекта `/session/world`). Все координаты объектов в текущем документе заданы в базисе ENU (Восток-Север-Вверх) локальной системы координат Симулятора.

11.3. Алгоритм управления

Управление каждым аппаратом в группе происходит с помощью алгоритма, разрабатываемого Командой.

Управляющие воздействия на аппараты выдаются в одном из следующих вариантов:

- по точкам в локальной системе координат;
- по точкам в глобальной системе координат;
- по скоростям в локальной и глобальной системах координат;
- по ускорениям;
- по тяге и ориентации/угловым скоростям аппарата.

Алгоритмы должны быть или уникальными или иметь принципиальные отличия от общедоступных.

11.3.1. Управляющие воздействия

Программное управление автопилотом извне выполняется с помощью трех MAVLink-сообщений:

- [SET_POSITION_TARGET_LOCAL_NED](#);
- [SET_POSITION_TARGET_GLOBAL_INT](#);
- [SET_ATTITUDE_TARGET](#).

Сообщения ROS/MAVROS, соответствующие MAVLink-сообщениям:

- [PositionTarget](#);
- [GlobalPositionTarget](#);
- [AttitudeTarget](#).

Код обработки на стороне автопилота (для справки и уточнения деталей реализации):

- [SET_POSITION_TARGET_LOCAL_NED](#);
- [SET_POSITION_TARGET_GLOBAL_INT](#);
- [SET_ATTITUDE_TARGET](#).

Первое сообщение позволяет управлять в локальной системе координат по точкам, скоростям, ускорениям, рысканию и скорости рыскания.

Второе — в глобальной системе координат по точкам (широта, долгота, высота), скоростям, ускорениям, рысканию и скорости рыскания.

Третье — по положению в пространстве (кватерниону), скоростям крена, тангажа и рыскания, нормированному значению тяги.

В каждом сообщении возможны разные комбинации управления, которые задаются специальным полем-маской. Не все комбинации могут приниматься автопилотом, для уточнения необходимо обращаться к исходным кодам (см. выше). Примеры реализации управления по точкам и скоростям в локальной системе координат представлены в файлах:

- `ros1-group` — пример управления группой аппаратов через ROS;
- `ros2` — пример для студенческой гонки;
- `ros2-group` — пример управления группой аппаратов через ROS 2.

11.3.2. Изменение коэффициентов ПИД регуляторов автопилота

Значения коэффициентов ПИД-регуляторов автопилота выведены в соответствующие параметры (описание параметров см. в разделе [Модели аппаратов](#)). Описание ПИД-регуляторов и рекомендации по их изменению представлены в Multicopter PID Tuning Guide [Basic](#) и [Advanced](#). Пример реализации считывания и изменения параметров представлен в файле `examples/group.py`.

11.4. Формации

Формации представляют собой совокупность точек пространства, в каждой из которых должен находиться один аппарат группы. При этом нахождение каждого из аппаратов группы задается алгоритмом, разработанным участником соревнований.

11.5. Использование камеры аппарата



При включении камеры происходит повышение нагрузки на CPU и GPU. Получаемый FPS зависит от технических характеристик ПК. Чтобы повысить FPS (в рамках ограничения), можно уменьшить размер окна Симулятора.



Чтобы включить камеру в окне Симулятора, нажмите на кнопку

Для получения изображений с камер аппарата используйте [ROS 2](#). Для получения изображений рекомендуется [написать подписчика](#) с использованием библиотеки [image_transport](#).

11.6. Горячие клавиши переключения видов

В Симуляторе доступны следующие виды:

- вид от первого лица (F1);
- вид от третьего лица (F2);
- вид со свободной камеры (F3);
- вид от лица пилота (F4);
- вид от третьего лица для группы моделей аппаратов (F5).

По клавише С происходит циклическое переключение между видами.

Переключение между аппаратами осуществляется:

- по номеру аппарата (нумерация начинается с 1) с помощью цифровых клавиш;
- на следующий и предыдущий аппараты с помощью клавиш X и Z соответственно.

11.7. Переключение на Vulkan

По умолчанию Симулятор использует OpenGL, но для повышения производительности имеется возможность переключиться на Vulkan.



Стабильная работа при переключении с OpenGL на Vulkan не гарантируется.

Для переключения на Vulkan в файле client/start.sh после первой строки добавьте строку:

```
GAPI="vk"
```

11.8. Начало работы

Запустите кластер симулятора:

```
./cluster.sh settings/ИМЯ.json
```

ИМЯ — имя файла параметров запуска, которое зависит от дисциплины и уровня сложности (один из json-файлов директории settings).



Устанавливая и запуская Симулятор, вы соглашаетесь с условиями лицензии.

11.9. Дисциплины

Интерфейс Симулятора позволяет тренироваться в следующих дисциплинах:

- [Синхронный полёт](#);
- [Командная гонка](#);
- [Уход от столкновения](#).

11.9.1. Синхронный полёт

В рамках дисциплины «Синхронный полет» задача — разработать и запрограммировать алгоритм, позволяющий группе из 6 беспилотных аппаратов преодолеть гоночную трассу, выстраиваясь перед трибунами зрителей в геометрические формации различной сложности.

Гоночная трасса

Гоночная трасса представляет собой футбольный стадион.

