


Департамент образования, науки и молодежной политики Воронежской области

Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования
Воронежской области «Центр инженерных компетенций детей и молодежи
«Кванториум»

Принята на заседании
Методического (педагогического) совета

от «08» 07 _____ 2021 г.
Протокол № 3 _____

Утверждаю:
Директор ГБУ ДО ВО «ЦИКДиМ
«Кванториум»


_____ А.И.Фролов
«08» 07 _____ 2021 г.

**Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа
технической направленности
«Основы конструирования и пилотирования беспилотных летательных
аппаратов (БПЛА)»**

Возраст обучающихся: 10-13 лет
Срок реализации: 248 часа

Автор-составитель:
педагог дополнительного образования
Ивановский Иван Сергеевич
Кравцов Богдан Сергеевич
Осипов Илья Валерьевич

Воронеж, 2021

Пояснительная записка

Дополнительная общеобразовательная программа «Основы конструирования и пилотирования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)» направлена на формирование базовых навыков конструирования и моделировании БПЛА и основ пилотирования данных объектов у детей в возрасте 10-13 лет.

Данная программы разработана в соответствии со следующими нормативно-правовым требованиям законодательства в сфере образования:

1. Федеральный закон от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

2. Письмо Министерства образования и науки Российской Федерации от 18.11.2015 г. № 09-3242 «Методические рекомендации по проектированию дополнительных общеразвивающих программ (включая разноуровневые программы)»;

3. Приказ Минобрнауки России № 845, Минпросвещения России № 369 от 30 июля 2020 г. «Об утверждении Порядка зачета организацией, осуществляющей образовательную деятельность, результатов освоения обучающимися учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, дополнительных образовательных программ в других организациях, осуществляющих образовательную деятельность»;

4. Устав государственного бюджетного учреждения дополнительного образования воронежской области «Центр инженерных компетенций детей и молодежи «Кванториум»

Характеристика, цель и задачи программы.

Направленность программы: техническая

Возраст обучающихся: 10-13 лет

Срок реализации образовательной программы: 248 ч.

Режим занятий: 2 раза в неделю по 2 академических часа.

Цель программы: развитие исследовательских, инженерных и проектных компетенций через моделирование и конструирование БПЛА и формирование комплекса неспециализированных, надпрофессиональных навыков.

Задачи программы:

Образовательные

- сформировать у обучающихся устойчивые знания в области аэродинамики и конструирования БПЛА;
- обучить основам радиоэлектроники и схемотехники, программирования микроконтроллеров, лётной эксплуатации БАС;
- повысить интерес к инженерным специальностям.

Формы учебной деятельности

Форма организации занятий: групповая, индивидуальная, фронтальная

Виды учебной деятельности: лекция, беседа, практическое занятие, занятие с творческим заданием, дискуссия, круглый стол.

Ожидаемые результаты освоения программы.

Предметные результаты:

Знать:

- термины в области аэродинамики и физики (закон Ома, подъёмная сила, закон Бернулли и т.д.);
- назначения и принципов действия различного оборудования БАС;
- основы конструкции мультироторных систем;
- электронные компоненты мультироторных систем: принципы работы, общее устройство;
- основные настройки квадрокоптера, правила настройки полетного контроллера, калибровка компаса и акселерометра
- определения понятий: датчик, интерфейс, алгоритм и т.п.;
- правила безопасной работы;
- конструктивные особенности различных моделей, сооружений и механизмов;
- виды электронных элементов;
- основные приемы конструирования летательных аппаратов;

Уметь:

- использовать различные источники энергии для питания БПЛА;
- следовать точному плану из инструкции по сборке и настройке БПЛА
- лудить и паять.
- осуществлять дополнительные настройки БПЛА
- выявлять ошибки и сбои в работе оборудования БПЛА
- создавать коптеры и другие летательные аппараты;
- пользоваться различными датчиками и компонентами;
- программировать и запускать программы;
- работать с дополнительной литературой, с журналами, с каталогами, в интернете(изучать и обрабатывать информацию);
- самостоятельно решать технические задачи в процессе работы;
- пилотировать коптеры;

Учебно-тематический план

№	Темы	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			Теория	Практика	
ПЕРВЫЙ ГОД					
Вводный модуль					
Раздел 1. Принцип работы и конструирования БПЛА.					
1	Вводное занятие. История авиации. Демонстрация оборудования в действии	2	1	1	
2	Основы конструкции мультироторных систем. Отработка взлёта и посадки на квадрокоптерах Blade Inductrix.	2	1	1	
3	Электронные компоненты мультироторных систем: принципы работы, общее устройство.	2	2	0	
4	Правила ТБ во время пайки. Основные принципы работы с паяльной станцией. Пайка тестовой сетки.	2	1	1	
5	Отличие коллекторных и бесколлекторных двигателей. Регуляторы хода. Сборка ВМГ.	2	1	1	
6	Полётная практика в симуляторе	2	0	2	
7	ТБ при работе с Li-ро аккумулятором. Устройство и принцип действия Li-ро аккумулятора. Зарядка, хранение и эксплуатация.	2	1	1	
8	Платы разводки питания. Подключение аккумулятора. Принципы работы с мультиметром. Выявление технических неполадок при помощи специализированных и самодельных инструментов. Сборка тестера	2	1	1	
9	Принципы работы радиоаппаратуры (передатчик и приёмник). Использование приёмника «FLY SKY FS – IA6B» в БПЛА	2	1	1	
10	Прохождение трассы в симуляторе	2	0	2	
11	Сборка рамы «Клевер 2». Часть 1	2	0	2	
12	Установка деталей квадрокоптера на раму.	2	0	2	
13	Сборка рамы «Клевер 2». Часть 2	2	0	2	
14	Пайка деталей квадрокоптера к плате разводки питания (моторы, регуляторы,ХТ60)	2	0	2	
15	Работа с мультиметром (отсутствие КЗ, качество пайки). Подготовка материалов для блока АКБ	2	0	2	
16	Сборка АКБ. Подключение питания. Сопряжение приёмника и пульта.	2	0	2	

