МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ «ОБЛАСТНОЙ ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ИМ.Ю.А.ГАГАРИНА»

СОГЛАСОВАНО
Протокол методического совета
ГБУ ДО КО
«ОЦДОД им.Ю.А.Гагарина»
от 25.05. 2020 г. № 7

УТВЕРЖДЕНО
Приказом директора
ГБУ ДО КО
«ОЦДОД им. Ю.А.Гагарина»
№ 126-ОД от 29.05.2020 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА ТЕХНИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ «АЭРОКВАНТУМ»

Срок реализации 1 год
Возраст обучающихся: 11-13 лет
Составитель Куренкова А.В., методист

Калуга
2020

Раздел 1. Комплекс основных характеристик программы

1.1. Пояснительная записка

Программа «АЭРОКВАНТУМ» составлена в рамках проекта «Мобильный кванториум» и направлена на получение обучающимися основных навыков работы с беспилотными летательными аппаратами. Данная программа является дополнительной общеобразовательной общеразвивающей **технической направленности**, очной формы обучения, для обучающихся 11 – 13 лет, сроком реализации 1 год, **стартового уровня** освоения содержания.

Актуальность программы обусловлена тем, что авиация всегда находилась на острие передовых достижений научной и инженерной мысли в самых высокотехнологичных сферах деятельности человека, а также тенденциями развития роботизированных комплексов в авиации, которые получили реализацию в виде беспилотных авиационных систем (БАС). В настоящее время наблюдается лавинообразный рост интереса к беспилотной авиации как инновационному направлению развития современной техники. В стране повышается и поддерживается процесс формирования условий для развития технических способностей обучающихся.

Отличительная особенность программы заключается в том, что она опирается на современные тенденции развития авиации, предполагающие создание роботизированных комплексов в виде беспилотных летательный аппаратов.

В настоящее время наблюдается беспрерывный рост интереса к беспилотной авиации как к инновационному направлению развития современной техники. Развитие современных и перспективных технологий позволяет сегодня беспилотным летательным аппаратам успешно выполнять такие функции, которые в прошлом были им недоступны или выполнялись другими силами и средствами.

Благодаря росту возможностей и повышению доступности дронов, потенциал их использования в различных сферах стремительно растет. Это создало необходимость в новой профессии: оператор БПЛА.

Педагогическая целесообразность программы заключается в раскрытии индивидуальных способностей ребенка не только в технической сфере, но и в творческом подходе к любому виду деятельности, в повышении его самооценки. Настоящая образовательная программа позволяет обучающимся не только приобрести знания в области моделирования и конструирования БПЛА, но и подготовиться к планированию и организации работы над техническими проектами и в дальнейшем осуществить осознанный выбор вида деятельности в техническом творчестве.

Программа модифицированная, составлена на основе «Аэроквантум тулкит» А. Фоменко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Фонд новых форм развития образования, 2019 – 154 с., рекомендованного федеральным оператором сети детских технопарков «Кванториум».

Адресат программы

Обучающиеся образовательных организаций Калужской области в возрасте 11-13 лет (5- 7 классы).

Уровень освоения программы – стартовый. *Базовый – свыше 72 часов*

Объем программы и режим проведения занятий - 36 академических часов, 6 недель. Занятия проводятся - 3 раза в неделю по 2 академических часа с десятиминутным перерывом, что определяется санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.4.4.3172-14.

Форма занятий – очная.

Формы работы: на этапе изучения нового материала – лекции, объяснение, рассказ, демонстрация. На этапе закрепления изученного материала – беседы, дискуссии, дидактическая или педагогическая игра. На этапе повторения изученного материала – наблюдение, устный контроль. На этапе проверки полученных знаний – тестирование, выполнение дополнительных заданий, публичное выступление с демонстрацией результатов работы, соревнование.

1.2. Цель и задачи программы

Цель: формирование у обучающихся начальных технических компетенций путём изучения основ сборки, обслуживания, настройки и пилотирования беспилотных летательный аппаратов.

Задачи:

обучающие:

1. Приобрести базовые знания об устройстве и функционировании беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).
2. Освоить навыки пилотирования БПЛА на практике
3. Реализовать межпредметные связи с физикой, информатикой и математикой.

Развивающие:

1. Развить у обучающихся инженерное мышление, навыки конструирования, программирования, проектной деятельности и эффективного использования БПЛА.
2. Развить креативное мышление и пространственное воображение.

Воспитательные:

1. Сформировать навыки работы в команде (коммуникативной культуры).
2. Сформировать у обучающихся стремление к получению качественного законченного материала.
3. Привить навыки проектного мышления.

1.3. Учебно-тематический план

№ п/п	Название темы	Всего часов	Теория	Практика	Формы аттестации
1	Кейс № 1. Сборка летающего квадрокоптера	6	2	4	Наблюдение, устный опрос
2	Кейс № 2. Визуальное пилотирование беспилотного	8	2	6	Наблюдение, устный опрос

	летательного аппарата.				
3	Кейс № 3. Сравнение пропеллеров.	4	2	2	Тест
4	Кейс № 4. Автономный полёт.	16	4	12	Соревнование
5	Итоговая аттестация	2		2	Защита проекта
	ИТОГО	36	10	26	

1.4. Содержание программы

2. Кейс № 1. Сборка летающего квадрокоптера (Приложение 1).

Теория. Теория БПЛА – знакомство с беспилотниками. Основные понятия «БПЛА», «БАС», «квадрокоптер», «коптер», «полётный контроллер», «бесколлекторный электромотор», «пропеллер», «приёмник», «регулятор хода (регулятор оборотов)», «пульт управления», и др. Знания по истории, техники безопасности применения устройств беспилотников, навыки проектирования, знание строения БПЛА, пайка, электромонтаж, механическая сборка, знания о работе полётного контроллера.

Практика. Проектирование дрона. Сборка БПЛА. Настройка БПЛА и первый полёт.

3. Кейс № 2. Визуальное пилотирование беспилотного летательного аппарата (Приложение 2)**.**

Теория. Основные понятия «Drone racing», «полётный режим», «газ», «рысканье», «тангаж», «крен». Знание и соблюдение правил безопасности. Показ видео с drone racing. Изучение аппаратуры радиоуправления БПЛА. Полётные режимы.

Практика. Умение подключать и настраивать оборудование БПЛА, навыки пилотирования БПЛА. Подготовка БПЛА к полёту на площадке. Подготовка зоны для полёта. Взлёт. Висение на коптере. Висение на коптере боком и носом к себе. Выполнение простых фигур пилотажа. Посадка. Преодоление страха полета, поиск оптимального решения. Проведение соревнований.

4. Кейс № 3. Сравнение пропеллеров (Приложение 3)**.**

Теория. Основы аэродинамики летательных аппаратов и воздушного винта. Характеристики пропеллера. Подъёмная сила.

Практика. Сравнение пропеллеров, подбор необходимых пропеллеров, эксплуатация и обслуживание БПЛА. Научиться различать поведение коптера с разными пропеллерами. Научиться подбирать пропеллеры, подходящие для предполагаемой задачи

5. Кейс № 4. Автономный полёт (Приложение 4).

Теория. Платформа Arduino. Основы программирования. Языки программирования. Знания о системах автономного управления летательными аппаратами. Ультразвуковой дальномер. Знания о микроконтроллерах, их устройстве и принципах действия, навыки тестирования.

Практика. Автономный взлет и посадка. Полет до препятствия. Написание кода и корректирование конструкции устройства. Отладка программ. Проектная работа.

6. Итоговая аттестация

Практика. Защита проекта

1.5. Планируемые результаты

По окончании изучения программы обучающимися должны быть достигнуты:

предметные результаты:

- знания по истории, применению и устройству БПЛА;
- знания основных понятий;
- законы аэродинамики;
- знание строения БПЛА;
- основные приемы конструирования летательных аппаратов;
- навыки пилотирования БПЛА;
- умение настраивать БПЛА.

личностные результаты:

- умение работать в команде;
- понимание ответственности за свои действия;
- умение слушать и задавать вопросы;
- навык решения изобретательских задач.

метапредметные результаты:

- умение ставить и формулировать для себя новые задачи в познавательной деятельности, развивать мотивы и интересы своей познавательной деятельности;
- умение мыслить на несколько шагов вперед

Раздел 2. Комплекс организационно-педагогических условий

2.1. Календарный учебный график

(составляется ежегодно) вынесено в отдельный документ

2.2. Условия реализации программы

Материально-технические условия реализации программы:

1. Оборудованная зона для полётов или куб для полётов. 1 шт.
2. Квадрокоптер,10 шт.
3. Конструктор программируемого квадрокоптера, 8 шт.
4. Конструктор гоночного квадрокоптера, 3 шт.
5. Зарядное устройство для радиоуправляемых моделей, 3 шт.
6. Кабель USB — miniUSB, 6 шт.

2.3. Формы аттестации

Вводный контроль. Имеет диагностические задачи и осуществляется в начале обучения с целью определения начального уровня подготовки обучающихся, имеющихся знаний, умений и навыков, связанных с предстоящей деятельностью. Исходя из анализа результатов диагностики, осуществляется дифференцированный подход к обучающимся.

Промежуточный контроль. Направлен на определение результативности усвоения образовательной программы, используются устный опрос в конце изучения каждой темы, анализ практических действий в процессе прохождения курса, тестирование.

Итоговый контроль/аттестация. Состоит в проведении контрольных показательных испытаний и в публичной демонстрации результатов проектной деятельности перед обучающимися группы с ответами на вопросы по содержанию проекта, освещением методов решений и полученных инженерно-технических и изобретательских результатов.

Итоги освоения дополнительной общеразвивающей программы подводятся путем анализа результатов промежуточного, итогового контроля, данных мониторинга о посещаемости занятий, активности участия в конкурсных мероприятиях и других мероприятиях, направленных на развитие общекультурных компетенций, дисциплинированности (соблюдение техники безопасности). При подведении итогов ставится цель выявить уровень усвоения обучающимися программного материала, соответствие прогнозируемым результатам дополнительной общеразвивающей программы, определить обучающихся, которым может быть рекомендовано освоение углубленного модуля программы.