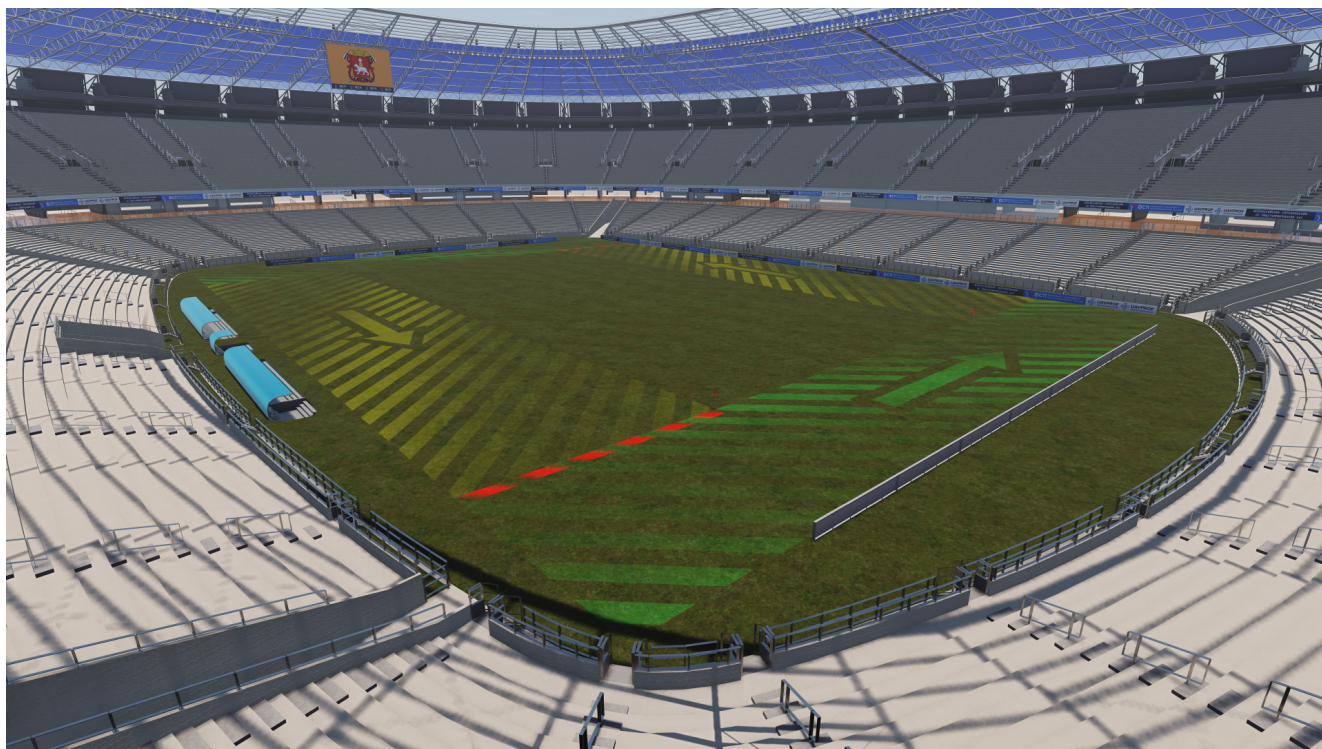


Рис. 36. Синхронный полёт. Трасса

Полет группы аппаратов осуществляется над выделенными зонами поля по направлению против часовой стрелки.

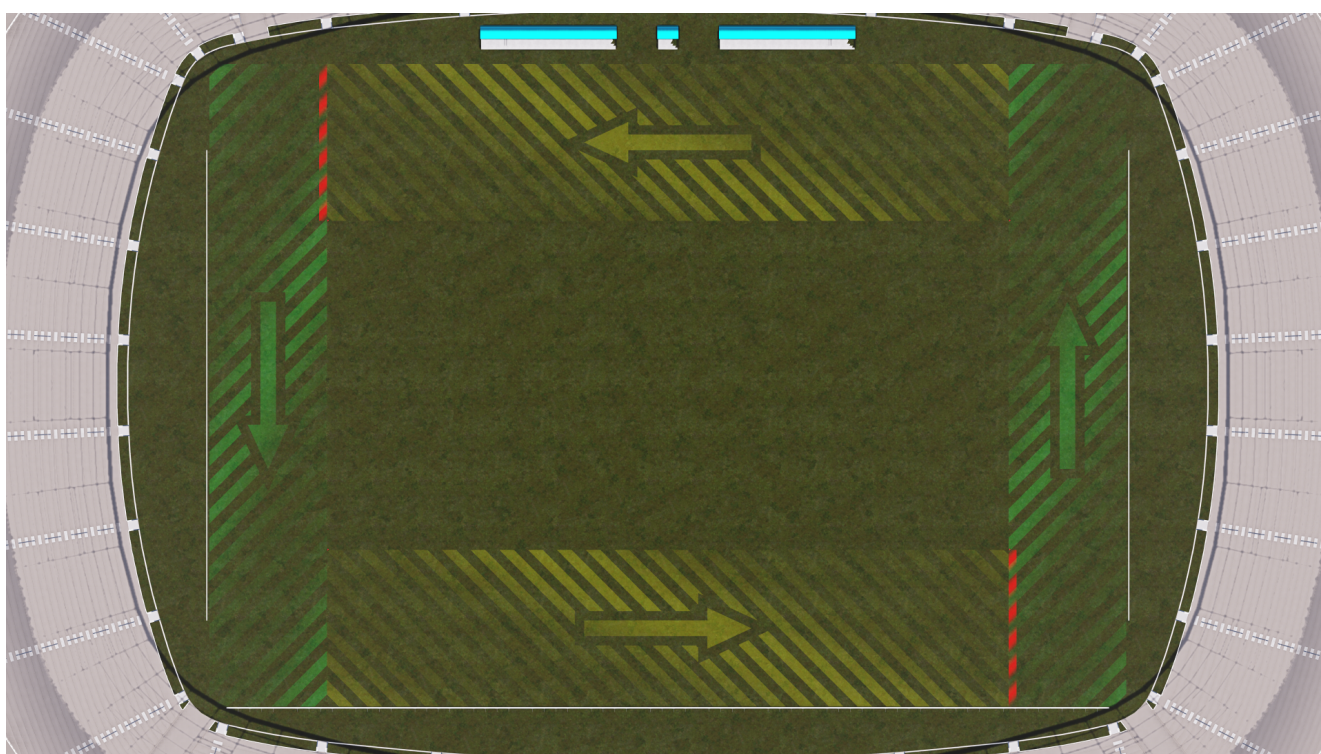


Рис. 37. Зоны поля

Зоны пролета — части поля, отмеченные желтым цветом.

