

## УРОК 28. Глобальные и локальные системы позиционирования.



### ЦЕЛЬ урока:

Сформировать у обучающихся понимание принципов работы глобальных и локальных систем позиционирования, их применение в работе с беспилотными летательными аппаратами.

ЗАДАЧИ урока	Планируемые предметные результаты
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Сформировать представление о принципах работы глобальных и локальных систем позиционирования.</li> <li>2) Познакомить с ролью позиционирования в управлении БЛА, способами определения координат.</li> <li>3) Сформировать у обучающихся умение выполнять подготовку к полетам (в т.ч./или в виртуальном симуляторе)</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Знать и называть различия между глобальными и локальными системами позиционирования;</li> <li>• характеризовать способы определения БЛА своего положения;</li> <li>• использовать системы позиционирования при работе с БЛА.</li> </ul>

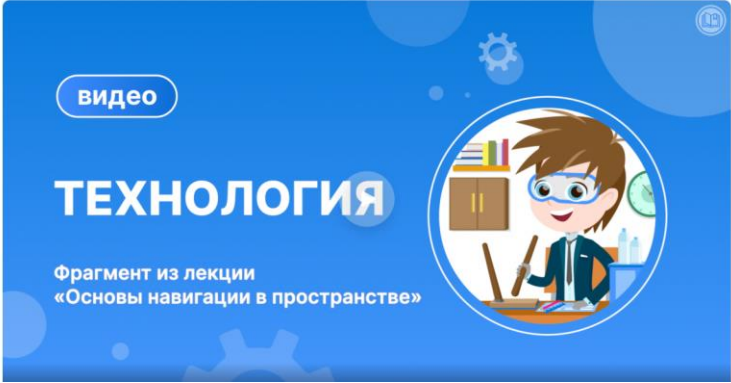
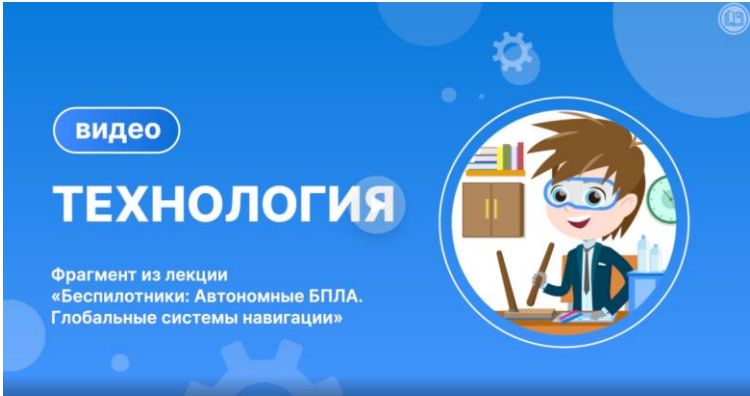
**ТИП урока:** комбинированный урок (45 минут).

### ПЛАН урока

1. Организационный момент		1 мин
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Приветствие учащихся</li> <li>• Проверка готовности к уроку</li> </ul>		
2. Этап актуализации		2 мин
<p>Предложите обучающимся ответить на несколько вопросов по темам предыдущих уроков, а также ознакомиться с интерактивной статьей</p>	<div data-bbox="443 1352 517 1429" style="text-align: center;">  </div> <p>* Что такое система координат и как определяются координаты в пространстве?                      * Какие БЛА определяет свое местоположение?                      * Почему без электронных устройств современный БЛА не сможет летать?</p> <div data-bbox="443 1507 1166 1917" style="text-align: center;">  <p>OPS 5111 — первый запущенный спутник GPS</p> </div>	<p>Можно использовать интерактивную статью из библиотеки ЦОК (8 класс, урок №504 «Глобальные и локальные системы позиционирования», Николаев С.)                      Режим доступа: <a href="https://academy-content.apkpro.ru/ru/lesson/f08ab1ed-27a1-4178-9829-0e0460cf45a7">https://academy-content.apkpro.ru/ru/lesson/f08ab1ed-27a1-4178-9829-0e0460cf45a7</a></p> <p>Беспилотные летательные аппараты: 8-9 классы: учебник / М.В. Луцкий и др. М.: Просвещение. 2025. – 143 с.</p>
3. Этап мотивации и целеполагания		2 мин
Сообщение темы урока.	<b>Тема урока:</b> Глобальные и локальные системы позиционирования.	