2.4. Контрольно-оценочные материалы

Критериями и показателями эффективности освоения программы является владение обучающимися предметными и универсальными компетенциями, а также получение готового проекта в качестве результата.

Универсальные компетенции (Soft Skills)

- Умение слушать и задавать вопросы;
- Навык решения изобретательских задач;
- Свободное мышление;

- Навыки проектирования;
- Работа в команде;
- Мышление на несколько шагов вперёд;
- Осмысленное следование инструкциям;
- Соблюдение правил;
- Работа с взаимосвязанными параметрами;
- Преодоление страха полёта;
- Осознание своего уровня компетентности;
- Ответственность;
- Осознание своих возможностей;
- Поиск оптимального решения;
- Внимательность и аккуратность;
- Соблюдение техники безопасности.

Предметные компетенции (Hard Skills)

- Знание техники безопасности;
- Знания по истории, применению и устройству беспилотников;
- Знание строения БПЛА;
- Навыки пайки, электромонтажа, механической сборки;
- Знания о работе полетного контроллера;
- Умение настраивать БПЛА;
- Навыки пилотирования БПЛА.

2.5. Методические материалы

Освоение содержания каждого раздела программы обучающимися осуществляется в ходе решения кейсов.

Для реализации основного принципа программы – единства воспитания и обучения – используются различные методы:

1. Словесные.
2. Наглядные.
3. Практические.
4. Проектные.
5. Исследовательские.
6. Методика проблемного обучения.
7. Методика проектной деятельности.

Основные формы проведения занятий:

1. Лекции.
2. Беседы.
3. Конструирование.
4. Соревнования.
5. Подготовка и участие в конкурсах.
6. Демонстрация.
7. Публичное выступление с демонстрацией результатов работы.

2.6. Рабочая программа

(составляется ежегодно) вынесено в отдельный документ

2.7. Список литературы

Основная

1. Гурьянов А. Е. Моделирование управления квадрокоптером. Инженерный вестник. — МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. — 2014. №8 — Режим доступа: http://engbul.bmstu.ru/doc/723331.html
2. Ефимов. Е. Программируем квадрокоптер на Arduino. — Режим доступа: http://habrahabr.ru/post/227425/
3. Институт транспорта и связи. Основы аэродинамики и динамики полета. — Рига, 2010. — Режим доступа: http://www.reaa.ru/yabbfilesB/Attachments/Osnovy_ajerodtnamiki_Riga.pdf
4. Понфиленок О.В., Шлыков А.И., Коригодский А.А. «Клевер. Конструирование и программирование квадрокоптеров». — Москва, 2016.
5. Канатников А.Н., Крищенко А.П., Ткачев С.Б. Допустимые пространственные траектории беспилотного летательного аппарата в вертикальной плоскости. Наука и образование. — МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. — 2012. №3. — Режим доступа: http://technomag.bmstu.ru/doc/367724.html
6. Валерий Яценков. Электроника. Твой первый квадрокоптер. Теория и практика. http://www.ozon.ru/context/detail/id/135412298/

Дистанционные и очные курсы для профессионального развития, МООС, видео, вебинары, онлайн-мастерские и т.д.

1. Программирование на Phyton, https://stepik.org/course/Программирование-на-Python-67/. Видеокурсы.
2. Курс «Основы программирования и проектирования автономных беспилотников», http://www.copterexpress.ru/. Очные курсы.
3. Программрование на C++, https://stepik.org/course/Введение-в-программировани-е-(C++)-363/. Видеокурсы.
4. Введение в линукс, https://stepik.org/course/Введение-в-Linux-73/. Видеокурсы.
5. Цикл лекций CopterHack, https://copterexpress.timepad.ru/event/510375/. Видеолекции.
6. Robotics: Aerial Robotics, https://www.coursera.org/learn/robotics-flight. Видеокурсы.

Тематические web-ресурсы: сайты, группы в социальных сетях, видеоканалы, симуляторы, цифровые лаборатории и т.д.

1. Форум RCdesign, http://forum.rcdesign.ru/#kvadrokoptery-i-multirotory. Форум.
2. Портал Habrababr, https://habrahabr.ru/. Портал.
3. Портал Geektimes, https://geektimes.ru/. Портал

Дополнительная

1. https://habrahabr.ru/post/227425/
2. https://geektimes.ru/post/258176/
3. https://geektimes.ru/post/227486/
4. https://habrahabr.ru/company/technoworks/blog/216437/

Приложение 1

Кейс 1. Сборка летающего квадрокоптера

Описание проблемной ситуации или феномена.

Обучающиеся из аэроквантума принесли объявление, что планируются гонки дронов (беспилотных летательных аппаратов – БПЛА). А что нужно сделать, чтобы тоже принять участие в соревнованиях? Для участия необходимо создать свой БПЛА и научиться его пилотировать. Решение найдено — необходимо создать команду и собрать свой БПЛА!

Вопросы для обсуждения с обучающимися:

1. Какие элементы обязательно должны быть на гоночном БПЛА?
2. Каким качествам должен отвечать гоночный дрон?
3. Какие компоненты можно облегчить?
4. От каких компонентов для гонок можно отказаться и какие заменить?
5. Каким должен быть воздушный винт гоночного БПЛА по сравнению с БПЛА для видеосъёмки?
6. Какие необязательные для гонок элементы нам понадобятся для обучения пилотированию?

Для того чтобы ответить на эти вопросы, нужно много узнать, изучить и понять, на что и нацелен данный кейс.

Категория кейса: вводный.

Место кейса в структуре модуля: введение в беспилотные авиационные системы, знакомство с технологиями, применяющимися в беспилотных летательных аппаратах и системах управления ими.

Количество учебных часов/занятий: 6 часов.

Занятие 1. Теория БПЛА

Цель: знакомство с беспилотниками.

Что делаем: изучаем историю, применение, общее устройство беспилотников.

Компетенции:

Hard: знания по истории, применению, устройству беспилотников.

Soft: умение слушать и задавать вопросы.

Кол-во часов: 1 час.

Занятие 2. Конструирование БПЛА

Цель: сконструировать БПЛА для выполнения конкретной задачи.

Что делаем: придумываем и рисуем различные схемы компоновки коптера для решения прикладных задач.

Компетенции:

Hard: навыки конструирования, знание строения коптера.

Soft: решение изобретательских задач, свободное мышление.

Кол-во часов: 1 час.

Занятие 3. Сборка БПЛА

Цель: собрать БПЛА для выполнения прикладной задачи.

Что делаем: собираем БПЛА.

Компетенции:

Hard: пайка, электромонтаж, механическая сборка.

Soft: работа в команде, мышление на несколько шагов вперёд, осмысленное следование указаниям инструкции, внимательность, аккуратность.

Кол-во часов: 2 часа.

Занятие 4. Настройка и первый полёт

Цель: поднять БПЛА в воздух.

Что делаем: настраиваем и калибруем полётный контроллер и аппаратуру управления; проходим технику безопасности; запускаем коптер.

Компетенции:

Hard: знания о работе полетного контроллера, умение настраивать коптер.

Soft: техника безопасности, ответственность за соблюдение правил, работа с взаимосвязанными параметрами.

Кол-во часов: 2 часа

Метод работы с кейсом:

Конструирование — инженерная разработка устройства.

Минимально необходимый уровень входных компетенций: специальные компетенции не требуются.

Предполагаемые образовательные результаты обучающихся: летающий настроенный БПЛА.

Формируемые навыки:

Универсальные:

- умение слушать и задавать вопросы;
- решение изобретательских задач;
- свободное мышление;
- работа в команде;
- мышление на несколько шагов вперёд;
- осмысленное следование инструкциям;
- внимательность;
- аккуратность;
- соблюдение техники безопасности;
- ответственность за соблюдение правил;

• работа с взаимосвязанными параметрами.

Предметные:

• знания по истории, применению, устройству беспилотников;

• навыки конструирования;

• знание строения коптера;

• пайка;

• электромонтаж;

• механическая сборка;

• знания о работе полетного контроллера;

• компоновка элементов БПЛА, подходящая для конкретной задачи;

• настройка БПЛА.

Процедуры и формы выявления образовательного результата:

• Безопасный и предсказуемый полёт БПЛА;

• Вопросы для обсуждения с обучающимися для выявления их знаний и понимания;

• Фиксация уровня знаний и сформированности навыков в журнале наблюдения.

Необходимые расходные материалы и оборудование:

УМК «Клевер», подготовленная презентация, компьютеры, проектор.

Руководство для педагогов

Обзор занятий

Ключевые понятия:

• Аэродинамика;

• Электротехника;

• ШИМ-модуляция.

АЭРОДИНАМИКА — раздел механики сплошных сред, в котором изучаются закономерности движения воздуха и других газов, а также характеристики тел, движущихся в воздухе. К аэродинамическим характеристикам тел относятся подъемная сила и сила сопротивления и их распределения по поверхности, а также тепловые потоки к поверхности тела, вызванные его движением в воздухе. В аэродинамике рассматриваются такие тела, как самолеты, ракеты, воздушно-космические летательные аппараты и автомобили.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА — наука об электрических явлениях и о применении электричества в практических целях.

ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ (ШИМ — англ. Pulsewidth Modulation (PWM) — процесс управления мощностью, подводимой к нагрузке, путём изменения скважности импульсов, при постоянной частоте.