Над зонами пролета группа аппаратов должна двигаться, поддерживая формацию (взаимное пространственное расположение) в соответствии с полученным заданием.

Размеры зон пролета, в метрах:

- длина — 87;
- ширина — 20;
- высота — 40.

Зоны перестроения — части поля, отмеченные зеленым цветом.

Пролетая над зонами перестроения, группа аппаратов должна перестроиться в новую формацию в соответствии с полученным заданием.

Размеры зон перестроения в метрах:

- длина — 82;
- ширина — 15;
- высота — 40.

Центры зон пролета расположены по следующим координатам: (0, 31) и (0, -31). Центры зон перестроения: (51, 0) и (-51, 0).

Место старта находится в первой зоне перестроения (51, 0).

Формации

Формации задаются в относительной системе координат (базис системы совпадает с базисом системы симулятора, а точка отсчета произвольна).

Например, построение в виде буквы «Т» из шести аппаратов может быть задано в таком виде:

$(0, -3, 11), (0, -1, 11), (0, 1, 11), (0, 3, 11), (0, 0, 8), (0, 0, 5)$

Задание

Задача пользователя — разработать алгоритм управления группой аппаратов, который автоматически:

- распределит месторасположение аппаратов в каждой из формаций;
- выдаст управляющие воздействия на аппараты для поддержания формаций;
- выдаст управляющие воздействия на аппараты для перестроения между формациями;
- выдаст управляющие воздействия на аппараты для перемещения по гоночной трассе для выполнения полного полетного задания.

Для Студенческого уровня

Полное полётное задание в виде последовательности и набора необходимых для выполнения формаций известно заранее:

- первая формация — буква «Т»:

$(0, -3, 11), (0, -1, 11), (0, 1, 11), (0, 3, 11), (0, 0, 8), (0, 0, 5)$

- вторая — «Е»:

$(0, 0, 11), (0, 3, 11), (0, 0, 8), (0, 3, 8), (0, 0, 5), (0, 3, 5)$

- третья — «С»:

$(0, 1, 9), (0, 0, 11), (0, -2, 9), (0, -2, 7), (0, 0, 5), (0, 1, 6)$

- четвертая — снова «Т».

В каждой зоне пролета (до выхода из нее) должна поддерживаться одна формация согласно полученному полетному заданию. После чего в зоне перестроения должно быть выполнено перестроение в следующую по полетному заданию формацию, и поддержание созданной формации в ближайшей зоне пролета по направлению движения (показано стрелками).

Для Профессионального уровня

При запуске Симулятора автоматически выдается полетное задание в виде необходимой для выполнения формации в ближайшей зоне пролета по направлению движения (показано стрелками). В тот момент, когда все аппараты переходят из зоны пролета в зону перестроения (красные линии), выдается следующее полетное задание в ближайшей зоне пролета по направлению движения.

Выдача полетного задания происходит с помощью системы ROS 2. При запуске симулятора также запускается ROS 2-нода, публикующая в ROS 2-топик `formation` текущие относительные координаты для построения формации в формате

`geometry_msgs/msg/PoseArray`

Запуск

Команда для запуска Симулятора выглядит следующим образом.

Студенческий уровень:

```
./cluster.sh settings/formation_stud_test_settings.json
```

Профессиональный уровень:

```
./cluster.sh settings/formation_prof_test_settings.json
```

Критерии оценивания

Измеряются следующие критерии:

- время прохождения трассы.

Таймер запускается при взлёте хотя бы одного аппарата, а завершается после прохождения зоны пролёта последней формации.

- Количество столкновений.

Повторное столкновение засчитывается только через 0,5 секунды после первого столкновения. Два столкновения учитываются единожды, если между ними прошло менее 0,5 секунды.

- Длительность вылета за пределы ограничительной зоны.

Суммарное время, проведённое как минимум одним аппаратом за пределами ограничительной зоны во время прохождения зоны пролёта.

- Отклонение от формации.

При пролёте зоны показа в каждый момент времени через равные промежутки времени измеряется среднеквадратическое отклонение (СКО) положения аппаратов от точек формации. Для каждой зоны показа вычисляется среднеквадратическое значение СКО (СКСКО). После этого вычисляется сумма СКСКО по зонам пролёта.

11.9.2. Командная гонка

В рамках дисциплины «Командная гонка» задача — разработать и продемонстрировать работоспособность алгоритма, позволяющего беспилотному аппарату пролететь гоночную трассу с использованием технического зрения.

Гоночная трасса

Гоночная трасса представляет собой последовательность из 7 ворот в помещении с размерами 25.94 x 39.19 x 8.41 м. Трасса является круговой: одни ворота являются стартовыми/финишными, а остальные — промежуточными. Положения и последовательность ворот не изменяются. Трасса находится в зоне размером 20 x 25 x 6 м.

Аппарату необходимо взлететь со взлётной площадки и пролететь 3 круга.