17	Принцип функционирования полётного контроллера и аппаратуры управления.	2	1	1	
18	Тестовый полёт на «Клевер 2». Изучение особенностей настройки «Pixhawk» эмпирическим методом. Закрепление навыков в симуляторе.	2	0	2	
19	Подключение полетного контроллера к компьютеру. Настройка и калибровка.	2	1	1	
20	Калибровка регуляторов. Проверка вращения моторов. Установка пропеллеров. Проверка работоспособности и устранение ошибок.	2	0	2	
21	ТБ во время полётов. Полётная практика Blade Inductrix. Разбор типичных ошибок во время полетов.	2	0	2	
22	Пробный запуск. Проверка работоспособности и устранение ошибок. Тестовый полёт	2	0	2	
23	Тестовый полёт. Проверка работоспособности и устранение ошибок.	2	0	2	
Раздел 2. Обучение пилотированию БПЛА.					
24	Основы радиоуправления моделями квадрокоптеров на Blade Inductrix.	2	2	0	
25	Изучение основных органов управления: тумблеры, кнопки, стики, soft.	2	2	0	
26	Полеты на Blade Inductrix, Phantom 4. Отработка начальных навыков пилотирования	2	0	2	
27	Выполнение полетного задания.	2	0	2	
28	Отработка навыков безопасного полета в «кубе».	2	0	2	
29	Тренировка «взлета», «посадки» и «зависания» в режиме Acro. Отработка навыков полета в открытом пространстве	2	0	2	
30	Выполнение полетов по трассе. Подготовка к соревнованиям.	2	0	2	
31	Итоговое тестирование	2	0	2	
	ИТОГО	62	15	47	
Углубленный модуль					
	Повторение изученного материала	2		2	
	Раздел 1. Теория мультироторных систем	4	4	0	Тест
2	Углубленный подход к конструкции мультироторных систем.Современные виды БПЛА.	2	2	0	
3	Особенности работы и виды полётных контроллеров.Автономный полет с помощью микрокомпьютера RaspberryPi.	2	2	0	
	Раздел 2. Сборка гекса, окто или трикоптера	10	2	8	Отчёт по выполнению
4	Техника безопасности при работе с мультироторными системами и во время пайки. Изучение кейсовых задач и выбор	2	2	0	

	кейса для решения.				ю кейса
5	Сборка рамы «Гексакоптера».	2	0	2	
6	Установка деталей квадрокоптера на раму.	2	0	2	
7	Пайка деталей квадрокоптера к плате разводки питания (моторы, регуляторы, XT60)	2	0	2	
8	Сборка АКБ. Подключение питания. Сопряжение приёмника и пульта.	2	0	2	
	Раздел 3. Настройка дрона.	6	1	5	
9	Настройка и калибровка компаса и акселерометра.	2	1	2	Отчёт по выполнению кейса
10	Калибровка регуляторов. Проверка вращения моторов.	2	0	2	
11	Установка пропеллеров. Проверка работоспособности и устранение ошибок.	2	0	2	
12	Первые тестовые полеты.	2	0	2	
	Раздел 4. Летные испытания изготовленного беспилотника.	4	1	3	
13	Расчет времени полета гексакоптера. Проверка теоретического расчета полетного времени на собранном прототипе.	2	1	1	
14	Испытание на грузоподъемность и как вес влияет на продолжительность полета.	2	0	2	
	Раздел 5. Практика учебных полётов, отработка навыков полётов на лётной трассе, выполнение задания по маршруту по FPV.	24	8	16	Опрос
15	Основы радиоуправления моделями квадрокоптеров при помощи FPV системы. Техника безопасности во время полетов по FPV.	2	2	0	
16	Полеты на симуляторе, приобретение начальных навыков FPV пилотирования.	2	0	2	
17	Разбор ошибок во время полетов. Полеты на симуляторе, приобретение навыков FPV пилотирования.	2	2	0	
18	Первые пробные полеты на «Blade Inductrix FPV». Полеты по круговой трассе на точность выполнения.	2	2	0	
19	Тренировка «взлета», «посадки» и «зависания».	2	2	0	
20	Отработка навыков безопасного полета на FPV дроне, облет препятствий.	2	0	2	
21	Отработка навыков полета в открытом пространстве по системе FPV.	2	0	2	
22	Изменение трассы и полеты в паре.	2	0	2	
23	Полеты в четверках по трассе на скорость.	2	0	2	
24	Мини соревнования среди обучающихся в квантуме. Подготовка к соревнованиям.	2	0	2	
	Раздел 6. Установка системы FPV и GPS на дрон «клевер».	10	3	7	Опрос
25	FPV система на дроне.	2	2	0	
26	Установка на квадрокоптер необходимого оборудования для FPV полётов. Отработка навыков пилотирования	2	0	2	
27	Полеты на открытом пространстве.	2	0	2	