Ход занятий:

• Планирование работы;

• Сборка и настройка БПЛА;

• Тестирование конструкции;

• Модификация конструкции, если это необходимо;

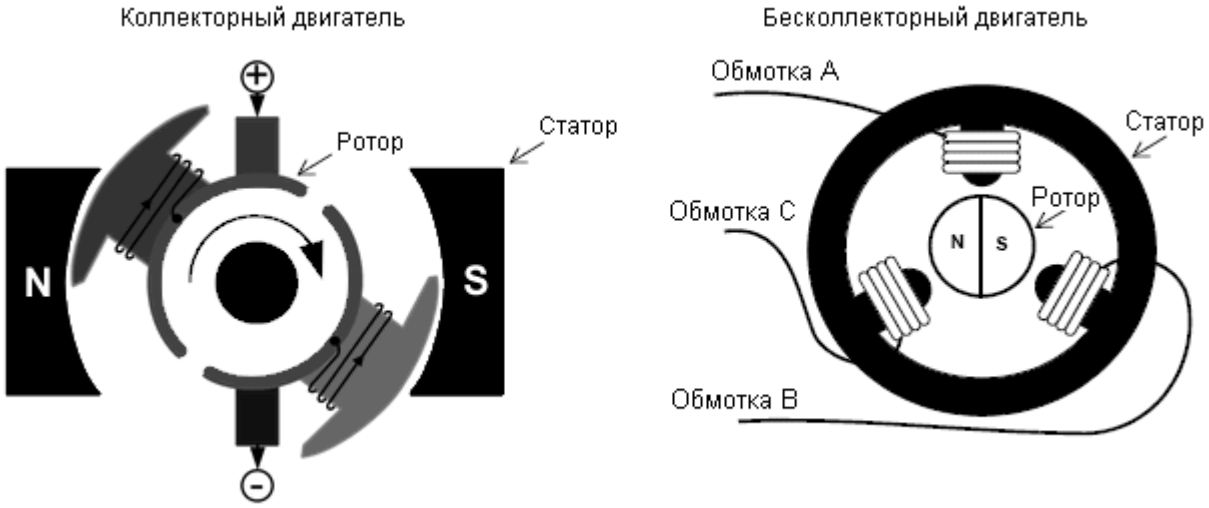
• Подведение итогов.

Время: 6 часов

Основные понятия

Полетный контроллер: основная плата управления, обеспечивающая функционирование мультикоптера. В качестве «мозга» платы управления используется микроконтроллер, зачастую это либо маломощные Atmega328, либо более современные Atmega2560 или ARM-контроллеры (STM32).

Бесколлекторный электромотор. Бесколлекторные двигатели постоянного тока называют также вентильными, в зарубежной литературе BLDCM (BrushLess Direct Current Motor) или PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor). Конструктивно бесколлекторный двигатель состоит из ротора с постоянными магнитами и статора с обмотками. Обратите внимание на то, что в коллекторном двигателе, наоборот, обмотки находятся на роторе. Поэтому далее в тексте ротор — магниты, статор — обмотки. Для управления двигателем применяется электронный регулятор (регулятор хода).



Пропеллер. Лопастной агрегат, работающий в воздушной среде, приводимый во вращение двигателем и являющийся движителем, преобразующим мощность (крутящий момент) двигателя в действующую движущую силу тяги. Винты, выполняющие (помимо функций движителя) дополнительные либо иные функции, имеют специальные названия: ротор, несущий винт автожира, несущий винт вертолёта, рулевой винт, вентилятор, ветряк, винтовентилятор.

Приемник. Устройство, соединяемое с антенной и служащее для осуществления радиоприёма, то есть для выделения сигналов из радиоизлучения. Под радиоприёмным устройством понимают радиоприёмник, снабженный антенной, а также средствами обработки принимаемой информации и воспроизведения её в требуемой форме (визуальной, звуковой, в виде печатного

текста и т. п.). Во многих случаях антенна и средства воспроизведения конструктивно входят в состав радиоприёмника.

Регулятор хода (регулятор оборотов). Устройство для управления оборотами электродвигателя, применяемое на радиоуправляемых моделях с электрической силовой установкой. Электронный регулятор хода позволяет плавно варьировать электрическую мощность, подаваемую на электродвигатель. В отличие от более простых резистивных регуляторов хода (в настоящее время практически не применяются в моделизме), которые управляли мощностью двигателя путём включения в цепь последовательно с мотором активной нагрузки, превращающей избыточную мощность в тепло, электронный регулятор хода обладает значительно более высоким КПД, не расходуя энергию аккумуляторной батареи на бесполезный нагрев.

Пульт управления. Передатчики бывают пистолетного типа, с курком газа и рулевым колесом (обычно используются для автомоделей и судомоделей), а также рычажного типа, с многопозиционными рычажками — стиками (обычно используются для авиамоделей). Антенна имеет длину около метра для систем FM-диапазона и порядка 20–30 см — для частоты 2,4 ГГц. Некоторые летающие игрушки управляются не по радио, а по инфракрасному каналу, соответственно, нужно всегда направлять пульт в сторону модели.

Демонстрации

Расскажите об истории беспилотных летательных аппаратов, покажите видео применения БПЛА в реальной жизни (видеосъемка, фотограмметрия, гонки дронов, картографирование, доставка). Обсудите применение беспилотников в повседневной жизни и узнайте мнение детей об этом вопросе.

Цель работы над кейсом — построить БПЛА, понять, что в летающих роботах нет ничего сложного. В ходе данного кейса обучающиеся должны понять, что для них реально сконструировать, а потом и собрать БПЛА своими руками. Это важно для дальнейшей проектной работы.

Материалы:

• Учебный конструктор БПЛА;

• Вспомогательные видеоматериалы.

Советы:

1. Начните с анализа материалов. Какая схема из придуманных обучающимися наиболее близка к идеалу? Расскажите об общепринятой схеме.

2. Следите за процессом сборки, помогая обучающимся.

3. После сборки разберите, чей БПЛА летает лучше всего и почему.

4. Модернизируйте БПЛА на основании данных, полученных в ходе эксперимента.

Советы по конструированию.

Дайте возможность каждому придумать своё расположение элементов, а затем проверить его на практике. Если расположение окажется неудачным, можно объяснить на словах, что именно будет работать плохо.

Вопросы для обсуждения:

1. Что будет, если заменить пропеллеры на другие?
2. Что будет, если подключить электромоторы, перепутав провода?
3. Можно ли напечатать БПЛА на 3D-принтере?
4. Что будет, если один из электромоторов сломается?
5. Что будет, если к полётному контроллеру подключить дополнительные датчики?
6. Что будет, если использовать другой аккумулятор?
7. Можно ли заменить полётный контроллер на другой?
8. Что будет, если не откалибровать полётный контроллер?
9. Как можно использовать разные пульты с одним и тем же квадрокоптером?
10. Что будет, если использовать другие источники питания?

Словарь терминов

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) — летательный аппарат без экипажа на борту, управляемый дистанционно по радиоканалу, автономно с использованием информации с датчиков или же с использованием смешанной схемы управления. Другие названия БПЛА — беспилотное воздушное судно (БВС), дрон, беспилотник.

Беспилотная авиационная система (БАС) — комплекс взаимосвязанных элементов, включающий в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов, средства обеспечения взлета и посадки, средства управления полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов и контроля за полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов.

Мультикоптер — общее название для беспилотных летательных аппаратов, у которых количество пропеллеров (несущих 38 винтов) больше, чем 2. Образовано от слов multi (несколько) и copter (вертолет).

Квадрокоптер — беспилотный летательный аппарат с 4 моторами. Русское название «квадрокоптер» — калька с английского quadcopter, что переводится как 4-роторный вертолет.

Гексакоптер — беспилотный летательный аппарат с 6 пропеллерами, что обычно размещаются по краям коптера. Название произошло от слов hexa («гекса», с древнегреческого — «шесть») и copter.

Октокоптер — беспилотный летательный аппарат с 8 пропеллерами, что обычно размещаются по краям коптера. Название произошло от слов octo («окто», с латыни — «восемь») и copter.

Коптер — сокращение от слова helicopter, вертолет. Используется либо по прямому назначению, либо как обозначение беспилотного летательного аппарата с n-ым количеством несущих винтов.

Аппаратура управления (радио, радиоаппаратура) — система дистанционного управления БПЛА по радиоканалу. Состоит из наземного передатчика (пульта) и бортового приёмника.

Полётный контроллер — центральная и обязательная часть любого мультикоптера, отвечающая за управление моторами в соответствии с полётным режимом и руководствуясь командами управления.

Акселерометр — датчик, способный определить ускорение коптера в направлении всех трёх осей. Его наличие помогает контроллеру выравнивать коптер в «горизонт».

Гироскоп — датчик, реагирующий на изменение углов ориентации коптера относительно его предыдущего положения в пространстве. Программное обеспечение использует гироскопы, чтобы определить положение платформы в воздухе и дать команду на компенсацию изменения положения от внешних возбудителей.

Центральная платформа — основа коптера, база. К ней крепятся все остальные части: лучи, электронные компоненты, дополнительные деки, передатчики и прочее.

Луч — вытянутая «рука» коптера, которая отходит от центральной платформы. Именно на лучах крепятся моторы и их регуляторы.

BEC (англ. Battery Eliminator Circuit) — устройство для обеспечения питанием бортовой аппаратуры (+5 Вольт) постоянным напряжением от аккумуляторов, которые имеют свойство менять это напряжение от зарядки до разрядки.

ESC — контроллер скорости бесколлекторного электродвигателя. Другое название — регулятор оборотов.

Бесколлекторный мотор — основной тип моторов, использующихся в мультироторных летательных аппаратах. Они обладают выдающимися характеристиками и сроком службы в связи с отсутствием трущихся узлов (щеток), посредством которых передается ток.

Руководство для обучающегося

Цель: собрать БПЛА своими руками.

Как это сделать

Помните, что перед вами только один из способов собрать БПЛА. В комплекте предусмотрен конструктор, вы можете собирать его тем способом, который кажется вам наилучшим. Посмотрим, сможете ли вы выполнить его другим методом! Начните с анализа материалов. Необходимо понять, как устроен БПЛА, из каких элементов он состоит. Затем понять порядок сборки,

сформулировать свою идею и собрать свой вариант беспилотного летательного аппарата.