<p>Формулировка цели урока</p>	<p>Проведите обсуждение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Зачем БЛА определяет своё местоположение?</li> <li>- Почему навигатор иногда ошибается?</li> <li>- Что произойдёт с БЛА, если в полете пропадет сигнал GPS?</li> <li>- Сможет ли он продолжить полет без навигации?</li> </ul>	
--------------------------------	--	--

<b>4. Этап освоения нового учебного материала</b>	<b>30 мин</b>
---	---------------

<p>Предложите ученикам посмотреть видеоролик и изучить виды систем позиционирования, принцип их работы и области применения.</p> <p>После изучения материала предложите обучающимся описать, как БЛА совершает полет в помещении и на улице. От чего зависит точность координат и весь процесс полета.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Фрагмент из лекции «Основы навигации в пространстве»</b></p> <p style="text-align: center;">Библиотека ЦОК (8 класс, урок №504 «Глобальные и локальные системы позиционирования», Николаев С.)</p> <div style="text-align: center;">  <p><b>Глобальные системы позиционирования</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>GNSS (Global Navigation Satellite System)</b> — это общий термин, используемый для описания любой спутниковой системы навигации, предоставляющей автономные геопространственные данные с глобальным охватом. GNSS-системы используются для определения точного местоположения объектов на Земле и в пространстве.</p> <p>В перечень данных систем входят: GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou (глобальные), а также региональные системы QZSS (Япония) и IRNSS (Индия).</p> <p><b>Принцип работы систем GPS и ГЛОНАСС</b> заключается в измерении времени, за которое сигнал проходит от спутника до приёмника. Спутники непрерывно передают синхронизированные сигналы, которые принимаются навигационным устройством. Зная точные координаты спутников и время прохождения сигнала, приёмник может вычислить своё местоположение. Для точного определения трёхмерных координат требуется сигнал как минимум от четырёх спутников.</p> <p><b>Точность систем GPS и ГЛОНАСС</b> в горизонтальной плоскости составляет около 1–3 м при хорошей видимости небосвода. Точность определения высоты обычно ниже и может достигать 5–15 м. Основные факторы, влияющие на точность, включают погодные условия, плотность облаков, наличие</p> </div> <td data-bbox="1193 387 1469 2098" style="vertical-align: top;"> <p>Вы можете использовать текстовый материал для изучения урока, либо можно использовать видеоролики из библиотеки ЦОК (8 класс, урок №504 «Глобальные и локальные системы позиционирования», Николаев С.)</p> <p>Режим доступа: <a href="https://academy-content.apkpro.ru/ru/lesson/f08ab1ed-27a1-4178-9829-0e0460cf45a7">https://academy-content.apkpro.ru/ru/lesson/f08ab1ed-27a1-4178-9829-0e0460cf45a7</a></p> <p>Беспилотные летательные аппараты: 8-9 классы: учебник / М.В. Луцкий и др. М.: Просвещение. 2025. – 143 с.</p> </td>	<p>Вы можете использовать текстовый материал для изучения урока, либо можно использовать видеоролики из библиотеки ЦОК (8 класс, урок №504 «Глобальные и локальные системы позиционирования», Николаев С.)</p> <p>Режим доступа: <a href="https://academy-content.apkpro.ru/ru/lesson/f08ab1ed-27a1-4178-9829-0e0460cf45a7">https://academy-content.apkpro.ru/ru/lesson/f08ab1ed-27a1-4178-9829-0e0460cf45a7</a></p> <p>Беспилотные летательные аппараты: 8-9 классы: учебник / М.В. Луцкий и др. М.: Просвещение. 2025. – 143 с.</p>
--	--	---

препятствий, таких как здания или деревья, и интерференцию (наложение) радиосигналов.

Особенно сильно точность может снижаться в условиях плотной городской застройки, где значительная часть небосвода закрыта посторонними объектами. Это приводит к уменьшению числа видимых спутников и ухудшению качества сигнала. В таких условиях точность может падать до 20–30 м или даже больше.



Существуют методы улучшения точности GPS, такие как дифференциальный GPS (DGPS), который использует стационарные наземные станции для коррекции сигналов и уменьшения погрешностей.