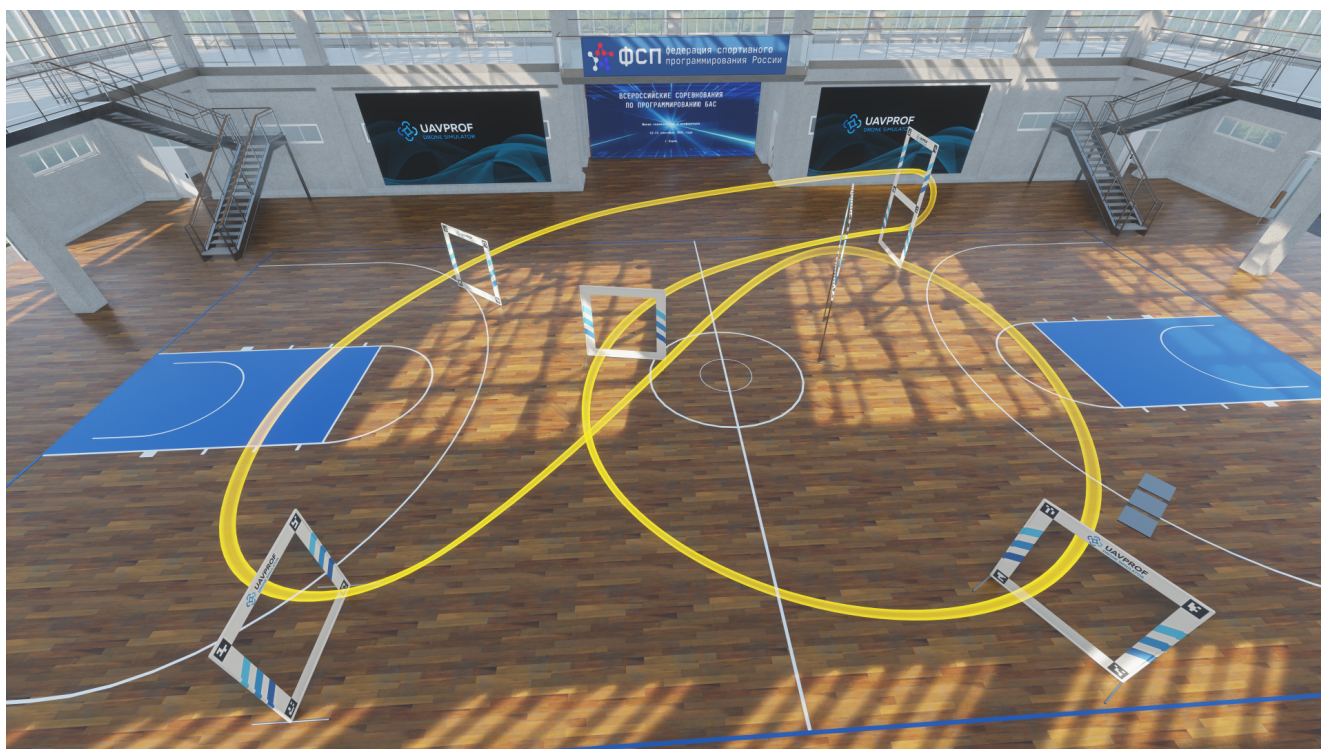


Рис. 38. Командная гонка. Трасса

Ворота — объект с квадратным отверстием 1.54 x 1.54 м, через которое необходимо пролететь аппарату. Чтобы пролететь ворота, аппарату необходимо центром масс пересечь плоскость отверстия (внутри отверстия) в правильном направлении.

На воротах со стороны, в которую нужно влететь, рядом с углами отверстия нанесены ArUco-маркеры размером 0.19 x 0.19 м (коды маркеров взяты из [словаря DICT_4X4_250 библиотеки OpenCV](#)). Номер маркера в словаре вычисляется по формуле:

$$M = N * 4 + C$$

где:

- $N \in [0..6]$ — последовательный номер ворот;
- $C \in [0..3]$ — номер угла:
 - **0** — левый нижний;
 - **1** — правый нижний;
 - **2** — правый верхний;
 - **3** — левый верхний.