Подробнее

Знакомство с историей беспилотной авиации. В 1899 году Никола Тесла разработал и продемонстрировал миниатюрное радиоуправляемое судно. В 1910 году вдохновлённый успехами братьев Райт молодой американский военный инженер из Огайо Чарльз Кеттеринг предложил использовать летательные аппараты без человека. По его замыслу, управляемое часовым механизмом устройство в заданном месте должно было сбрасывать крылья и падать, как бомба, на врага. Получив финансирование армии США, он построил и с переменным успехом испытал несколько устройств, получивших названия The Kettering Aerial Torpedo, Kettering Bug, но в боевых действиях они так и не применялись. В Германии разрабатывался проект радиоуправляемого беспилотного бомбардировщика Fledermaus. В 1933 году в Великобритании был разработан первый БПЛА многократного использования Queen Bee. Были использованы три отреставрированных биплана Fairy Queen, дистанционно управляемые с судна по радио. Два из них потерпели аварию, а третий совершил успешный полёт, сделав Великобританию первой страной, извлекшей пользу из БПЛА. Эта радиоуправляемая беспилотная мишень под названием DH82A Tiger Moth использовалась на королевском Военно-морском флоте с 1934 по 1943 г. Армия и ВМФ США с 1940 года использовали БПЛА Radioplane OQ-2 в качестве самолёта-мишени.

Многовинтовые вертолёты разрабатывались ещё в первые годы вертолётостроения. Один из первых квадрокоптеров (англ. quadcopter, четырёхроторный вертолет), который реально оторвался от земли и мог держаться в воздухе, был создан Георгием Ботезатом и испытан в 1922 году. Недостатком этих аппаратов была сложная трансмиссия, передававшая вращение одного мотора на несколько винтов. Изобретение хвостового винта и автомата перекоса положило конец этим попыткам. Новые разработки начались в 1950-е годы, но дальше прототипов дело не продвинулось. Георгий Александрович Ботезат был американцем российского происхождения, изобретателем, профессором Петроградского технологического института. Также он окончил два института — в Харькове и Бельже (Бельгия), был инженером-электриком. Но главное, почему его помнят, — это вертолет. Испытания одного из первых вертолетов, оснащенного четырьмя винтами, начались в 1922 году. Многовинтовая схема позволяла упростить управление аппаратом: поворот осуществлялся изменением положения носовой части вертолета. Каждый винт изменяемого шага состоял из шести лопастей. В конструкции использовались растяжки из струн от рояля. Разработка квадрокоптера велась на деньги армии США.

У Ботезата не было терпения на разработку прототипов, так что он сразу принялся строить полноразмерный аппарат. Несмотря на потраченные на программу 200 000 долларов, что было большой суммой в первой половине

прошлого века, проект был прикрыт из-за некоторых проблем. В частности, чтобы просто лететь вперед, был нужен попутный ветер. Ботезат хотел продолжить работу и исправить эту проблему, но не успел.

Видео полёта первого квадрокоптера: https://www.youtube.com/watch?v=pjOcD5DoGUU

В течение Второй мировой войны немецкие учёные вели разработки нескольких радиоуправляемых типов оружия, включая управляемые бомбы Henschel Hs 293 и Fritz X, ракету Enzian и радиоуправляемый самолёт, наполненный взрывчатым веществом. Несмотря на незавершённость проектов, Fritz X и Hs 293 с успехом использовались на Средиземном море против бронированных военных кораблей. Массовым оружием была первая «крылатая ракета» Фау-1 с реактивным пульсирующим двигателем, которая могла запускаться как с земли, так и с воздуха. В нацистской Германии в 1942 году было запущено производство ракет Фау-2, имеющих систему управления, удерживающую ракету на заданной при старте траектории в течение всего полета.

Были разработаны и применялись управляемые планирующие авиабомбы.

В СССР в 1930–1940 гг. авиаконструктором Никитиным разрабатывался торпедоносец-планер специального назначения (ПСН-1 и ПСН-2) типа «летающее крыло» в двух вариантах: пилотируемый тренировочно-пристрелочный и беспилотный с полной автоматикой. К началу 1940 г. был представлен проект беспилотной летающей торпеды с дальностью полёта от 100 км и выше (при скорости полёта 700 км/ч). Однако этим разработкам не было суждено воплотиться в реальные конструкции. В 1941 году были удачно применены тяжёлые бомбардировщики ТБ-3 в качестве БПЛА для уничтожения мостов.

В США запустили в массовое производство БПЛА-мишень Radioplane OQ-2 для тренировки лётчиков и зенитчиков. Также в 1944 году был применён впервые в мире классический ударный БПЛА — Interstate TDR. Помимо этого, военными США был создан целый ряд управляемых авиабомб, включая наиболее совершенное технические оружие, применённое в годы войны, — самонаводящуюся планирующую бомбу. ASM-N-2 Bat, первое в мире оружие схемы «выстрелил и забыл», не требующее вмешательства оператора. После войны разработки беспилотных летательных аппаратов в США временно сместились в сторону создания управляемых ракет и авиабомб, лишь в 1960-х вернувшись к идее неударных БПЛА.

После Второй мировой войны

В СССР 23 сентября 1957 года КБ Туполева получило госзаказ на разработку мобильной ядерной сверхзвуковой крылатой ракеты среднего радиуса действия. Первый взлёт модели Ту121 был осуществлён 25 августа 1960 года, но программа была закрыта в пользу баллистических ракет КБ Королёва. Созданная же конструкция нашла применение в качестве мишени, а также при создании беспилотных самолётов-разведчиков Ту-123 «Ястреб», Ту-143 «Рейс» и Ту-141 «Стриж», стоявших на вооружении ВВС СССР с 1964 по 1979 год. Ту-143 «Рейс»

на протяжении 1970-х годов поставлялся в африканские и ближневосточные страны, в том числе и в Ирак. Ту-141 «Стриж» состоит на вооружении ВВС Украины и поныне. Комплексы «Рейс» с БПЛА Ту-143 эксплуатируются до настоящего времени, поставлялись в Чехословакию (1984), Румынию, Ирак и Сирию (1982), использовались в боевых действиях во время Ливанской войны. В Чехословакии в 1984 году были сформированы две эскадрильи, одна из которых в настоящее время находится в Чехии, другая — в Словакии.

СССР ещё в 1970–1980-е годы был лидером по производству БПЛА — только Ту-143 было выпущено около 950 штук. В начале 1960-х годов дистанционно-пилотируемые летательные аппараты использовались США для слежения за размещениями ракет на Кубе и в Советском Союзе — после того, как были сбиты RB-47 и два U-2, для выполнения разведывательных работ была начата разработка высотного беспилотного разведчика Red Wadon (модель 136). БПЛА имел высоко расположенные крылья и малую радиолокационную и инфракрасную заметность.

Во время войны во Вьетнаме с ростом потерь американской авиации от ракет вьетнамских ЗРК возросло использование БПЛА. В основном они использовались для ведения фоторазведки, иногда для целей РЭБ. В частности, для ведения радиотехнической разведки применялись БПЛА 147E. Несмотря на то, что в конечном счёте беспилотник был сбит, он передавал на наземный пункт характеристики советского ЗРК С-75 в течение всего своего полёта, и ценность этой информации была соизмерима с полной стоимостью программы разработки беспилотного летательного аппарата. Она также позволила сохранить жизнь многим американским лётчикам, а также самолёты в течение последующих 15 лет, вплоть до 1973 года. В ходе войны американские БПЛА совершили почти 3500 полётов, причём потери составили около четырёх процентов. Аппараты применялись для ведения фоторазведки, ретрансляции сигнала, разведки радиоэлектронных средств, РЭБ и в качестве ложных целей для усложнения воздушной обстановки. Но полная программа БПЛА была окутана тайной настолько, что её успех, который должен был стимулировать развитие БПЛА после конца военных действий, в значительной степени остался незамеченным.

Беспилотные летательные аппараты применялись Израилем во время арабо-израильского конфликта в 1973 г. Они использовались для наблюдения и разведки, а также в качестве ложных целей. В 1982 году БПЛА использовались во время боевых действий в долине Бекаа в Ливане. Израильский БПЛА IAI Scout и малоразмерные дистанционно-пилотируемые летательные аппараты Mastiff провели разведку и наблюдение сирийских аэродромов, позиций ЗРК и передвижений войск.

По информации, получаемой с помощью БПЛА, отвлекающая группа израильской авиации перед ударом главных сил вызвала включение радиолокационных станций сирийских ЗРК, по которым был нанесён удар с помощью самонаводящихся противорадиолокационных ракет, а те средства,

которые не были уничтожены, были подавлены помехами. Успех израильской авиации был впечатляющим — Сирия потеряла 18 батарей ЗРК.

Дистанционно-пилотируемые летательные аппараты и автономные БПЛА использовались обеими сторонами в течение войны в Персидском заливе 1991 года (операция «Буря в пустыне»), прежде всего, как платформы наблюдения и разведки. США, Великобритания и Франция развернули и эффективно использовали системы типа Pioneer, Pointer, Exdrone, Midge, Alpilles Mart, CL-89. Ирак использовал Al Yamamah, Makareb-1000, Sahreb-1 и Sahreb-2. Во время этой операции БПЛА тактической разведки коалиции совершили более 530 вылетов, налёт составил около 1700 часов. При этом 28 аппаратов были повреждены, включая 12, которые были сбиты. Из 40 БПЛА Pioneer, используемых США, 60% были повреждены, но 75% оказались ремонтопригодными. Из всех потерянных БПЛА только 2 относились к боевым потерям. Низкий коэффициент потерь обусловлен, вероятнее всего, небольшими размерами БПЛА, в силу чего иракская армия сочла, что они не представляют большой угрозы.

БПЛА также использовались и в операциях по поддержанию мира силами ООН в бывшей Югославии. В 1992 году Организация Объединённых Наций санкционировала использование военно-воздушных сил НАТО, чтобы обеспечить прикрытие Боснии с воздуха, поддерживать наземные войска, размещённые по всей стране. Для выполнения этой задачи требовалось ведение круглосуточной разведки.