Ещё одним методом повышения точности является технология RTK (Real-Time Kinematic). RTK-системы используют фазовые измерения несущей волны GPS и включают базовую станцию и подвижный приёмник. Базовая станция фиксируется в известной точке и передаёт поправки на подвижный приёмник в реальном времени, что позволяет достичь сантиметровой точности.

#### **Достоинства и недостатки GPS/ГЛОНАСС**

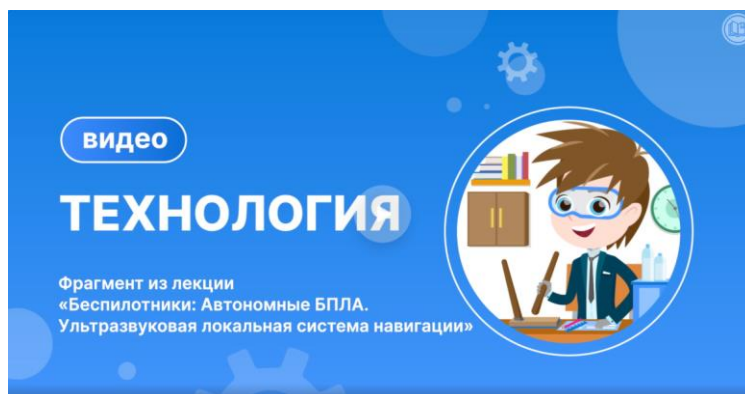
Достоинства:

- глобальное покрытие, позволяющее определять местоположение в любой точке мира (за исключением приполярных областей);
- высокая точность в открытых пространствах при хорошей видимости небосвода;
- относительная простота установки и настройки в качестве внешнего модуля.

Недостатки:

- зависимость от видимости спутников, что ограничивает использование в помещениях и вблизи высоких зданий;
- низкая точность в условиях плотной городской застройки и под плотной листвой деревьев;
- ограничения по точности при высоких скоростях и резких изменениях направления движения.

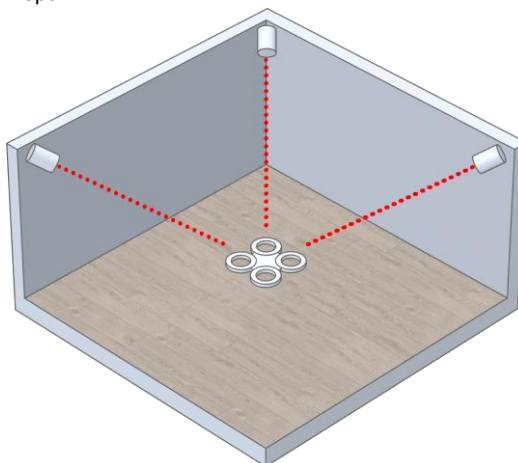
#### **Ультразвуковая система позиционирования (UsLPS)**



Ультразвуковая локальная система позиционирования (UsLPS) была разработана для использования в условиях, где сигналы GPS

недоступны, например в закрытых помещениях. Эта система позволяет точно определять местоположение объекта на основе ультразвуковых сигналов, излучаемых маяками, расположенными в заранее определённых точках. Ультразвуковые системы стали особенно популярными для применения в промышленной автоматизации и робототехнике, где требуется высокая точность позиционирования на ограниченных территориях.

**Ультразвуковая система LPS работает по принципу,** аналогичному GPS, но вместо спутников используются ультразвуковые маяки. Каждый маяк излучает ультразвуковые сигналы, которые принимаются микрофонами на квадрокоптере. Измеряя время прохождения сигнала, система определяет расстояние до каждого маяка и вычисляет координаты квадрокоптера.



**Точность работы ультразвуковой системы LPS.** Максимальный охват ультразвуковой системы составляет 10×10×4 м, а частота обновления данных достигает 100 Гц. Точность позиционирования по горизонтали составляет около 2 см, а по высоте — около 5 см. Система также способна определять скорость перемещения и направление квадрокоптера.

Для работы ультразвуковой системы LPS необходимо установить маяки в зоне полёта. Маяки должны быть расположены таким образом, чтобы обеспечить максимально возможное перекрытие зоны покрытия. Они соединяются проводами с блоком управления, который обрабатывает сигналы и передаёт данные на квадрокоптер.