28	Установка на FPV дрон GPSмодуля и его настройка	2	1	1	
29	Отработка возврата домой на улице по GPS	2	0	2	
Раздел 7. Итоговое занятие		6	1	5	Тест / презентация
30	Основы создания презентаций. Подготовка презентаций по темам пройденного материала.	2	1	1	
31	Репетиция защиты презентации.	2	0	2	
32	Защита презентации перед комиссией.	2	0	2	
ИТОГО часов по 1 году обучения:		124	48	76	
Второй год обучения					
1	ТБ. Обсуждение специфики образовательной программы.	2	2	0	беседа
Углубленный модуль					
Раздел 1. Проверка остаточных знаний, по итогам пройденных образовательных программ.					
2	Виды коптеров их отличия. Демонстрация полётных навыков в симуляторе.	2	1	1	
3	Сборка рамы квадрокоптера . Пайка электронных компонентов.	2	0	2	
4	Установка защиты пропеллеров, приёмника, блока АКБ, полётного контроллера.	2	0	2	
5	Подключение полетного контроллера к компьютеру. Настройка и калибровка. Тестовый запуск, отладка.	2	0	2	
6	Разбор трассы. Прохождение трассы «Восьмёрка» на точность	2	0,5	1,5	
7	Сборка рамы гексакоптера. Пайка электронных компонентов.	2	0	2	
8	Установка защиты пропеллеров, приёмника, блока АКБ, полётного контроллера.	2	0	2	
9	Подключение полетного контроллера к компьютеру. Настройка и калибровка. Тестовый запуск, отладка.	2	0	2	
10	Прохождение трассы «Восьмёрка» на точность. Сравнение результатов с квадрокоптером.	2	1	1	
Раздел 2. Авиастроение. Пилотирование самолёта.					
11	История Авиастроения. Разбор и анализ различных видов БПЛА	2	2	0	
12	Особенности управления самолётом. Полёт в симуляторе.	2	1	1	
13	Изучение технологии полёта планера. Запуск простых моделей.	2	1	1	
14	Изучение самолёта на радиоуправлении «Hubsan». Настройка пульта.	2	1	1	
15	ТБ во время полетов. Тестовый полёт на «Habsan» взлёт, посадка. Сравнение с планером. Анализ.	2	1	1	

16	Изучение элементов пилотирования самолёта. Выполнения их в симуляторе.	2	1	1	
17	Отработка полётных навыков. Выполнение полётного задания.	2	0	2	
18	Пилотирование самолёта с выполнением фигур высшего пилотажа.	2	0	2	
Раздел 3. Применение микроконтроллера «Arduino» в БПЛА.					
19	Рычаг. Виды. Простые механизмы.	2	1	1	
20	Создание первой конструкции. Установка её на коптер.	2	1	1	
21	Анализ влияния доп. конструкций коптера на полёт.	2	1	1	
22	Закон Ома. Сопротивление. Электрические цепи. Компоненты электрических цепей.	2	0	2	
23	Микроконтроллеры их виды. Плата «Arduino»	2	1	1	
24	Понятие языков программирования. Знакомство с Arduino IDE.	2	1	1	
25	Операторы ввода и вывода. Монитор Порты.	2	1	1	
26	Понятие библиотека данных. Ввод данных с клавиатуры.	2	1	1	
27	Отладка и подготовка к полёту. Полёт на квадрокоптере по трассе «змейка».	2	1	1	
28	Серводвигатель. Управление двигателями. Драйверы.	2	1	1	
29	Грузозахватные приспособления. Расчёт веса конструкции. Выбор подходящего коптера	2	1	1	
30	Создание клещевидного захвата	2	0	2	
31	Проверка работоспособности захвата и отладка.	2	0	2	
32	Установка захвата на раму коптера. Тестовый полёт. Отладка	2	0	2	
33	Подготовка груза и трассы. Выполнение полётного задания	2	0	2	
Раздел 4. Изучение языка программирования «Python»					
34	Языки программирования в БПЛА. Введение в «Python». Автономный полёт.	2	1	1	
35	Понятие переменной типы переменных, их преобразование.	2	1	1	
36	Типы данных. Целочисленная арифметика.	2	1	1	
37	Условная инструкция If	2	1	1	
38	Цикл For	2	1	1	
39	Цикл while	2	1	1	
40	Понятие строки и списки. Операции со списками	2	1	1	
41	Понятие функции. Разбор задач и кода.	2	0	2	
42	Решение задач.	2	0	2	
Проектный модуль					
Раздел 5. Автономный полёт на одноплатном компьютере «RaspberryPi»					
43	Теория автономного полета. Анализ	2	1	1	

	готовых устройств. Запись образа.				
44	Подключение к Raspberry Pi по wi-fi. Доступ по SSH к Raspberry Pi	2	0	2	
45	Командная строка. Базовые команды. Подключение Raspberry Pi к полетному контроллеру. Подключение QGroundControl по Wi-Fi	2	1	1	
46	Установка Raspberry Pi на дрон. Пайка ВЕС для питания Raspberry Pi	2	1	1	
47	Установка камеры для Raspberry Pi. Просмотр видеострима с камер	2	0	2	
48	Настройка камеры для определение Ar-Uco marker	2	2	0	
49	Распознавание маркеров Навигация по карте маркеров	2	0.5	1.5	
50	Проверка настроек raspberries на определение Ar-Uco marker . Исправление ошибок.	2	2	0	
51	Запуск симулятора Gazebo через виртуальную машину	2	2	0	
52	Настройка Raspberry Pi в симуляторе Gazebo	2	2	0	
53	Создание карт с Ar-Uco marker	2	0	2	
54	Написание кода для автономного полета	2	0	2	
55	Проверка работоспособности кода в симуляторе Gazebo	2	0	2	
56	Оптимизация кода и тестирование в симуляторе	2	0	2	
57	Создание карты Ar-Uco marker для реальных полетов	2	0	2	
58	Создание виртуальной карты в Raspberry Pi для ориентации дрона	2	0	2	
59	Первые тестовый полет дрона. Взлет и посадка. Оптимизация кода для автономного полета.	2	2	0	
60	Запуск автономного полета на собранном дроне.	2	0	2	
61	Подготовка презентаций по темам пройденного материала.	2	0	2	
62	Итоговая защита проекта	2	0	2	
	ИТОГО часов по 2 году обучения:	124	48	76	
Итого по программе – 248 часов.					