В 1992 году израильский БПЛА был впервые использован как боевое средство для целеуказания при операции по ликвидации в Южном Ливане лидера террористической организации «Хезболла» Аббаса аль-Мусави. БПЛА выследил колонну, в которой ехал Мусави, и пометил его автомобиль лазерным маркером, по которому была выпущена ракета со штурмового вертолета. Вовремя Интифады аль-Акса в 2000–2005 году ВВС Израиля широко использовали БПЛА в комплексе: для наблюдения, разведки, целеуказания. Широкое применение получили ударные БПЛА для точечных ликвидаций террористов, особенно в секторе Газа, захваченном террористической организацией ХАМАС.

БПЛА дальнего радиуса действия использовались Израилем в ходе ряда операций по перехвату и уничтожению контрабандных поставок Ираном вооружений палестинским террористам, в числе которых перехват судна «Карин А» с 50 тоннами оружия в Красном море в 2002 году, «Франкоп» с 500 тоннами оружия в Средиземном море в 2009 году и многие подобные.

Также в 2009 году в Судане произошла серия воздушных атак неидентифицированными летательными аппаратами на транспорты и склады иранского оружия, адресованного на Синай и в сектор Газа. Предположения, что атаки были совершены израильскими ударными БПЛА дальнего радиуса действия, не были подтверждены израильскими официальными источниками — традиционно для таких событий. В апреле 2015 года БПЛА X-47B произвёл первую в истории процедуру дозаправки в воздухе полностью в автоматическом режиме.

В наши дни все больший интерес представляет гражданское использование беспилотных летательных аппаратов. От видеосъемки до доставки грузов, от мониторинговых миссий до фотограмметрии. Везде находят своё применение беспилотники. И лидерами, безусловно, являются коптеры.

Старт

Любой БПЛА состоит из основных базовых элементов, изобразите их на чистом листе.

Каким образом БПЛА держится в воздухе?

_____
_____
_____

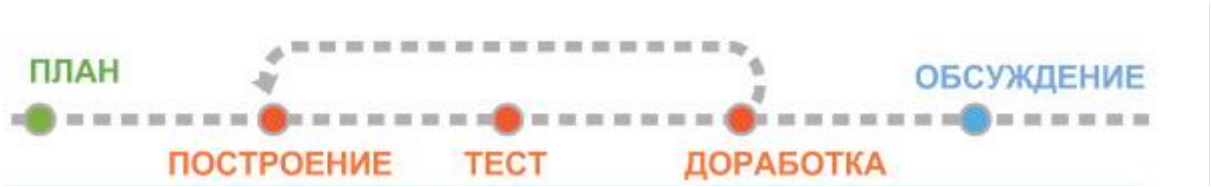
Как БПЛА должен изменить своё положение, чтобы полететь вперед?

_____
_____
_____

Изобразите на чистом листе, как БПЛА должен изменить своё положение в пространстве, чтобы полететь вперед? В чем отличие БПЛА от радиоуправляемой машины или катера?

_____
_____
_____

Этапы работы



Планируем БПЛА

На чистом листе нарисуйте модель БПЛА с идеальной, с вашей точки зрения, компоновкой элементов.

Составные части

- Полётный контроллер;
- Электромоторы;
- Пропеллеры;
- Приемник;
- Регуляторы хода;
- Плата распределения питания;
- Силовая рама;

• Пульт управления.

Сборка

• Соберите БПЛА, при необходимости пользуясь приложенной инструкцией;

• После сборки настройте БПЛА.

Доработка конструкций

- Проанализируйте результаты;
- Сделайте выводы;
- При необходимости внесите изменения в модель;
- Возможны как конструктивные изменения, так и изменения в настройках.

Обсуждение

Что вы узнали на занятии?

_____

Что вы еще можете изменить в своем устройстве, чтобы БПЛА было удобнее управлять?

_____

Приложение 2

Кейс 2. Визуальное пилотирование Беспилотного летательного аппарата (БПЛА)

Описание проблемной ситуации или феномена

У сотрудников МЧС стоит актуальная задача доставки медикаментов и поиска людей. Они обратили внимание на автономные дроны (БПЛА), предназначенные для полётов по заданным маршрутам без участия человека. Важное требование МЧС к БПЛА — обеспечение безотказной работы автономных БПЛА, включающее в себя перехват управления БПЛА в случае отказа или нежелательного поведения программ автономного полёта. Также навыки пилотирования необходимы в период развёртывания и полевых испытаний. Управление БПЛА без приобретённых навыков может повлечь за собой проблемы — от поломок собственной техники и порчи чужого имущества до получения травм, увечий и даже причинения смерти.

Категория кейса: вводный.

Место кейса в структуре модуля: приобретение навыков пилотирования и научение лётной эксплуатации БПЛА.

Количество учебных часов/занятий: 8 часов.

Занятие 1. Техника безопасности

Цель: усвоить и закрепить правила ТБ.

Что делаем: изучаем технику безопасности. Каждый записывает правила для лучшего усвоения материала.

Компетенции:

Hard: понимание допустимых границ при пилотировании.

Soft: понятие об ответственности за свои действия и их последствия.

Кол-во часов: 1 час.

Занятие 2. Управление БПЛА и полётные режимы

Цель: подготовиться к полёту.

Что делаем: изучаем аппаратуру радиоуправления БПЛА и её настройки. Изучаем полётные режимы.

Компетенции:

Hard: умение настроить аппаратуру и подготовить БПЛА к взлёту.

Soft: осознание возможностей при эксплуатации БПЛА.

Кол-во часов: 2 час.

Занятие 3. Взлёт, висение и посадка

Цель: научиться выполнять висение на коптере.

Что делаем: на лётной площадке, соблюдая технику безопасности, выполняем упражнение 1 **«Висение хвостом к себе»** и упражнение 2 **«Полёты вперед-назад и влево-вправо хвостом к себе»**.

Компетенции:

Hard: навыки управления БПЛА.

Soft: преодоление страха полёта, осознание своих возможностей.

Кол-во часов: 2 часа.

Занятие 4. Выполнение простых фигур пилотажа

Цель: научиться висеть боком и носом к себе, выполнять простые фигуры пилотажа.

Что делаем: на лётной площадке, соблюдая технику безопасности, выполняем упражнение 3 **«Полёт по кругу хвостом к себе»** и последующие по мере освоения.

Компетенции:

Hard: навыки управления БПЛА.

Soft: приобретение уверенности и осознание своих способностей и возможностей аппарата.

Кол-во часов: 3 часа.

Метод работы с кейсом:

Исследования и экспериментальная работа.

Минимально необходимый уровень входных компетенций: знание теории беспилотных летательных аппаратов; владение такими качествами, как внимательность, ответственность, спокойствие.

Предполагаемые образовательные результаты обучающихся:

Формируемые навыки

Универсальные:

• преодоление страха полёта;

• ответственность;

• осознание своих возможностей;

• поиск оптимального решения;

• внимательность, аккуратность.

Предметные:

• знание и соблюдение техники безопасности;

• умение подключать и настраивать оборудование БПЛА;

• навыки пилотирования БПЛА;

• умение настраивать аппаратуру и полётные режимы БПЛА.

Процедуры и формы выявления образовательного результата:

• Наблюдение за полётами обучающихся и фиксация их умений;

• Введение системы зачётов за выполнение упражнений;

• Дискуссия с обучающимися с целью выявления их теоретических знаний и умения их применить.

Необходимые расходные материалы и оборудование:

• УМК «Клевер» с БПЛА в собранном виде и заряженными аккумуляторами;

• Размеченная зона для полётов с определёнными барьерами на границах и разметкой взлётно-посадочных площадок.

Руководство для педагогов

Обзор занятий

Ключевые понятия:

• Drone racing;

• Полётные режимы;

• Газ, рысканье, тангаж, крен.

Drone racing — гонки на квадрокоптерах, проводимые по всему миру. Цель — пройти трассу, ограниченную поворотными столбами и курсовыми воротами.

Полётные режимы — модель поведения квадрокоптера. От выбранного полётного режима зависит простота управления.

Газ, рысканье, тангаж, крен — 4 канала управления БПЛА, каждый стик на пульте отвечает за один из каналов.

Газ — скорость вращения электромоторов.

Рысканье — поворот вокруг своей оси.

Крен, тангаж — углы наклона БПЛА.

Ход занятий:

• Знакомство с техникой безопасности;

• Обучение визуальному пилотированию;

• Проектирование трассы для drone racing;

• Тренировки на трассе;

• Проведение гонки;

• Подведение итогов.

Время: 8 часов.

Демонстрации

Расскажите и покажите видео с drone racing, чтобы вызвать у обучающихся интерес к тому, как управлять дроном. Объясните правила техники безопасности и основы визуального пилотирования. Продемонстрируйте, как нужно управлять БПЛА.

Цель проекта – понять основы визуального пилотирования. Обсудите кейс.

Вопросы для обсуждения с обучающимися:

1. Что будет, если управлять БПЛА слишком резко?
2. В каком полётном режиме лучше всего управлять для фотосъемки?

3. В каком полётном режиме лучше всего делать трюки?

4. Что будет, если попытаться пройти трассу в неудачном полётном режиме?

5. Что будет, если не откалибровать или откалибровать неправильно БПЛА перед взлётом?

6. Что лучше — лететь быстро или аккуратно?

7. На какой высоте лучше проходить трассу?

8. Что будет, если пройти трассу задом наперед?

9. Как изменится стиль пилотирования, если поставить на БПЛА другие пропеллеры?

10. Что будет, если попытаться пройти трассу на БПЛА с неправильно откалиброванными гироскопами?

Для того чтобы ответить на эти вопросы, нужно много узнать, изучить и понять, на что и нацелен данный кейс. В ходе работы над кейсом обучающиеся должны освоить основы визуального пилотирования, понять, как изменяется поведение БПЛА в зависимости от полётного режима, на какой высоте лучше летать и насколько плавно перемещать стики пульта.