#### **Достоинства и недостатки ультразвуковой LPS**

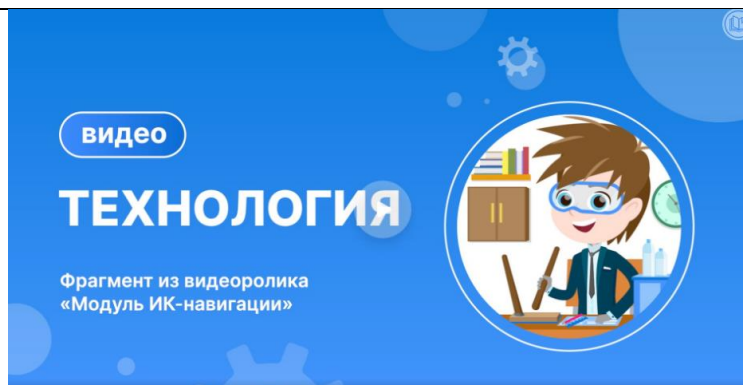
Достоинства:

- высокая точность позиционирования в ограниченных зонах, достигающая нескольких сантиметров;
- возможность использования в закрытых помещениях, где сигналы GPS недоступны;
- низкая стоимость оборудования по сравнению с другими системами локального позиционирования.

Недостатки:

- установка и настройка системы, требующей точного расположения излучателей;
- ограниченный радиус действия, зависящий от конфигурации зоны полёта;
- уязвимость к отражённым сигналам и препятствиям, которые могут исказить данные.

#### **Инфракрасная система позиционирования (IrLPS)**

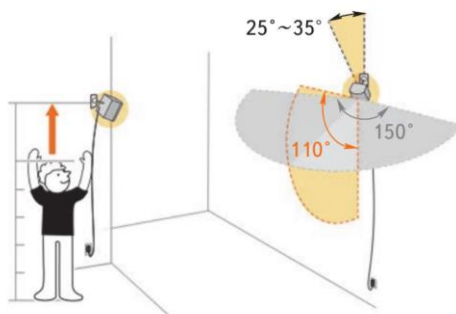


Инфракрасная локальная система позиционирования (IrLPS) была разработана для обеспечения высокой точности навигации в закрытых помещениях и на ограниченных территориях. Эта система использует инфракрасные сигналы, испускаемые базовой станцией, для определения положения квадрокоптера. Инфракрасные системы позиционирования широко используются в виртуальной реальности и автоматизации, где требуется высокая точность и надёжность в ограниченных зонах.

**Принцип работы инфракрасной системы LPS** заключается в использовании базовой станции, испускающей сигнал в инфракрасном спектре. Приёмники на квадрокоптере улавливают этот свет и фиксируют время его прихода. По разнице во времени между приёмниками система рассчитывает координаты квадрокоптера относительно базовой станции.

**Точность инфракрасной системы** достигает 2 см по каждой из трёх осей. Базовая станция устанавливается на высоте более 2 м и направляется под углом к полу. Пространство в зоне видимости станции должно быть свободно от посторонних предметов для обеспечения надёжного сигнала.

Базовая станция испускает инфракрасные сигналы, которые улавливаются приёмниками на квадрокоптере. Для обеспечения высокой точности базовая станция должна быть установлена на устойчивой поверхности и надёжно зафиксирована. Поле обзора станции составляет  $150^\circ$  по горизонтали и  $110^\circ$  по вертикали.



### Достоинства и недостатки инфракрасной LPS

Достоинства:

- высокая точность позиционирования до 2 см по каждой из трёх осей;
- простота установки и настройки по сравнению с ультразвуковыми системами;
- надёжная работа в закрытых помещениях и на ограниченных территориях.

Недостатки:

- ограниченная зона действия, зависящая от поля обзора базовой станции;
- зависимость от свободного пространства и отсутствия препятствий, которые могут блокировать сигналы;
- ограниченная совместимость с другими системами навигации и оборудованием.

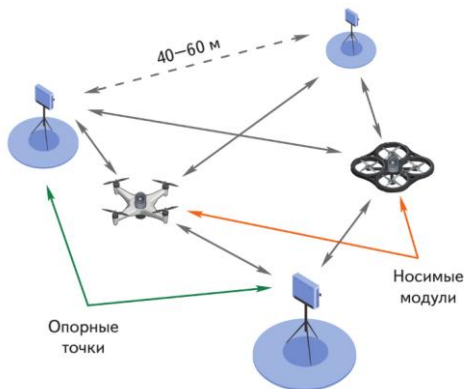
## Оптическая система позиционирования (оптический поток)

Система оптического потока широко используется в компьютерном зрении для определения скорости и направления движения объектов. Эта технология нашла своё применение и в навигации беспилотных летательных аппаратов, позволяя им ориентироваться в пространстве на основе визуальной информации.