Содержание учебного плана

Первый год обучения

Вводный модуль

Раздел 1. Принцип работы и конструирования БПЛА.

Теория. Правила поведения в учреждении. Инструктаж по технике безопасности. План работы Аэроквантума в рамках вводного модуля. История авиации. Проверка начальных знаний.

Изучение мультироторных систем и их электронных компонентов: мотор, ESC, плата разводки питания, полётный контроллер, АКБ при помощи тестовых стендов.

Виды радиоуправляемых моделей, их свойства и отличия. Особенности пилотирования квадрокоптера.

Основы радиоуправления моделями квадрокоптеров на симуляторе. Изучение основных понятий: крен, тангаж, рысканье. Изучение органов управления для осуществления пробного полёта. Правила использования стиков и кнопок.

Изучение ПО для настройки квадрокоптеров.

Практика. Определение уровня начальной подготовки обучающихся. Пробный полёт. Отработка первичных полётных навыков в симуляторе и на реальном дроне. Пайка. Сборка тестовых стендов для электронных компонентов. Сборка квадрокоптера на основе конструктора «Клевер 2». Настройка и калибровка дрона. Подготовка дрона к полёту. Тестовый полёт.

Раздел 2. Обучение пилотированию БПЛА.

Теория. Изучение основ радиоуправления моделями квадрокоптеров. Изучение основных органов управления: тумблеры, кнопки, стики, soft.

Практика. Полёты на дронах разной модели. Отработка навыков пилотирования в кубе и на открытом пространстве. Основы пилотирования в Acro режиме. Выполнение полётного задания и полётов на трассе. Подготовка к соревнованиям. Итоговое тестирование.

Углубленный модуль

Повторение изученного материала

Теория. Правила поведения в учреждении. Инструктаж по технике безопасности. План работы Аэроквантума в рамках базового модуля.

Практика. Определение уровня остаточных ЗУН обучающихся после окончания вводного модуля.

Раздел 1. Теория мультироторных систем

Теория. Углубленный подход к конструкции мультироторных систем. Современные виды БПЛА. Особенности работы и виды полётных контроллеров. Изучение одноплатного микрокомпьютера **RaspberryPi**. Автономный полёт.

Практика. Тестирование обучающихся на предмет знания составных частей мультикоптеров и понимания их функционирования. Тестирование на предмет определения уровня знаний в области принципов управления мультироторными системами.

Раздел 2. Сборка гекса, окто или трикоптера.

Теория. Техника безопасности при работе с мультироторными системами и во время пайки. Электронные компоненты мультироторных систем: принципы работы, общее устройство. Техника безопасности при работе с литий-полимерным аккумулятором, устройством литий-полимерного аккумулятора, принцип действия, методы зарядки/разрядки/хранения/балансировки.

Практика. Сборка рамы «Гексакоптера». Пайка моторов, регуляторов и платы распределения питания. Сборка контейнера под аккумулятор. Установка деталей квадрокоптера на раму. Принцип функционирования полётного контроллера и аппаратуры управления. Функционирование и взаимодействие аппаратуры мультироторных систем. Сборка гекса/октакоптера.

Раздел 3. Настройка дрона.

Теория. Основы работы с компьютером. Техника безопасности при работе с компьютером. Основные настройки квадрокоптера, правила настройки полетного контроллера, калибровка компаса и акселерометра.

Практика. Подключение полетного контроллера к компьютеру. Настройка и

калибровка компаса и акселерометра. Калибровка регуляторов. Проверка работоспособности и устранение ошибок.

Раздел 4. Летные испытания изготовленного беспилотника.

Теория. Техника безопасности во времени полета. Расчет времени полета дрона. Теоретические расчеты грузоподъемности собранного дрона.

Практика. Запуски собранных дронов. Проверка теоретических расчетов на практике. Подведение итогов.

Раздел 5. Практика учебных полётов, отработка навыков полётов на лётной трассе, выполнение задания по маршруту по FPV.

Теория. Техника безопасности во время полетов на FPV дроне. Разбор ошибок при полетах на FPV дроне.

Практика. Полеты по системе FPV в симуляторе. Полеты на Blade Inductrix FPV. Отработка навыков полета в открытом пространстве по системе FPV. Полеты в четверках по трассе на скорость. Мини соревнования среди обучающихся в квантуме. Подготовка к соревнованиям.

Раздел 6. Установка системы FPV и GPS на дрон «клевер».

Теория. Основные детали FPV системы и их подключение к дрону. Настройка и установка GPS и принцип его работы. Основы полета дрона по системе GPS.

Практика. Установка на дрон системы FPV, датчика GPS и их настройка. Полеты на открытом пространстве и отработка возврата домой дрона по координатам с датчика GPS.

Раздел 7. Итоговое занятие

Теория. Основы создания презентаций. Подготовка презентаций по темам пройденного материала.

Практика. Создание презентации. Защита презентации перед комиссией.

Тестирование обучающихся на предмет освоения программы.

Второй год обучений

ТБ. Обсуждение специфики образовательной программы.