Материалы:

• Собранный учебный конструктор БПЛА;

• Вспомогательные видеоматериалы.

Руководство для обучающегося

Цель: освоить основы визуального пилотирования мультироторных летательных аппаратов.

Как это сделать:

• Изучить полётные режимы;

• Научиться позиционировать БПЛА относительно себя;

• Пролетать простые трассы (В случае отсутствия закупленной трассы, ее можно сконструировать своими руками http://quad-copter.ru/forum/thread4570.html. На основе данного примера можно собрать квадратные и пента ворота).

Подробнее

Базовые процедуры

Arm (англ. — «вооружить») — разблокировать моторы коптера, перевести коптер в «боевое» состояние, после чего коптер начинает реагировать на движения стика газа. На коптере Clever арминг выполняется наклоном стика YAW вправо до края, при минимальном газе, в течение 3 секунд.

Disarm (англ. – «разоружить») — заблокировать моторы коптера, после чего коптер перестает реагировать на движения стика газа. На коптере Clever выполняется наклоном стика YAW влево до края, при минимальном газе, в течение 3 секунд.

Процедура включения — последовательность действий после установки коптера на взлетную площадку перед взлётом.

Включение коптера на взлётной площадке:

1. Пульт управления — включить.
2. Заряд батареек пульта — проверить.
3. Li-po аккумулятор — подключить.
4. Arm — выполнить.
5. Газ — включить на 10%.

Процедура выключения – последовательность действий после посадки или крушения.

Выключение коптера:

1. Газ — перевести в минимум.
2. Disarm — выполнить.
3. Газ — включить на 10% для проверки, что disarm прошел успешно.
4. Li-po аккумулятор — выключить.
5. Пульт управления — выключить.

Подготовка коптера к вылету в помещении аэроквантума

Первичная подготовка

1. Коптер — убедиться в затянутости гаек пропеллеров.
2. Провода — уложить в жгуты, закрепить стяжками. Укрепить болтающиеся провода.
3. Пропеллеры — установить. Затянуть гайки.
4. Проверить правильность установки пропеллеров.
5. Проверить, что вращению пропеллеров ничего не мешает, при необходимости — устранить помехи.

Обеспечение безопасности при подготовке к вылету

1. Убедиться, что аккумуляторы заряжены.
2. Убедиться, что аккумуляторы или батарейки в аппаратуре управления заряжены.
3. Проверить надёжность следующих узлов:
   - затянутость гаек пропеллеров;
   - крепление и целостность защит винтов;
   - надежность крепления проводов, отсутствие болтающихся проводов.
4. Подключать аккумулятор только перед вылетом!

Приготовить всё необходимое:

1. Коптер.
2. Пульт с батарейками.
3. Аккумуляторы.
4. Зарядное устройство.
5. Мультиметр или другой измеритель напряжения.
6. Запасные защиты пропеллеров.

7. Изолента, ножницы, отвертка.

8. Лента или скотч для обозначения зоны полетов.

Убедившись, что все необходимое собрано, можно отправляться на лётное поле.

Процедура подготовки к полету на площадке

Подготовка зоны полетов

Для учебных полетов определяется зона полетов. Зону необходимо ограничить лентой. В случае если полеты проводятся в закрытом помещении, наклеить ленту на пол. На улице растянуть ленту по воздуху, закрепив на крепкие опоры.

Чек-лист

Проверить следующие пункты:

1. Провода аккумулятора уложены так, что, будучи подключенными, не помешают полетам.

2. Вращению пропеллеров ничего не мешает.

3. Защиты пропеллеров целы и закреплены.

4. Все присутствующие люди находятся за спиной. На расстоянии 10 метров спереди и сбоку нет людей.

Безопасность перед взлётом

• Располагать зрителей за спиной пилота или за линией, проходящей через оба плеча пилота за спиной пилота;

• Не допускать выхода зрителей в полусферу перед лицом пилота;

• Знать и помнить время полета, на которое рассчитан данный коптер и его аккумулятор;

• Стоять на расстоянии не менее 3 метров от коптера;

• Взлетать с земли с ровной площадки, на расстоянии не менее 3 метров от препятствий.

Убедившись, что все пункты, изложенные выше, выполнены, выполнить процедуру включения и переходить к взлету.

Взлёт

Резкие движения стиками запрещаются!

Взлет производить медленным и плавным увеличением оборотов двигателя до отрыва коптера. Если шасси отрываются от земли неодновременно, компенсировать наклон правой ручкой. При тенденции к наклону или опрокидыванию на взлете:

• Взлет прекратить, провести процедуру выключения коптера;

• Проверить симметричность и центровку аппарата.

Безопасность в полёте

• Выполнять все указания педагога;

• Заранее обозначить зону пилотажа. Летать только в обозначенной зоне и не допускать вылета за её пределы. Не залетать за собственную спину;

• При обучении полётам летать на уровне ниже собственного роста;

• Летать рядом с собой на расстоянии, на котором вам видна ориентация коптера в пространстве. Не улетать далеко от себя. В случае сомнений в ориентации коптера немедленно выполнить посадку на месте. Не пытаться взлететь. Подойти ближе к коптеру и выполнить взлёт;

• При управлении все движения стиками выполнять аккуратно и плавно. Не допускать резких движений. При необходимости изменить направление полёта двигать стиками следует энергично, но не резко.

РЕЗКИЕ движения стиками ЗАПРЕЩАЮТСЯ. Движения стиками В КРАЯ ЗАПРЕЩАЮТСЯ.

• Летать следует осторожно и выполнять только те элементы, в которых нет сомнений. Запрещается выполнять фигуры пилотажа, в успехе которых возникают сомнения, и фигуры, связанные с риском;

• Соблюдать скоростной режим. Скорость полёта коптера держать в пределах скорости идущего человека;

• Вернуть коптер к месту посадки к рассчитанному времени, не допускать полной разрядки аккумулятора в полёте;

• Посадку выполнять только на ровную открытую площадку вдали от препятствий;

• <u>В случае удара о землю или жесткой посадки выполнить следующие действия:</u>

1. Прекратить полёт. Посадить коптер на землю.
2. Disarm (стик YAW влево вниз на 3 секунды).
3. Отключить аккумулятор на коптере.
4. Выключить пульт.
5. Осмотреть коптер и при необходимости отремонтировать.

• <u>После запланированной посадки выполнить следующие действия:</u>

1. Disarm (стик YAW влево вниз на 3 секунды).
2. Отключить аккумулятор на коптере.
3. Выключить пульт.

Обучение лётному мастерству

Упражнение 1. Висение хвостом к себе

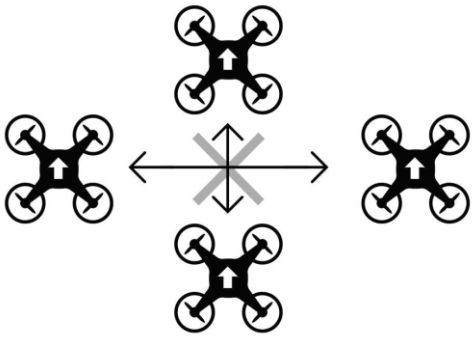
Выполняется на уровне колен над центральным перекрестием зоны полётов. Очень важно научиться удерживать квадрокоптер на одной высоте и в одной точке. Квадрокоптер может сносить в сторону ветром, а по высоте он будет снижаться при снижении уровня заряда аккумулятора.

Взлетаем, удерживаем квадрокоптер на высоте 1 метра от земли прямо над местом взлета в течение 30 секунд. Двигая стик газа вверх-вниз, не двигаем им влево-вправо! В противном случае нос квадрокоптера будет поворачиваться. Тренируемся до тех пор, пока область удержания не сузится до размеров 0,7 метра в диаметре.

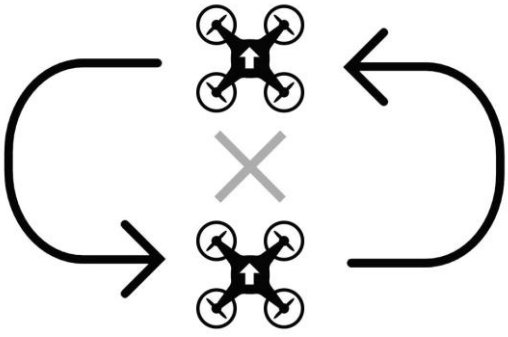
Совет: Пульт радиоуправления держим двумя руками, пальцы обеих рук всегда держатся за стики: левая — за стик газа/поворота, правая — направления вперед/назад/влево/вправо. Двигаем стиками очень плавно. Для более точной координации движений рекомендуется держать стик указательным и толстым пальцами.

Замечание: Инерция. Воздух, как и вода, обладает низким трением, по этой причине квадрокоптер будет продолжать двигаться в заданном направлении, даже если переместить стик направления в центральное положение. Именно по этой же причине, если лодку в озере толкнуть от берега, она еще долго будет продолжать удаляться от него.

Упражнение 2. Полёты вперед-назад и влево-вправо хвостом к себе



Упражнение 3. Полёт по кругу хвостом к себе

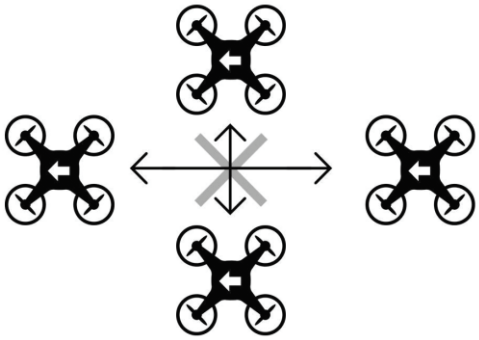


Упражнение 4. Висение боком к себе

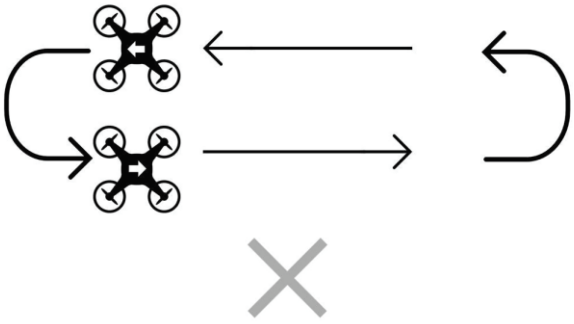
Квадрокоптер может быть повернут к вам носом, боком, хвостом, но, если двигать стик направления вперёд, квадрокоптер полетит туда, куда смотрит его нос, а не туда, куда смотрите вы! Всегда знайте, где у квадрокоптера нос!!! Вращение носа осуществляется левым стиком: если наклонить его вправо-влево, квадрокоптер будет поворачивать нос по часовой стрелке либо против часовой стрелки. Взлетаем, удерживая высоту 1 метр, поворачиваем квадрокоптер по часовой стрелке на 180 градусов, поворачиваем обратно против часовой стрелки на 180 градусов, приземляемся в точку взлета.