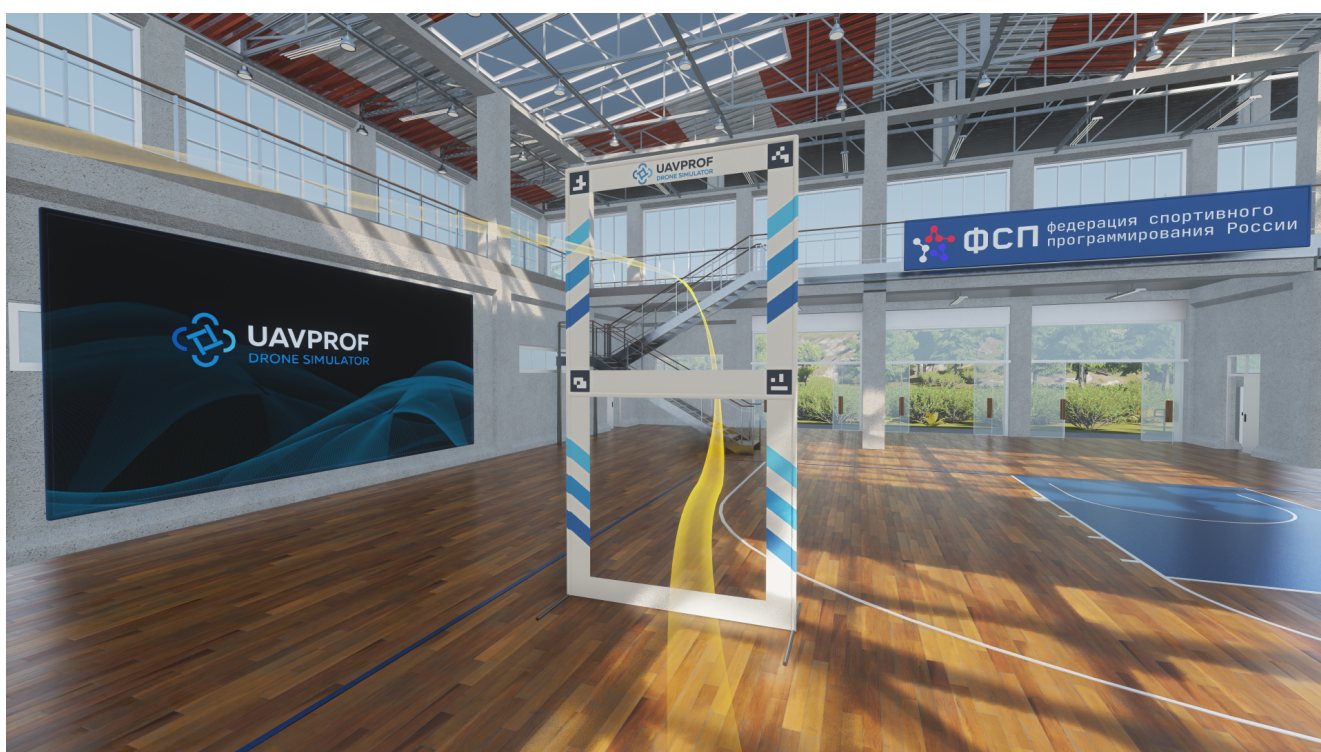


Рис. 39. Внешний вид ворот

Для визуализации (не присутствуют на изображениях с камеры аппарата) показаны: зона трассы (видна вблизи), линия трассы и отмечены ворота. Ворота, которые необходимо пролететь, окрашены в зелёный цвет. При нарушении направления пролёта ворота окрашиваются в красный цвет. Следующие ворота — жёлтые, предыдущие — красные.

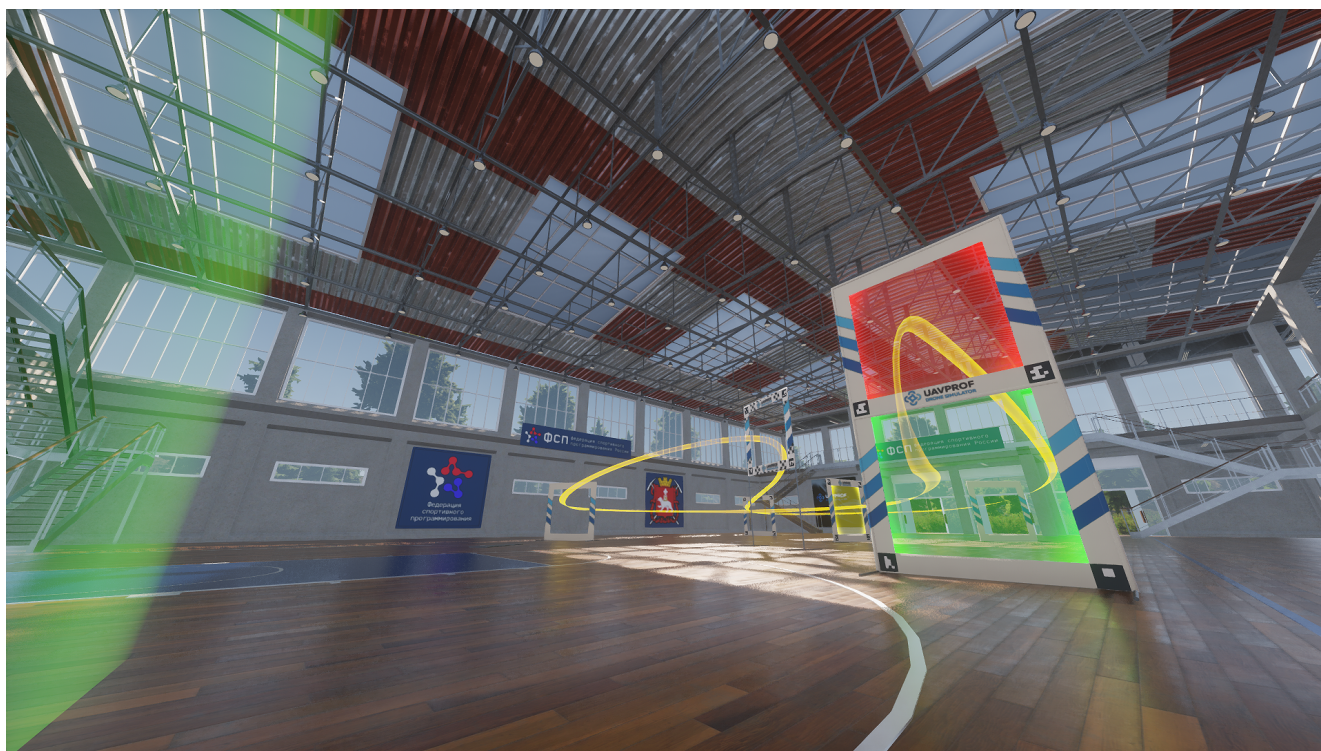


Рис. 40. Внешний вид ворот при пролёте через них

Все объекты трассы являются непроходимой преградой для аппаратов — на них работает

механизм упругого столкновения. В большинстве случаев это правило действует и для помещения (вне зоны трассы могут встречаться невидимые преграды).

Аппарат

Модель аппарата зависит от уровня сложности:

- для Студенческого — FPV F5D Auton LPS;
- для Профессионального — FPV F5D Auton.

Задание

Задача аппарата — взлететь и пролететь 3 круга гоночной трассы.

Задача пользователей — разработать алгоритм управления аппаратом, который автоматически выдаст управляющие воздействия на аппарат для выполнения задачи аппарата.

Запуск

Команда для запуска Симулятора выглядит следующим образом.

Студенческий уровень:

```
./cluster.sh settings/race_stud_test_settings.json
```

Профессиональный уровень:

```
./cluster.sh settings/race_prof_test_settings.json
```

Критерии оценивания

Измеряются следующие критерии:

- время прохождения трассы.