Раздел 1. Проверка остаточных знаний, по итогам пройденных образовательных программ.

Теория. Проверка качества знаний, полученных в ходе изучения предыдущих модулей. Актуализация знаний. Обсуждение плана работ на основе ранее полученных знаний.

Практика. Пайка электронных компонентов БПЛА. Сборка Квадра и Гексакоптера на базе набора «Клевер». Полётная практика-прохождение трассы «Восьмёрка» на точность выполнения без учёта времени.

Раздел 2. Авиастроение. Пилотирование самолёта.

Теория

История Авиастроения. Разбор лучших технических и конструктивных решений в БПЛА. Понятие вертикальная перегрузка и скорость, истинная скорость, критический уровень атаки, шаг винта, и т.д. Изучение технологии полета планера. Изучение самолёта на радиоуправлении «Hubsan». Особенности пилотирования самолётом.

Практика

Выполнение взлёта, посадки, бреющий полёт, штопор, бочка на самолёте, вираж «Hubsan».

Раздел 3. Применение микроконтроллера «Arduino» в БПЛА

Теория

Понятия: рычаг, опора, центр масс, зубчатое колесо, передаточное число. Языки программирования. Arduino IDE. Оператор ввода/вывода. Библиотека

данных. Шаговый двигатель и драйвер двигателя для работы с ним. Сервомотор. Ультразвуковой датчик. Алгоритм. Цикл.

Практика

Создание простых конструкций для установки на БПЛА. Расчет передаточного числа на вращающий момент и скорость. Знакомство с интерфейсом программы Arduino IDE. Изменение характеристик конструкций, работа с готовыми примерами кода и адаптация его под задачи БПЛА. Знакомство с библиотеками данных Arduino. Написание первых программ на платформе. Программирование серводвигателя. Подключение и программирование шагового двигателя.

Раздел 4. Изучение языка программирования «Python»

Теория

Введение в «Python». Понятие переменной. Типы переменных, их преобразования. Логические операции. Вычисление остатка от деления. Возведение в степень. Условные операторы. Массивы. Циклы. Локальные и глобальные переменные. Функции. Разбор задач повышенной сложности

Практика

Решение задач с использованием переменных, условных операторов, циклов, функций.

Раздел 5. Автономный полёт на одноплатном компьютере «RaspberryPi».

Теория

Теория автономного полета, принцип работы автопилота, система координат, глобальная система позиционирования, установка дополнительного оборудования. Знакомство с основами компьютерного зрения (OpticalFlow). Разбор симулятором «GAZEBO». Специфика автономного полета внутри помещений. Навигация внутри помещений, визуальные маркеры (Ar-усо метки).

Изучение одноплатного компьютера RaspberryPi основные отличия от аналогов.
Анализ заводских БПЛА с системами автономного пилотирования.

Практика

Пролет по заданной траектории с выводом текущих координат в симуляторе «GAZEBO». Установка оборудования для автономного полёта на БПЛА. Создание карты визуальных маркеров. Настройка одноплатного компьютера «RaspberryPi». Реализация автономного полета над полем визуальных маркеров. Выполнение автономного полета с удержанием высоты.

Методическое обеспечение программы

Методы обучения:

- Пассивный;
- Активные;
- Интерактивные;
- Кейс-метод;
- Метод модульного обучения;

Методы стимулирования и мотивации:

- Эмоциональные (поощрение, порицание, создание ярких наглядно-образных представлений, создание ситуации успеха, стимулирующее оценивание, удовлетворение желания быть замеченным);
- Познавательные (опора на жизненный опыт, познавательный интерес, выполнение творческих заданий);
- Волевые (предъявление учебных требований, информирование об обязательных результатах обучения, формирование ответственного отношения к обучению, самооценка деятельности и коррекция, рефлексия поведения, прогнозирование будущей деятельности);
- Социальные (развитие желания быть полезным, побуждение подражать лучшим, создание ситуации взаимопомощи, взаимопроверка, самооценка);

Методы воспитания:

- Методы формирования сознания (рассказ, объяснение, разъяснение, лекция, этическая беседа, увещание, внушение, инструктаж, диспут, доклад, пример);
- Методы организации деятельности и формирования опыта поведения (упражнение, поручение, воспитывающие ситуации);
- Методы стимулирования (соревнование, поощрение, порицание).
- Метод убеждения.

Методы контроля:

- Зачетный
- Письменный
- Экзаменационный
- Внешний
- Взаимный
- Самоконтроль

Критерии и показатели оценки освоения программы

Итоговая оценка развития личностных качеств обучающегося производится по трём уровням:

1. «начальный уровень»: освоенность терминов и понятий в области технологий БАС, способность самостоятельного поиска и анализа информации;
2. «уровень освоения»: свободное оперирование основными терминами и понятиями в области технологий БАС; способность самостоятельно выполнять кейсы, искать и исправлять ошибки; способность представлять результаты работы, навык презентации выполненных кейсов;
3. «уровень совершенствования»: способность творчески подходить к поиску и решению практических задач в области технологий БПЛА; навыки самостоятельного целеполагания и управления имеющимися ресурсами.

Программу обеспечивает учебно-методический комплекс:

- 1) Инструкция по сборке Клевер 2
- 2) MissionPlanner Инструкция по настройке

Дидактический материал (приложение к программе):

(чертежи, схемы, плакаты, иллюстрации, видеофильмы открытых занятий, учебные научно-популярные фильмы, образцы моделей, макетов, творческих работ обучающихся, компьютерные программы, технологические карты моделей, сборники задач, журналы, настольные игры и т.д.)