**Принцип работы системы оптического потока** заключается в использовании камеры, установленной на квадрокоптере, для захвата последовательности изображений. Анализируя изменения между изображениями, система определяет сдвиги в пространстве и вычисляет параметры движения. Для точного функционирования система требует хороших условий освещённости и наличие текстурированных поверхностей.

Оптический поток работает в паре с дальномером, который определяет высоту полёта квадрокоптера. Комбинированные данные позволяют системе точно позиционировать квадрокоптер в горизонтальной плоскости и удерживать заданную точку. Точность работы системы зависит от множества факторов, включая освещённость, текстуру поверхности, разрешение камеры и мощность процессора.

**Точность работы оптического потока** сильно зависит от множества условий: освещённости, правильности выбора функции, подходящей поверхности (на однотонной поверхности работа оптического потока осложнена или вообще невозможна), разрешения матрицы камеры, мощности процессора и т. д. На практике — при хороших условиях освещённости и поверхности, на которой много выделяющихся точек — точность сравнима с LPS. Чем хуже эти условия, тем меньше точность и велика вероятность ошибки.



## Достоинства и недостатки системы оптического потока

Достоинства:

- работа без необходимости внешних сигналов и маяков;
- высокая точность при хороших условиях освещённости и наличии текстурированных поверхностей;
- простота установки и настройки модуля на квадрокоптере;
- автономность и независимость от внешних источников сигналов.

Недостатки:

- зависимость от освещённости и текстуры поверхности;
- ошибки при больших скоростях и углах наклона квадрокоптера;
- ограниченная точность в условиях недостаточной освещённости или на однотонных поверхностях.

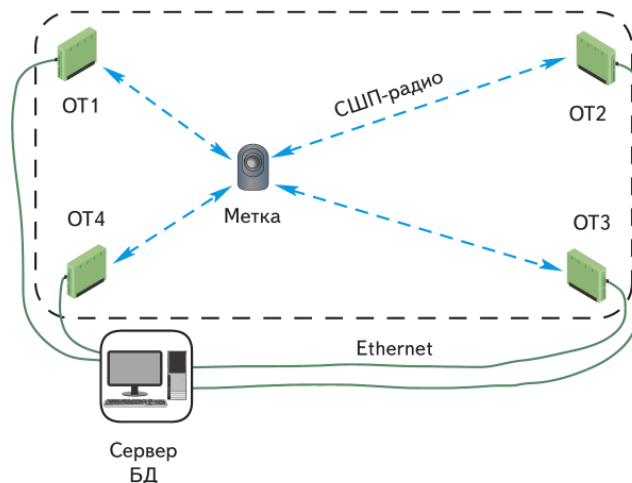
## Системы управления БЛА по радиосвязи

Системы сверхширокополосного (СШП) позиционирования обеспечивают точность до 30 см, электромагнитную совместимость с системами связи, дальность действия до 100 м и устойчивость к многолучёвости и отсутствию прямой видимости.

**Принцип работы системы радиопозиционирования** заключается в возможности функционирования в двух конфигурациях: как система мониторинга и как система навигации. Основой обеих конфигураций является разностно — дальномерный метод позиционирования. В системе мониторинга расчёт координат всех объектов осуществляется на стороне инфраструктуры с использованием сервера, в то время как в системе навигации координаты рассчитываются на борту в реальном времени.

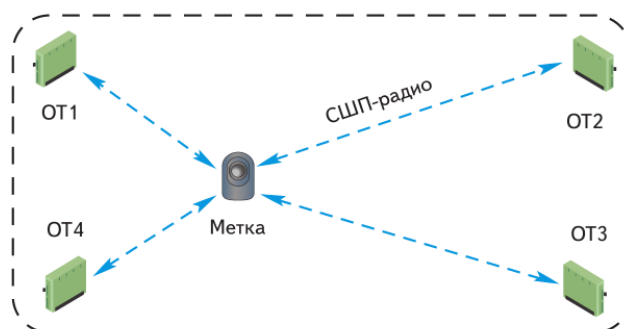
#### Система мониторинга

- Используется сервер для расчёта координат.
- Метки оснащены уникальными идентификаторами и не знают своих координат.
- Электропитание меток осуществляется от аккумулятора или бортового источника.
- Опорные точки питаются через PoE (Power over Ethernet).
- Программное обеспечение на сервере обеспечивает конфигурацию, запуск, сбор и логирование данных, отображая координаты всех меток в реальном времени.