В этом задании самое трудное — удержать высоту. Отрабатываем задание, пока при развороте квадрокоптер не будет отклоняться по высоте не более 0,2 метра.

Упражнение 5. Полёты влево-вправо и вперёд-назад боком к себе

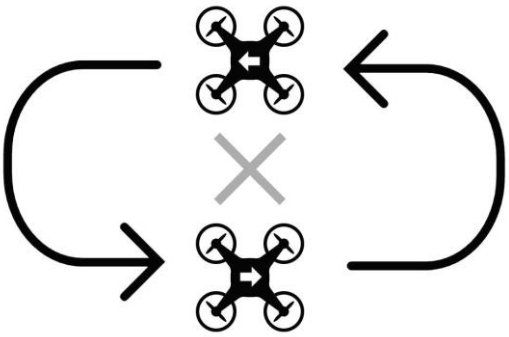


Упражнение 6. Полёт боком к себе по линии влево-вправо с разворотами в крайних положениях



Упражнение 7. Висение носом к себе

Упражнение 8. Полёт по кругу носом вперёд



Изобразите на чистом листе органы управления на пульте и за что они отвечают.

Что нужно делать, чтобы удерживать квадрокоптер в одной точке в пространстве?

_____
_____
_____

Какие бывают полётные режимы и в чем их различие?

_____
_____
_____

Этапы работы

Обучение визуальному пилотированию

• Выполните последовательно все упражнения от 1 до 8.

• Тренируйтесь, пока не сможете выполнить все шаги уверенно и повторить их по просьбе педагога.

• Получайте удовольствие от пилотирования.

• При крушении и поломках отремонтируйте квадрокоптер.

Проектирование трассы

Изобразите ваш вариант трассы для drone racing, которую можно построить в мобильном технопарке «Кванториум».

Тренировки на трассе

По очереди пролетите трассу, при необходимости измените её конструкцию.

Drone racing

Устройте гонку на квадрокоптерах, которые вы собрали своими руками!

Обсуждение: Что вы узнали на занятии?

_____
_____
_____

Что вы еще можете изменить в своем квадрокоптере либо в стиле пилотирования, чтобы пройти трассу за минимальное время?

_____
_____
_____

Приложение 3

Кейс 3. Сравнение пропеллеров

Описание проблемной ситуации или феномена

При крушении коптера сломались пропеллеры. В наличии таких же пропеллеров не оказалось. Необходимо купить другие пропеллеры с новыми, но подходящими для выполнения задачи параметрами. Также необходимо подобрать оптимальные параметры пропеллеров для решения конкретной инженерной задачи по созданию БПЛА для мониторинга и охраны периметра территории.

Категория кейса: вводный.

Место кейса в структуре модуля: знакомство с аэродинамикой и технологиями конструирования БПЛА.

Количество учебных часов, на которые рассчитан кейс: 4 часа.

Занятие 1. Аэродинамика воздушного винта

Цель: понять основы аэродинамики летательных аппаратов и воздушного винта.

Что делаем: изучаем пропеллер и его характеристики, подъёмную силу и аэродинамику.

Компетенции:

Hard: подбор пропеллеров на заданные электромоторы.

Soft: умение слушать и задавать вопросы, работа с неизвестными данными.

Кол-во часов: 2 часа.

Занятие 2. Практикум по сравнению пропеллеров

Цель: научиться различать поведение коптера с разными пропеллерами.

Что делаем: измеряем время висения и ускорение одинаковых коптеров с разными пропеллерами.

Компетенции:

Hard: эксплуатация и обслуживание коптеров.

Soft: работа в команде, аккуратность, ответственность.

Кол-во часов: 2 часа.

Метод работы с кейсом:

исследования, дискуссия, экспериментальная работа.

Минимально необходимый уровень входных компетенций: не требуется.

Предполагаемые образовательные результаты обучающихся:

Формируемые навыки

Универсальные

• умение слушать и задавать вопросы;

• работа с неизвестными данными;

• работа в команде;

• аккуратность;

• ответственность.

Предметные

• подбор пропеллеров на заданные электромоторы;

• навыки эксплуатации и обслуживание коптеров;

• умение выбирать пропеллеры, подходящие для предполагаемой задачи.

Процедуры и формы выявления образовательного результата:

• Оценивание педагогом умения решать качественные задачи по выбору пропеллера;

• Вопросы для обсуждения с обучающимися с целью проверки их понимания теоретического материала и умений применить его на практике.

Необходимые расходные материалы и оборудование:

• УМК «Клевер» с квадрокоптерами в собранном виде и заряженными аккумуляторами;

• Размеченная зона для полётов с определёнными барьерами на границах и разметкой взлётно-посадочных площадок;

• Комплект дополнительных пропеллеров:

- 5” двухлопастной;
- 5” трёхлопастной;
- 4” двухлопастной;
- 4” трёхлопастной.

Руководство для педагогов

Обзор занятий

Шаг и диаметр. Уменьшая диаметр винта при некотором увеличении шага, можно снизить лобовое сопротивление пропеллера и увеличить скороподъемность, тем самым повысив динамичность дрона. И наоборот, при увеличении диаметра винта и уменьшении шага повышаем грузоподъемность на низших оборотах, повышая плавность и стабильность, но снижаем динамические качества.

Материал. Стоит помнить, что при равной геометрии карбоновые винты значительно жестче пластиковых, да и прочность их повыше. Поэтому коптер, особенно при видеосъемке, будет подвержен меньшей вибрации, идущей от колебаний лопастей.

Ход занятий:

• Техника безопасности;

• Обсуждение;

• Проведение эксперимента. Установление разных пропеллеров на квадрокоптер. Попытка взлететь на каждом из комплектов;

• Осознание влияния параметров;

• Установка подходящих винтов;

• Тренировка на рабочем месте;

• Соревнование;

• Подведение итогов.

Время: 4 часа.

Демонстрации

Полёт квадрокоптера с разными пропеллерами (на одних мало висит, но быстро летит, на вторых долго висит).

Вопросы для обсуждения с обучающимися:

• Что будет, если к электромотору подключить слишком большой пропеллер?

• Что будет, если поставить пропеллер такой же по диаметру, но с другим шагом?

• Что будет, если на электромотор поставить слишком маленький пропеллер?

• Что будет, если поставить пропеллер из другого материала?

• Что будет, если обрезать концы винта?

• Что будет, если пропеллеры будут вращаться в одну сторону?

• Что будет, если не выполнил балансировку пропеллеров?

• Что будет, если увеличить шаг пропеллера?

• Что будет, если пропеллер будет иметь 3 лопасти?

• Что будет, если пропеллер сделан из толстого материала?

Цель: научиться сравнивать пропеллеры.

В ходе работы над кейсом обучающиеся должны научиться методике сравнения пропеллеров и отвечать на такие вопросы, как:

1. Как подобрать оптимальный винт для модели, чтобы и летало хорошо, и ничего не сгорело?

2. Что обозначает маркировка воздушных винтов?

Материалы:

• Собранный учебный конструктор квадрокоптера;

• Разные комплекты пропеллеров.

Советы:

1. Обсудите, какие варианты пропеллеров наиболее близки к оптимальному. Расскажите об общепринятой схеме.

2. Следите за процессом сборки, помогая обучающимся.

3. После сборки разберитесь, чей коптер дольше висит в воздухе и почему.

4. Модернизируйте квадрокоптеры на основании данных, полученных в ходе эксперимента.

Руководство для обучающегося

Цель: научиться выбирать пропеллеры, подходящие для предполагаемой задачи.

Как это сделать: Важно понимать, что существуют различные виды воздушных винтов, которые можно использовать с разным успехом при постройке своего квадрокоптера. Необходимо научиться выбирать пропеллеры.

Подробнее

Какие выбрать винты для квадрокоптера?

Как правильно выбрать винты для квадрокоптера – многие владельцы дронов сталкиваются с выбором едва ли не после некоторого количества полетов.

Случается, это после нескольких неудавшихся посадок при допущении ошибок пилотом либо столкновении с преградой при внезапном порыве, после исчерпания резервного комплекта. Причем при столкновениях обычно повреждается не один, а сразу несколько винтов.

Другие меняют винты, с несколько отличающимися от оригинальных параметров, для изменения характеристик динамики аппарата. Как известно, основными параметрами винта являются шаг и диаметр, от них зависит грузо- и скороподъемность.

Часто дилеммой становится выбор материала — пластик или карбон? Стоит помнить, что при равной геометрии карбоновые винты значительно жестче пластиковых, да и прочность их повыше. Поэтому коптер, особенно при видеосъемке, будет подвержен меньшей вибрации, идущей от колебаний лопастей.

Старт

Изобразите на чистом листе направление вращения пропеллеров на квадрокоптере. Для чего они так расположены?

_____
_____
_____

Этапы работы по подбору оптимальных пропеллеров

Сравнение пропеллеров

• Найдите в интернете сравнительные характеристики для используемых вами электромоторов и пропеллеров. Как они сочетаются?

• Проведите теоретический анализ и выберите лучший.