Материально-техническое обеспечение

Основное оборудование, необходимое для реализации программы

№ п/п	Наименование	Цена, руб.	Кол-во	Срок амортиз., лет	Ст-ть, руб.
1.	Основной набор «Клевер 2» (рама, запчасти, моторы, пропеллеры, регуляторы, полетный контроллер, радиоаппаратура, зарядка, аккумуляторы)	50 000	8	2	400 000
2.	Паяльная станция	6 000	8	5	48 000
3.	DJ Phantom	150 000	1	5	30 000
4.	Сетевой фильтр	1000	3	5	600
5.	МФУ	10 000	1	5	2000
6.	Мышь	200	15	5	600
7.	Тележка для зарядки и хранения ноутбуков	100 000	1	5	20 000
8.	Интерактивный экран с проектором	380 000	1	5	76 000
9.	Ноутбук	55 000	15	5	165 000
Итого на 15 человек					399 000

ИТОГО: стоимость реализации программы на основное оборудование на 1 человека составит 26 600рублей

Расходные материалы, необходимые для реализации программы

№ п/п	Наименование	Цена, руб.	Кол-во	Ст-ть, руб.
1.	Бумага формата А4	200	3 упаковки	600

2.	Ручки	200	5 упаковок	1 000
3.	Батарейка АА	50	20 штук	1 000
4.	Провод mini USB	200	8	1 000
5.	Фанера, 3мм (лист 200мм*200мм)	500	2	1 000
Итого на 15 человек				4 600

ИТОГО: стоимость реализации программы на расходные материалы на 1 человека составит 306 рублей

ИТОГО: стоимость реализации программы на 1 человека составит 26906 рублей

Список литературы для педагогов:

1. Белинская Ю.С. Реализация типовых маневров четырех винтового вертолета. [Электронный ресурс] / <http://ainsnt.ru/doc/551872.html> – электронный журнал // [Дата обращения: 01.02.2020].
2. Гурьянов А. Е. Моделирование управления квадрокоптером [Электронный ресурс] / <https://docplayer.ru/30363520-Modelirovanie-upravleniya-kvadrokopterom-08-avgust-2014-guryanov-a-e.html> - Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. // [Дата обращения: 01.02.2020].
3. Ефимов. Е. Програмируем квадрокоптер на Arduino [Электронный ресурс] / <https://habr.com/ru/post/227425/> - новостной портал // [Дата обращения: 01.02.2020].
4. Институт транспорта и связи. Основы аэродинамики и динамики полета. [Электронный ресурс] / <https://studfile.net/preview/5374829/> - файловой архив // [Дата обращения: 01.02.2020].
5. Канатников А.Н., Крищенко А.П., Ткачев С.Б. Допустимые пространственные траектории беспилотного летательного аппарата в вертикальной плоскости. [Электронный ресурс] / <http://technomag.edu.ru/doc/367724.html> - электронный журнал // [Дата обращения: 01.02.2020].
6. Мартынов А.К. Экспериментальная аэродинамика. М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1950. 479 с. 13. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. СПб: Питер, 2005. 337. [Электронный ресурс] / <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450068> – электронная библиотека // [Дата обращения: 01.02.2020].
7. Редакция Tom'sHardwareGuide. FPV – мультикоптеры: обзор технологии и железа. [Электронный ресурс] / http://school29slav.ucoz.ru/dokumenti2019/obrasovanie/dop_obras/kvadrokopter.pdf – электронная библиотека // [Дата обращения: 01.02.2020].

8. Zhao W., Hiong Go T. Quadcopter formation flight control combining MPC and robust feedback linearization. Journal of the Franklin Institute. Vol.351, Issue 3, March 2014. Pp. 1335-1355. DOI: 10.1016[Электронныйресурс] /https://www.researchgate.net/publication/260214234_Quadcopter_formation_flight_control_combining_MPC_and_robust_feedback_linearization – файловыйархив // [Датаобращения: 01.02.2020].

Список литературы для обучающихся:

1. Что такое коптеры и из чего они состоят редакция “Коптер-экспресс” [Электронный ресурс] / <https://youtu.be/GtwG5ajQJvA?t=1344>– видеохостинг // [Дата обращения: 01.02.2020].
2. Сборка дронов, практическое занятие редакция “Коптер-экспресс” [Электронный ресурс] / <https://www.youtube.com/watch?v=FF6z-bCo3T0> – [ВИДЕОХОСТИНГ](#) // [Дата обращения: 01.02.2020].

*Приложение 1 - контрольно-измерительные материалы
Приложение 2 - дидактические материалы*

**Контрольно-измерительный материал по дополнительной
общеобразовательной общеразвивающей программе технической
направленности «Аэроквантум»**

**Итоговое тестирование по программе «Основы аэродинамики и
конструирования мультироторных систем», возраст (11+).**

АЭРОКВАНТУМ

ФИО _____

Группа _____

Какого вида мультикоптеров не существует? Выберите правильный ответ.

- a. Гексакоптер (6 винтов)
- b. Октакоптер (8 винтов)
- c. Бикоптер (2 винта)
- d. Эликоптер (11 винтов)

1. Как залудить провод? Выберите правильный ответ.

- a. Снять оплётку и скрутить провод
- b. Покрыть флюсом (глицерин)
- c. Покрыть припоем
- d. Выполнить все перечисленные варианты

2. Какие действия предпринять, если двигатель квадрокоптера крутится не в ту сторону? Выберите правильный ответ.