#### Система навигации

- Координаты рассчитываются на борту квадрокоптера в реальном времени и передаются через USB/UART.
- Метки питаются от бортового источника.
- Опорные точки могут питаться либо от аккумулятора (индивидуальная настройка через USB), либо через PoE (настройка всей инфраструктуры через серверное ПО).



**В системе мониторинга точность составляет до 10 см, а в системе навигации — менее 15 см.** Минимальное число опорных точек для 2D-позиционирования составляет три, для 3D-позиционирования — четыре. Темп обновления координатной информации достигает 100 Гц для системы мониторинга и 40 Гц для системы навигации.

#### **Достоинства и недостатки систем на базе СШП**

	<p>Достоинства:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– высокая точность позиционирования (менее 30 см);</li> <li>– возможность работы в закрытых помещениях и на ограниченных территориях;</li> <li>– устойчивость к перегруженности частотных каналов и помехам, отсутствию прямой видимости;</li> <li>– гибкость настройки и масштабируемость системы.</li> </ul> <p>Недостатки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– зависимость от инфраструктуры (сервер и опорные точки);</li> <li>– большой, но ограниченный радиус действия (до 100 м);</li> <li>– необходимость точной установки и настройки опорных точек для достижения максимальной точности.</li> </ul> <p><b>Обсудите с учениками вопросы по изученному материалу:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие системы навигации ты можешь назвать?</li> <li>2. Сколько нужно спутников для того, чтобы определить положение модуля GPS на поверхности Земли?</li> <li>3. Какие диапазоны света и звука используются в локальных системах позиционирования?</li> <li>4. Сколько необходимо внешних ИК-датчиков и сколько на борту БЛА, чтобы обеспечить работу системы?</li> <li>5. Почему в конце видеоролика квадрокоптер при попытке отодвинуть его в сторону возвращался на место?</li> <li>6. Из каких компонентов состоит система?</li> <li>7. Какая максимальная площадь покрытия?</li> <li>8. Какое наименьшее количество микрофонов необходимо для точного позиционирования?</li> <li>9. Для каких функций БЛА важно наличие в конструкции модуля GPS?</li> <li>10. Зачем нужен магнитометр на модуле глобальной навигации?</li> <li>11. Какую погрешность при определении положения дают модули глобальной навигации?</li> </ol>	
--	--	--

<b>5. Организация практической работы учащихся</b>	<b>7 мин</b>
--	--------------

<p>Предложите ученикам самостоятельно выполнить установку симулятора на компьютер и провести необходимую настройку.</p>	<p><b>Практическая работа: «Подготовка к полетам с использованием симулятора»</b></p> <p><b>Цель:</b> сформировать у обучающихся умение выполнять подготовку к работе в симуляторе.</p> <p><b>Оборудование и материалы:</b> персональный компьютер, Симулятор ручного управления квадрокоптерами линейки «Геоскан Пионер» Pioneer Drone Sim (Пионер Дрон Сим), пульт ДУ (FlySky i6, FlySky i6S, RadioMaster Pocket, RadioMaster TX12, Jumper T-PRO V2, BETAFPV LiteRadio).</p> <p><b>Задание:</b> установите симулятор в соответствии с инструкцией, подключите пульт ДУ, проведите настройку видео, звука и контроллера.</p> <p>Для выполнения задания скачайте симулятор и ознакомьтесь с руководством по эксплуатации на сайте <a href="https://docs.geoscan.ru/pioneer/soft/sims/fpvsim/">https://docs.geoscan.ru/pioneer/soft/sims/fpvsim/</a></p> <p>После установки симулятора на рабочем столе появится ярлык, с помощью которого можно запускать Pioneer Drone Sim.</p> <p>После запуска откроется окно авторизации, в котором будет предложено ввести логин и пароль или продолжить без авторизации.</p>	<p>Объясните ученикам алгоритм установки симулятора, подключение пульта ДУ и технику удержания стиков</p>
---	--	---