Таймер запускается при взлёте аппарата, а завершается после прохождения последних ворот.

- Количество столкновений.

Повторное столкновение засчитывается только через 0,5 секунды после первого столкновения. Два столкновения учитываются единожды, если между ними прошло менее 0,5 секунды.

- Длительность вылета за пределы ограничительной зоны.

Суммарное время, проведённое аппаратом за пределами ограничительной зоны.

11.9.3. Уход от столкновения

В рамках дисциплины «Уход от столкновения» задача пользователя — реализовать алгоритм управления, позволяющий БПЛА пролететь заданный маршрут, избежав столкновений с препятствиями (воздушным шаром / птицами).

Гоночная трасса

Полигон представляет собой участок горной пересеченной местности.



Рис. 41. Уход от столкновения. Трасса

Маршрут представляет собой ломаную линию, заданную координатами ее вершин (точек маршрута). Полет по маршруту начинается при взлете аппарата и заканчивается при его посадке на посадочную площадку с расстоянием 3 метра до центра этой площадки. При полете по маршруту требуется строгое поддержание траектории. Допустимая зона находится вокруг линии маршрута не дальше некоторого расстояния **R** от нее.

В качестве препятствий выступают воздушный шар / птицы, местоположение которых не зависит от перемещений аппарата.



Рис. 42. Пример препятствия

Птицы имеют внешний коллайдер (объект, определяющий форму и размер зоны столкновения). Птиц следует облетать:

- на расстоянии 2-3 метра выше их траектории полета;
- 3-4 метра ниже их траектории;
- 5 метров слева/справа.

Воздушный шар обладает коллайдером, соответствующим его визуальной модели; его целесообразно облетать слева или справа.

Задание

Задача пользователя — разработать алгоритм управления аппаратом, который автоматически:

- выдаст управляющее воздействие на аппарат для перемещения по маршруту;
- определит препятствия, с которыми может произойти столкновение;
- выдаст управляющее воздействие для избегания столкновений.

Для Студенческого уровня положение препятствий, а также их габаритные размеры выдаются в течение полета аппарата, при нахождении препятствия на расстоянии обнаружения L от аппарата.

Для Профессионального уровня параметры динамических препятствий необходимо определять с помощью оптических камер аппарата.

Координаты точек маршрута в локальной системе координат Симулятора:

```
[ 549.75,    207.8,    98.56658],
[ 549.75,    207.8,    125.0   ],
[ 580.0,     366.0,    125.0   ],
[ 624.55501, 598.40931, 70.0    ],
```

```
[ 928.84280, 947.73771, 95.0 ],
[ 965.0, 1238.0, 100.0 ],
[1108.28750, 1443.92409, 105.0 ],
[ 933.8, 1701.4, 140.0 ],
[ 933.8, 1701.4, 107.66052]
```

Допустимое расстояние **R** вокруг линии маршрута, в метрах: 7.5

Расстояние обнаружения препятствий (для Студенческого уровня) **L**, в метрах: 10

Выдача информации о препятствиях (для Студенческого уровня) происходит с помощью системы ROS 2. При запуске симулятора также запускается ROS 2-нода, публикующая в ROS 2-топик `obstacles` информацию о препятствии в формате строки

```
std_msg/msg/String
```

Формат строки, публикуемой в топик; значения разделены пробелами:

```
obj_name x y z scale_x scale_y scale_z
```

Значения в строке:

- **obj_name** — имя препятствия;
- **x y z** — координаты препятствия;
- **scale_x scale_y scale_z** — габариты препятствия (в метрах).

Возможные значения **obj_name**:

- **hot_air_balloon** — воздушный шар;
- **eagles** и **ducks** — группы птиц.

Запуск

Команда для запуска Симулятора выглядит следующим образом.

Студенческий уровень:

```
./cluster.sh settings/avoid_stud_test_settings.json
```

Профессиональный уровень:

```
./cluster.sh settings/avoid_prof_test_settings.json
```

Критерии оценивания

Измеряются следующие критерии:

- время прохождения трассы.

Таймер запускается при взлёте аппарата, а завершается при приземлении аппарата на

посадочную площадку.

- Количество столкновений.

Повторное столкновение засчитывается только через 0,5 секунды после первого столкновения. Два столкновения учитываются единожды, если между ними прошло менее 0,5 секунды.

- Длительность вылета за пределы ограничительной зоны.

Суммарное время, проведённое аппаратом за пределами ограничительной зоны.

- Отклонение от маршрута.

При пролёте маршрута в каждый момент времени через равные промежутки времени измеряется отклонение аппарата от ближайшей точки на ломаной маршрута. После преодоления маршрута вычисляется среднеквадратическое отклонение (СКО) по всем измеренным отклонениям.

11.10. Работа со светодиодной панелью

Для работы со светодиодной панелью установите ROS 2 (рекомендуема версия — Humble). Установить ROS 2 и настроить окружение можно по ссылке: <https://docs.ros.org/en/humble/Installation.html>.

Для запуска симулятора с контейнерами соберите пользовательский контейнер с ROS 2.

11.10.1. API модуля



Рекомендуется работать со светодиодной матрицей в рамках одного запуска скрипта, так как для успешной отправки сообщений об изменении цвета светодиода должно установиться подключение.

Для работы со светодиодной матрицей импортируйте PioneerLed в скрипт:

```
from pioneer_led.pioneer import PioneerLed
```

После этого создайте экземпляр PioneerLed.