• Установите различные пропеллеры на квадрокоптер.

• Попытайтесь взлететь на каждом из комплектов и немного полетать.

• Оцените, как влияют диаметр и шаг пропеллера на скорость и управляемость квадрокоптера.

• Обсудите, какой из пропеллеров является оптимальным выбором для данного квадрокоптера.

Соревновательный элемент

Подберите такие пропеллеры, на которых квадрокоптер будет висеть максимальное количество времени.

Обсуждение:

Что вы узнали на занятии?

_____
_____
_____

Какой из пропеллеров является оптимальным выбором для данного квадрокоптера в теории?

_____
_____
_____

Какой вам понравился больше всего на практике?

_____
_____
_____

Приложение 4

Кейс 4. Автономный полёт

Описание проблемной ситуации или феномена

Строительной компании для строительства нового микрорайона и прокладки дорог необходимо получить детальную и высокоточную карту местности на обширной территории. Требуемая картографическая информация должна быть актуальной, детализированной и не иметь искажений. Способ картографирования должен быть недорогим и быстрым. Решение — создать автономный дрон.

Категория кейса: вводный.

Место кейса в структуре модуля: начало проектной деятельности, инженерная разработка устройства.

Количество учебных часов, на которые рассчитан кейс: 18 часов.

Занятие 1. Теоретические основы управления квадрокоптером автономно

Цель: изучить и понять разнообразие способов автономного управления.

Что делаем: изучаем подходы к автономному управлению БПЛА.

Компетенции:

Hard: знания в области автономных систем, языков программирования, микроконтроллеров.

Soft: проектная работа, работа в команде.

Кол-во часов: 2 часа.

Занятие 2. Сборка устройства для управления квадрокоптером автономно

Цель: собрать систему датчиков для квадрокоптера.

Что делаем: собираем на макетной плате прототип устройства для навигации внутри помещения.

Компетенции:

Hard: сборка электронных компонентов, схемотехника.

Soft: проектная работа, работа в команде.

Кол-во часов: 2 часа.

Занятие 3. Первые тестовые полёты

Цель: выполнить взлёт и посадку автономно и безопасно.

Что делаем: тестовые полёты с использованием устройства и управлением с помощью Arduino.

Компетенции:

Hard: отладка программ, языки программирования.

Soft: настойчивость и упорство.

Кол-во часов: 2 часа.

Занятие 4. Отладка программы и оборудования

Цель: обеспечить предсказуемый и безопасный автономный полёт.

Что делаем: отладка кода и корректирование конструкции устройства.

Компетенции:

Hard: отладка программ, языки программирования.

Soft: настойчивость и упорство.

Кол-во часов: 4 часа.

Занятие 5. Полёт по усложнённой схеме. Отладка программы и оборудования

Цель: выполнить тестовые автономные взлёт, пролёт до препятствия и посадку. Обеспечить предсказуемый и безопасный автономный полёт.

Что делаем: написание кода и корректирование конструкции устройства.

Компетенции:

Hard: отладка программ, языки программирования.

Soft: настойчивость и упорство.

Кол-во часов: 6 часов.

Метод работы с кейсом:

инженерная разработка устройства.

Минимально необходимый уровень входных компетенций:

Универсальные:

• внимательность;

• аккуратность;

• осмысленное следование инструкциям;

• соблюдение техники безопасности;

• работа с взаимосвязанными параметрами.

Предметные:

• навыки конструирования;

• знание строения коптера;

• навыки пайки;

• навыки электромонтажа;

• навыки механической сборки;

• знания о работе полетного контроллера.

Предполагаемые образовательные результаты обучающихся:

автономно летающий БПЛА.

Формируемые навыки

Универсальные:

• работа в команде;

• внимательность;

• работа над ошибками;

• настойчивость в достижении результата.

Предметные:

• управление автономным БПЛА;

• программирование;

• компоновка и программный код автономного БПЛА.

Процедуры и формы выявления образовательного результата:

• Демонстрация результатов работы с оцениванием по заранее заданным критериям;

• Безопасный и предсказуемый автономный полёт БПЛА;

• Вопросы для обсуждения с обучающимися для выявления теоретических знаний и умения их применить на практике.

Необходимые расходные материалы и оборудование:

УМК «Клевер», библиотека для управления квадрокоптером, компьютер, полётная зона, безопасная для полётов автономных БПЛА.

Руководство для педагогов

Обсудите с обучающимися кейс и задайте наводящие вопросы для поиска решения проблемы кейса:

1. С помощью каких средств картографирования можно быстро выполнить задание строительной компании?

2. Какой способ управления коптером подойдёт для этого задания и почему?

Обзор занятия

Работа для простоты разбита на несколько этапов.

Этап 1

Заставить коптер автономно подняться и сесть, используя конструктор на основе контроллера Arduino. Для решения этой задачи потребуются базовые навыки конструирования БВС, схемотехника, пайка, конфигурирование полётного контроллера БВС, программирование на языке C/C++.

Для решения задачи обуающемуся необходимо правильно подключить и настроить полётный контроллер, для чего требуется иметь представление о работе основных узлов БВС и их взаимодействии. Затем следует подключить Arduino к полётному контроллеру посредством UART и написать программу, на некоторое время включающую и отключающую винты. Помимо полетного контроллера к Arduino подключается приёмник пульта радиоуправления, чтобы при необходимости иметь возможность прервать полёт.

Этап 2

Используя сигналы ультразвуковых датчиков, запрограммировать коптер на взлёт, удержание высоты 50 см в течение 30 секунд со стабилизацией положения с помощью ультразвуковых сонаров и посадку.

Для решения задачи потребуются: программирование на языке C/C++, цифровая обработка сигналов, основы теории автоматического управления. Требуется оснастить квадрокоптер сонарами, позволяющими определять расстояние до пола и стен/препятствий. Поскольку данные с сонаров заметно зашумлены, участникам нужно фильтровать их (например, используя скользящий медианный фильтр). Затем на основании полученных данных формируются управляющие команды полётному контроллеру — для этого предлагается использовать ПИД-регулятор. Таким образом участникам предоставляется возможность применить свои знания по математике и информатике.

Этап 3

Запрограммировать коптер на взлёт, преодоление препятствия и посадку.

Для решения этой задачи потребуются программирование, цифровая обработка сигналов, основы теории автоматического управления. Требуется запрограммировать квадрокоптер на взлёт, перелёт препятствия и посадку. Для посадки в предназначенной зоне предлагается использовать сонары.

Этап 4

Запрограммировать коптер на взлёт, преодоление препятствия и посадку.

Для решения этой задачи потребуются программирование, цифровая обработка сигналов, основы теории автоматического управления. Это усложненная версия предыдущего задания, включает в себя возврат в зону старта.

Цель: научить детей работать с программами, управляющими летательными аппаратами. В ходе работы над кейсом ученики должны понять, что их знаний достаточно, чтобы запрограммировать квадрокоптер на автономный полёт.

Ход работы над кейсом:

• Планирование;
• Сборка и настройка квадрокоптера;
• Тестирование;
• Отладка кода;
• Модификация, если это необходимо;
• Подведение итогов.

Время: 16 часов.

Материалы:

• Учебный конструктор квадрокоптера;
• Вспомогательные видеоматериалы;
• Конструктор на основе контроллера Arduino.

Советы:

1. Начните с анализа материалов. Какие сложности нужно учесть при составлении программы полёта.

2. Следите за процессом написания и обсуждения кода.

3. После сборки разберите, как летали коптеры и почему.

4. Модернизируйте квадрокоптеры и их код на основании данных, полученных в ходе эксперимента.

Пример решения

Для управления квадрокоптером предлагается использовать готовую библиотеку для прошивки Cleanflight.

Вопросы для обсуждения:

1. Что будет, если заменить пропеллеры на другие?
2. Что будет, если неправильно подключить датчики?
3. Что будет, если один из датчиков сломается?
4. Что будет, если во время полёта задеть коптер?
5. Что будет, если эксперимент будет проходить на улице?
6. Что будет, если в программном коде возникнет ошибка?
7. Что будет, если во время полёта разрядится аккумулятор?
8. Что будет, если во время автономного полёта подать сигнал с пульта управления?
9. Что будет, если использовать другие источники питания?

Руководство для обучающегося

Вопросы для обучающихся по кейсу для дискуссии:

1. С помощью каких средств картографирования можно быстро выполнить задание строительной компании?
2. Какой способ управления коптером подойдёт для этого задания и почему?

Цель: собрать и настроить коптер для автономного полёта.

Старт

Для чего может использоваться коптер с автономным полётом?

_____
_____
_____

Благодаря каким технологиям коптер может совершить автономный полёт?

_____
_____
_____

Изобразите на чистом листе схему квадрокоптера, предназначенного для автономного полёта.

Этапы работы

Планируем квадрокоптер

Нарисуйте проект квадрокоптера с идеальной, с вашей точки зрения, компоновкой элементов для автономного взлёта и посадки:

План работы:

_____
_____
_____

1) Модифицируйте схему коптера, чтобы он смог автономно взлетать и, удерживая высоту и стабилизацию, зависать в воздухе на 30 секунд с последующей посадкой.

План работы:

_____
_____
_____

2) Изобразите схему коптера, который способен автономно взлетать, облетать препятствия и совершать посадку в месте старта.

Какие изменения потребуются в программном коде?

_____
_____
_____

План работы:

_____
_____
_____

Сборка

• Соберите квадрокоптер, пользуясь схемой;
• После сборки запрограммируйте квадрокоптер.

Доработка конструкций

Проанализируйте результаты. Сделайте выводы. При необходимости внесите изменения в квадрокоптер. Возможны как конструктивные изменения, так и изменения в настройках программного кода.

Разработайте и изобразите схему трассы для испытания автономного коптера.

Обсуждение:

Что вы узнали на занятии?

_____
_____
_____

Что вы еще можете изменить в своем проекте, чтобы квадрокоптером было удобнее управлять?

_____
_____
_____