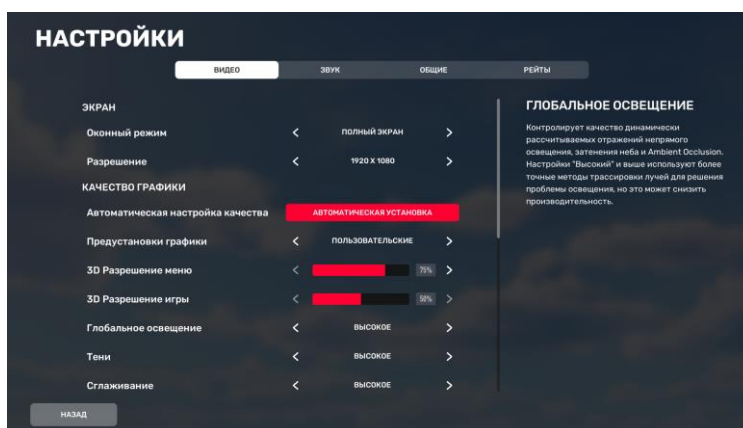
После авторизации откроется главное меню программы, где можно выбрать режимы, настроить работу симулятора и пульта.



- В демонстрационной версии симулятора доступны режимы «Конструктор», «Миссии» и «Гонки».
- В демонстрационной версии доступен только квадрокоптер Пионер FPV.

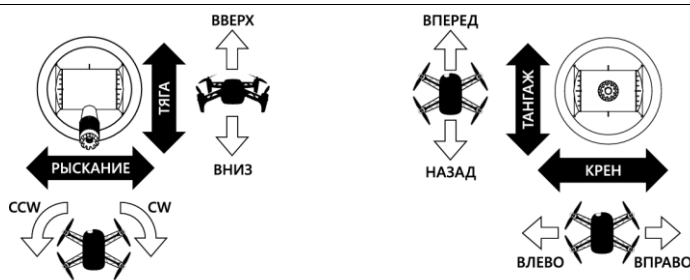
Меню предназначено для настройки графики приложения, звука и выбора языка интерфейса.

Настройки сгруппированы во вкладках: ВИДЕО, ЗВУК, ОБЩИЕ и РЕЙТЫ.



Далее подключите пульт ДУ по инструкции:  
<https://docs.geoscan.ru/pioneer/soft/sims/fpvsim/#подключение-пульта>

Управление БЛА с пульта происходит с помощью стиков газ/курс и крен/тангаж



### Управление высотой (тяга)

При перемещении стика газ/курс от себя квадрокоптер набирает высоту, при перемещении на себя – снижается.

### Вращение вокруг своей оси (рыскание)

При перемещении стика газ/курс влево/вправо квадрокоптер поворачивается вокруг своей оси.

### Полет вперед/назад (тангаж)

При перемещении стика крен/тангаж от себя, квадрокоптер наклоняется вперед и летит вперед. При перемещении стика крен/тангаж на себя, квадрокоптер наклоняется назад и летит назад.

### Полет боком влево/вправо (крен)

При перемещении стика крен/тангаж влево/вправо, квадрокоптер летит боком влево/вправо.

## **Техника удержания стиков на пульте ДУ**

### Управление большими пальцами (Thumbing)

При этом методе пилот держит пульт обеими руками, а стики контролирует исключительно большими пальцами. Остальные пальцы обычно находятся на передней или боковой грани пульта и могут использоваться для нажатия дополнительных кнопок или поддержки устройства.

Преимущества:


- расслабленное и удобное положение рук, что снижает усталость при длительных полётах;
- быстрая реакция, что удобно при полётах на компактных пультах и при выполнении простых манёвров.

Недостаток:

- контроль над мелкими отклонениями стика менее точный, чем при использовании нескольких пальцев.