Можно включить logger — тогда в консоль будут выводиться индексы с цветом только что измененных светодиодов. Значение по умолчанию: logger=False:

```
pioneer = PioneerLed()
```

После этого изменять цвет светодиодов можно через функцию led_control:

```
pioneer.led_control(led_id, r, g, b)
```

- led_id (int, [0 .. 24, 255]) — номер светодиода (255 - все светодиоды);
- r (int, [0 .. 255]) — значение красного;

- **g** (int, [0 .. 255]) — значение зеленого;
- **b** (int, [0 .. 255]) — значение синего.

Таким образом можно обратиться к любому светодиоду (или ко всем сразу) на матрице и изменить его цвет.



Чтобы светодиод засветился, хотя бы одно из значений **r**, **g**, **b** должно быть больше **80**.

11.10.2. Разбор примера

Рассмотрим пример кода, который выводит на матрице крест:

```
from pioneer_led.pioneer import PioneerLed
import sys

leds = [1, 5, 7, 9, 13, 17, 19, 21, 25]

if __name__ == "__main__":
    try:
        pioneer = PioneerLed()
        pioneer.led_control(255, 0, 0, 0)

        color = [int(i) for i in sys.argv[1:4]]

        for led_id in leds:
            pioneer.led_control(led_id-1, *color)

    except Exception as e:
        print(e)
```

Создаём список номеров светодиодов, которые необходимо включить. Для удобства записываем номера, как они подписаны на плате, начиная с 1:

```
leds = [1, 5, 7, 9, 13, 17, 19, 21, 25]
```

Создаём экземпляр класса `PioneerLed` и выключаем все светодиоды (чтобы не выводить изображение поверх предыдущего).

```
pioneer = PioneerLed()
pioneer.led_control(255, 0, 0, 0)
```

Считываем цвет из аргументов командной строки.


```
color = [int(i) for i in sys.argv[1:4]]
```

В цикле включаем светодиоды из списка. Так как записывали номера, начиная с 1, необходимо вычесть 1.

```
for led_id in leds:  
    pioneer.led_control(led_id-1, *color)
```

11.10.3. Запуск

1. Запустите симулятор:

```
./cluster.sh settings/led_settings.json
```

2. В отдельном терминале войдите в окружение контейнера центра управления (сеть межбортового обмена):

```
./exec_cc.sh bash -l
```

3. Подключите окружение ROS 2:

```
source /opt/ros/humble/setup.sh
```

4. Выставьте ROS_DOMAIN_ID сети межбортового обмена:

```
export ROS_DOMAIN_ID=100
```

5. Запустите скрипт при запущенном Симуляторе:

```
python3 x_tutorial.py 255 0 0
```

Отображение светодиодов на матрице:

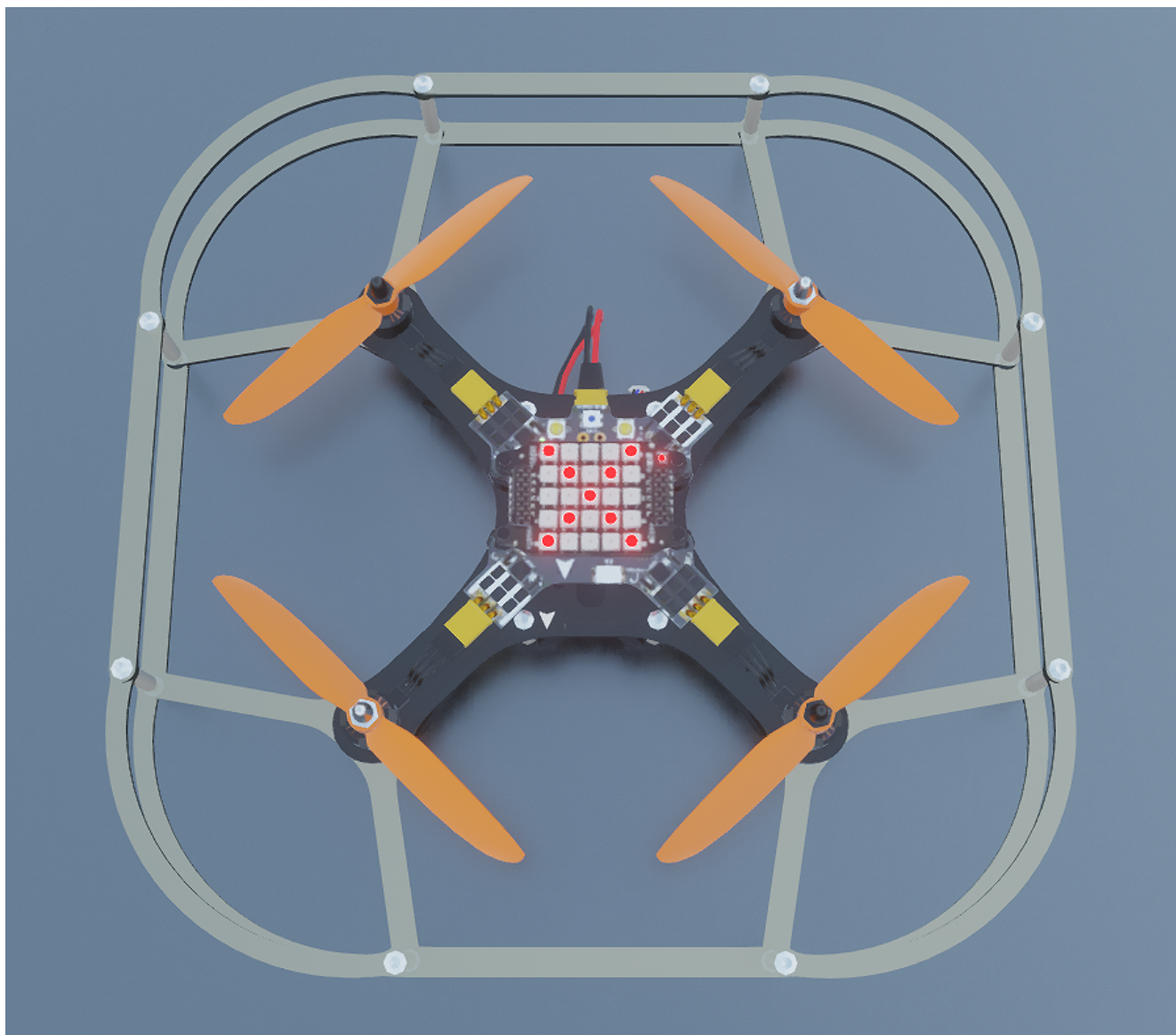


Рис. 43. Светодиоды на матрице, знак X

11.10.4. Дополнительные примеры

Примеры запускаются из директории, в которой находятся.