- a. Подключить регулятор оборотов к другому каналу
- b. Заменить двигатель
- c. Перепать провода от двигателя, поменяв местами центральный с любым из боковых
- d. Заменить регулятор оборотов

3. Нарисуйте схемы вращения моторов и винтов на квадрокоптере.

4. Нарисуйте схему установки аккумуляторов в аккумуляторный отсек в набор «Клевер 2».

5. Перечислите основные детали квадрокоптера.
-
6. Каким цветом помечаются провода «+», а каким «-»? Для чего?
-
7. Техника безопасности при использовании Li-ро, Li-on аккумуляторов.
-
-
8. Техника безопасности во время пайки.
-
-
9. Техника безопасности во время полётов.
-
-
10. Назовите функции полетного контроллера. Ответ дайте развернуто.
-
-
11. Перечислите набор необходимого оборудования для FPV полетов.
-
-
12. Закончите определение: Аэродинамика - это
-
13. Нарисуйте схему пульта управления. Какой стик за что отвечает?
14. Дайте определение понятиям: крен, тангаж, рыскание.
-
-

Кейсы

Кейс № 1 «Снежинка»

Учащиеся Аэроквантума в рамках проекта решили сделать свой кофепланер (дрон для доставки кофе). Но во время тестового полёта они поняли, что обычный квадрокоптер не стабилен и обладает малой грузоподъёмностью. Решение найдено – нужно добавить два винта! Собери команду и свой гексакоптер!

Категория кейса: углубленный

Место кейса в структуре модуля: знакомство с разновидностями мультироторных систем, а также технологиями, применяющимися в беспилотных летательных аппаратах и системах управления ими.

Занятие 1	
Цель: изучение видов построения рам	
Что делаем: сборка рамы на гексакоптер	<p>Компетенции:</p> <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • работа в команде • формирование осознанного, уважительного и доброжелательного отношения к другому человеку, его мнению, мировоззрению; • умение слушать <p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • знание построения рам гексакоптера в зависимости от сферы применения • навык работы с инструментами • умение подобрать комплектующие
Занятие 2	

Цель: изучение правильного соединения контактов к плате распределения питания на гексакоптере	
Что делаем: Пайка моторов, регуляторов и платы распределения питания.	<p>Компетенции:</p> <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • работа в команде • нацеленность на результат • использование обратной связи <p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навык работы с паяльной станцией • Знание устройства платы распределения питания • Навык использования разновидности пайки проводов
Занятие 3	
Цель: изучение техники безопасности при работе с литий-полимерным аккумулятором, устройство литий-полимерного аккумулятора, принцип действия, методы зарядки/разрядки/хранения/ балансировки	
Что делаем: Сборка контейнера под аккумулятор.	<p>Компетенции:</p> <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • работа в команде • нацеленность на результат • выработка и принятие решений <p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навык работы с паяльной станцией • Знание устройства литий-полимерных аккумуляторов • Знание основных характеристик источников питания
Занятие 4	
Цель: Закрепление навыков конструирования дрона	
Что делаем: Установка деталей гексакоптера на раму.	Компетенции:

	<p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Убеждение и аргументация • Поиск и анализ информации • Выработка и принятие решений <p>Hard Skills:</p>
<p>Занятие 5</p>	
<p>Цель: Изучение и понимание принципов функционирования полётного контроллера и аппаратуры управления.</p>	
<p>Что делаем: настройка и калибровка дрона</p>	<p>Компетенции:</p> <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Убеждение и аргументация • Поиск и анализ информации • Выработка и принятие решений <p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Работа в ПО для настройки и калибровки дрона • Умение настраивать полётные режимы • Умение отстраивать PID-регуляторы
<p>Занятие 6</p>	
<p>Цель: изучение и понимание принципа функционирования и взаимодействия аппаратуры мультироторных систем.</p>	
<p>Что делаем: осуществляем тестовый запуск, проводим дополнительные настройки органов управления дроном</p>	<p>Компетенции:</p> <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Поиск и анализ информации • Использование обратной связи • Управление эмоциями <p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Работа с органами управления • Выявление системных ошибок • Навык визуального

Количество учебных часов/занятий: 12 часов.

Метод работы с кейсом: конструирование — инженерная разработка устройства.

Минимально необходимый уровень входных компетенций: умение собирать квадрокоптер по инструкции, умение проводить настройки параметров дрона.

Предполагаемые образовательные результаты учащихся

Артефакты: летающий настроенный БПЛА (Гексакоптер).

Формируемые навыки

Универсальные

- умение слушать и задавать вопросы,
- решение изобретательских задач,
- свободное мышление,
- работа в команде,
- мышление на несколько шагов вперед,
- осмысленное следование инструкциям,
- внимательность,
- аккуратность,
- соблюдение техники безопасности,
- ответственность за соблюдение правил,
- работа с взаимосвязанными параметрами.

Предметные

- знания по 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.

Кейс № 2 «Осьминожка»

Команда проекта «Кофе-коптер» решила пойти ещё дальше и сделать «Дрон-доставщик» для доставки больших грузов. Теперь дрон должен обладать максимальной грузоподъёмностью! Для таких целей идеально подходит октакоптер! Собери команду и свой октакоптер!

Категория кейса: углубленный

Место кейса в структуре модуля: знакомство с разновидностями мультироторных систем, а также технологиями, применяющимися в беспилотных летательных аппаратах и системах управления ими.