Управление большими пальцами

	<p><u>Щипковый метод (Pinch)</u></p> <p>При этом методе пилот зажимает каждый стик между большим и указательным пальцем (иногда с участием среднего пальца). Такой хват обеспечивает дополнительную опору и стабильное положение руки и пальцев, что снижает необходимость смещать руку по корпусу пульта во время полёта.</p> <p>Преимущества:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– максимальная чувствительность и точность управления, что важно при сложных манёврах, фристайле и FPV-полётах;</li> <li>– работа во всём диапазоне стика — от минимального до максимального отклонения, не смещая руку и не теряя контроля.</li> </ul> <p>Вариации:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классический щипок: стик зажимается между большим и указательным пальцем;</li> <li>– смешанный хват: большой палец сверху, а указательный и/или средний слегка поддерживают стик сбоку — такой вариант часто используется для баланса между точностью и скоростью реакции.</li> </ul> <p>Недостаток:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– требует привыкания, не на всех пультах удобен.</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p><b>Щипковый метод</b></p> </div>	
<p>Обсуждение результатов практической работы</p>	<p>Ответьте на вопросы по выполненной практической работе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Какие были сложности при установке симулятора? Как вы с ними справились?</li> <li>– Какая техника удержания стиков для вас более удобная?</li> <li>– Были ли проблемы с настройкой звука и графики?</li> </ul>	<p>Организуйте обсуждение проведенной работы.</p>
<p><b>6. Объяснение домашнего задания</b></p>		<p><b>1 мин</b></p>
<p>Формулировка домашнего задания</p>	<p><b>Тема: «Первый полет в симуляторе»</b></p> <p>Установите демоверсию симулятора на домашний компьютер. Настройте графику приложения, звук и выберите язык интерфейса и т.д. Далее вы можете запустить пункт «Миссии» и выбрать миссию «Охота на сферы». После выполнения полета у вас будет количество пойманных сфер. Можете сравнить в классе ваши результаты с одноклассниками и обсудить интересно ли было проходить эту миссию и что было сложным, а что было интересным.</p>	<p>Домашнее задание, направленное на изучение техники полета в симуляторе.</p>

	<p><b>ЛОВИ КАДР</b>          НАВОДИШЬ КАМЕРУ НА ТАЧКУ - СЧЕТЧИК ПОШЕЛ, СНИМАЙ СБОКУ ИЛИ В ЛОБ - ПОЛУЧИШЬ БУСТ. ЧЕМ БЛИЖЕ СНИМАЕШЬ - ТЕМ БОЛЬШЕ БУСТ. ЦЕЛЬ - НАБРАТЬ МАКСИМУМ ОЧКОВ ЗА ОДИН ЗАЕЗД.</p> <p><b>ОХОТА НА СФЕРЫ</b>          НА АРЕНЕ ВСЕГДА ТРИ ЦЕЛИ. ПОЙМАЙ ОДНУ - ОСТАЛЬНЫЕ ИСЧЕЗНУТ И ПОЯВИТСЯ НОВАЯ ТРОЙКА. Э ТЕБЯ 3 МИН., ЧТОБЫ НАБРАТЬ МАКСИМУМ ОЧКОВ, ТАК ЧТО ДВИГАЙСЯ БЫСТРО.</p> <p>НАЗАД</p>	
<h2>7. Этап рефлексии</h2>		<p>1 мин</p>
<p>Подведение итогов урока. Обсудите с учащимися</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Что было самым сложным при выполнении работы?</li> <li>* Какие факторы могут влиять на точность определения координат?</li> <li>* Можно ли определить положение без спутников? Как?</li> <li>* Какие сложности были при управлении квадрокоптером в симуляторе?</li> </ul>	
<h2>8. Заключительный момент</h2>		<p>1 мин</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Завершение урока</li> <li>• Уборка рабочих мест</li> </ul>		

## Электронные ресурсы:

1. Библиотеке ЦОК: урок №504 «Глобальные и локальные системы позиционирования», Николаев С.)  
<https://academy-content.apkpro.ru/ru/lesson/f08ab1ed-27a1-4178-9829-0e0460cf45a7>
2. Беспилотные летательные аппараты: 8-9 классы: учебник / М.В. Луцкий и др. М.: Просвещение. 2025. – 143 с.  
<https://prosv.ru/product/trud-tehnologiya-bespilotnie-letatel-nie-apparati-8-9-kl-variativnii-modul-efu189524202/>
3. Ссылка для скачивания симулятора, руководство по эксплуатации:  
<https://docs.geoscan.ru/pioneer/soft/sims/fpvsim/>

## ГЛОССАРИЙ

**Система позиционирования** – это комплекс технических средств и специализированных алгоритмов, позволяющих определить координаты и местоположение БЛА

**Пульт дистанционного управления** – устройство, которое позволяет оператору контролировать БЛА и получать данные с него в реальном времени