Управление одним светодиодом

Для запуска примера введите в терминале:

```
python3 led_control_one_diod.py led_id r g b
```

Значения в строке:

- **led_id - int[0 .. 24, 255]** — номер светодиода, к которому применяем смену цвета.

Если ввести **255**, то обращение будет ко всем светодиодам.

- **r, g, b - int[0 .. 255]** — значение цвета (красный, зеленый, синий соответственно).

После этого на матрице засветится тот светодиод, индекс которого был введен. Если нужно изменить цвета всей матрицы, то введенный индекс должен быть равен **255**.

Цвета

Для запуска примера введите в терминале:

```
python3 led_control_all_colors.py
```

В данном примере показаны возможные способы управления светодиодной матрицей. Можно задавать цвет как всей матрице одновременно, так и для каждого отдельного светодиода.



Рис. 44. Цвета

Цифры

Для запуска примера введите в терминале:

```
python3 led_print_numbers.py led_id r g b
```

Значения в строке:

- **r, g, b - int[0 .. 255]** — значение цвета (красный, зеленый, синий соответственно).

В данном примере показаны возможные способы использования `led_control`. При помощи заранее заданных индексов можно рисовать любые символы/изображения в рамках матрицы

размером 5x5.



Рис. 45. Цифры

Смайлики

Для запуска примера введите в терминале:

```
python3 led_print_smiles.py r g b
```

Значения в строке:

- **r, g, b** - `int[0 .. 255]` — значение цвета (красный, зеленый, синий соответственно).

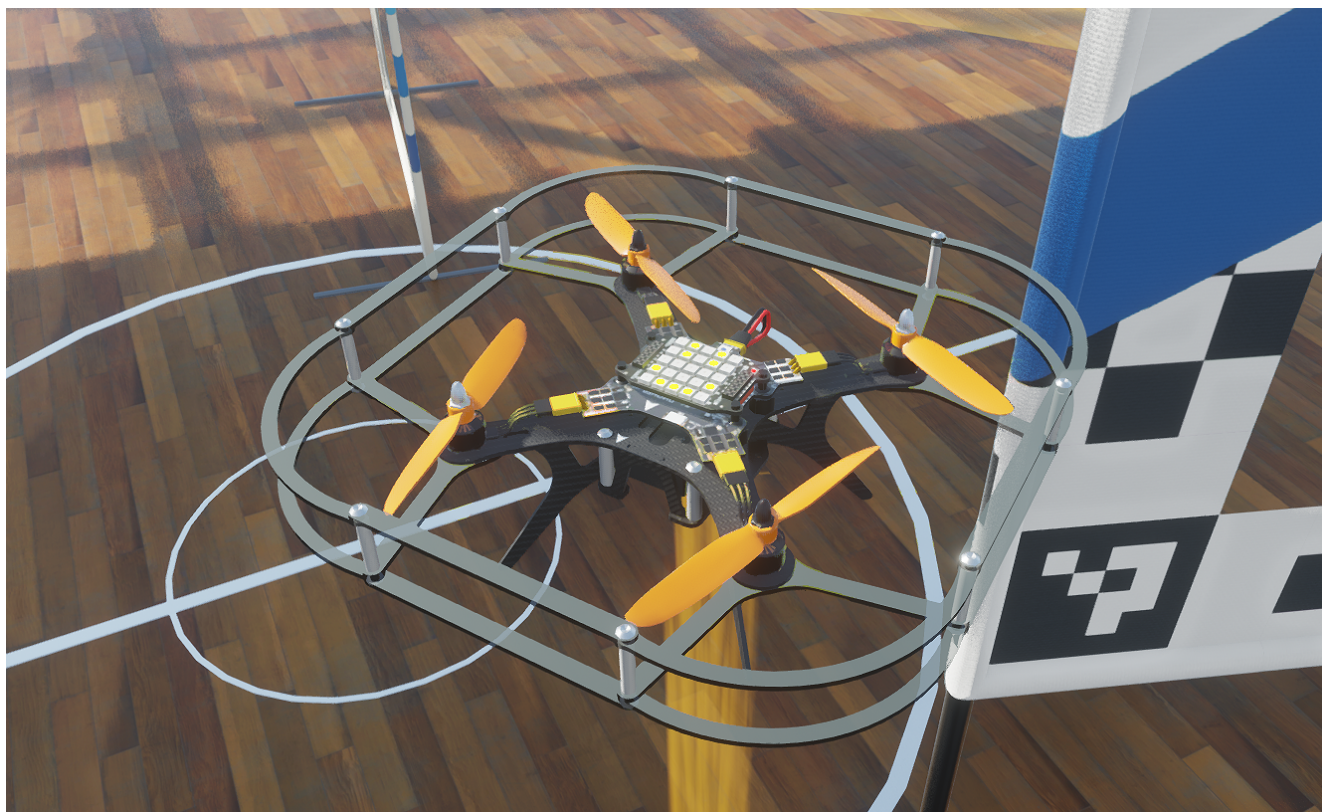


Рис. 46. Смайлик

История изменений

15.11.2024

Документ создан.