Занятие 1	
Цель: изучение видов построения рам	
Что делаем: сборка рамы на октакоптер	<p>Компетенции:</p> <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • работа в команде • формирование осознанного, уважительного и доброжелательного отношения к другому человеку, его мнению, мировоззрению; • умение слушать <p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • знание построения рам октакоптера в зависимости от

	<p>сферы применения</p> <ul style="list-style-type: none"> • навык работы с инструментами • умение подобрать комплектующие
<p>Занятие 2</p>	
<p>Цель: изучение правильного соединения контактов к плате распределения питания на октакоптере</p>	
<p>Что делаем: Пайка моторов, регуляторов и платы распределения питания.</p>	<p>Компетенции:</p> <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • работа в команде • нацеленность на результат • использование обратной связи <p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навык работы с паяльной станцией • Знание устройства платы распределения питания • Навык использования разновидности пайки проводов
<p>Занятие 3</p>	
<p>Цель: изучение техники безопасности при работе с литий-полимерным аккумулятором, устройство литий-полимерного аккумулятора, принцип действия, методы зарядки/разрядки/хранения/ балансировки</p>	
<p>Что делаем: Сборка контейнера под аккумулятор.</p>	<p>Компетенции:</p> <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • работа в команде • нацеленность на результат • выработка и принятие решений <p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навык работы с паяльной станцией • Знание устройства литий-полимерных аккумуляторов • Знание основных характеристик

	источников питания
Занятие 4	
Цель: Закрепление навыков конструирования дрона	
Что делаем: Установка деталей октакоптера на раму.	Компетенции: Soft Skills: <ul style="list-style-type: none"> • Убеждение и аргументация • Поиск и анализ информации • Выработка и принятие решений Hard Skills:
Занятие 5	
Цель: Изучить и понять принцип функционирования полётного контроллера и аппаратуры управления.	
Что делаем: настройка и калибровка дрона	Компетенции: Soft Skills: <ul style="list-style-type: none"> • Убеждение и аргументация • Поиск и анализ информации • Выработка и принятие решений Hard Skills: <ul style="list-style-type: none"> • Работа в ПО для настройки и калибровки дрона • Умение настраивать полётные режимы • Умение отстраивать PID-регуляторы
Занятие 6	
Цель: изучение и понимание принципов функционирования и взаимодействия аппаратуры мультироторных систем.	
Что делаем: осуществляем тестовый запуск, проводим дополнительные настройки органов управления дроном	Компетенции: Soft Skills: <ul style="list-style-type: none"> • Поиск и анализ информации • Использование обратной связи • Управление эмоциями

	<p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none">• Работа с органами управления• Выявление системных ошибок• Навык визуального пилотирования
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Количество учебных часов/занятий: 12 часов.

Метод работы с кейсом: конструирование — инженерная разработка устройства.

Минимально необходимый уровень входных компетенций: умение собирать квадрокоптер по инструкции, умение проводить настройки параметров дрона.

Предполагаемые образовательные результаты учащихся

Артефакты: летающий настроенный БПЛА (Октакоптер).

Формируемые навыки

Универсальные

- умение слушать и задавать вопросы,
- решение изобретательских задач,
- свободное мышление,
- работа в команде,
- мышление на несколько шагов вперед,
- осмысленное следование инструкциям,
- внимательность,
- аккуратность,
- соблюдение техники безопасности,
- ответственность за соблюдение правил,
- работа с взаимосвязанными параметрами.

Предметные

- знания по 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.

Кейс № 3 «Воздушная гонка»

Ребята из Аэроквантума принесли объявление, что проводятся соревнования по гонкам на квадрокоптерах. А что нужно сделать чтобы принять участие в соревнованиях?

Для участия необходимо собрать свой гоночный дрон. Решение найдено – необходимо собрать команду и свой БПЛА!

Категория кейса: углубленный

Место кейса в структуре модуля: знакомство с разновидностями мультироторных систем, а также технологиями, применяющимися в беспилотных летательных аппаратах и системах управления ими.

Занятие 1	
Цель: выявление отличий гоночного квадрокоптера от обычного	
Что делаем: сборка рамы для гоночного дрона	Компетенции:

	<p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • работа в команде • формирование осознанного, уважительного и доброжелательного отношения к другому человеку, его мнению, мировоззрению; • умение слушать <p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • знание построения рам гексакоптера в зависимости от сферы применения • навык работы с инструментами • умение подобрать комплектующие
<p>Занятие 2</p>	
<p>Цель: закрепление знания и навыков правильного соединения контактов комплектующих к плате распределения питания на квадрокоптере</p>	
<p>Что делаем: Пайка моторов, регуляторов и платы распределения питания.</p>	<p>Компетенции:</p> <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • работа в команде • нацеленность на результат • использование обратной связи <p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навык работы с паяльной станцией • Знание устройства платы распределения питания • Навык использования разновидности пайки проводов
<p>Занятие 3</p>	
<p>Цель: изучение техники безопасности при работе с литий-полимерным аккумулятором, устройство литий-полимерного аккумулятора, принцип действия, методы зарядки/разрядки/хранения/ балансировки</p>	
<p>Что делаем: Сборка контейнера под аккумулятор.</p>	<p>Компетенции:</p>

	<p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • работа в команде • нацеленность на результат • выработка и принятие решений <p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навык работы с паяльной станцией • Знание устройства литий-полимерных аккумуляторов • Знание основных характеристик источников питания
Занятие 4	
Цель: Закрепление навыков конструирования дрона	
<p>Что делаем: Установка деталей дрона на раму.</p>	<p>Компетенции:</p> <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Убеждение и аргументация • Поиск и анализ информации • Выработка и принятие решений <p>Hard Skills:</p>
Занятие 5	
Цель: Изучение и понимание принципов функционирования полётного контроллера и аппаратуры управления.	
<p>Что делаем: настройка и калибровка дрона</p>	<p>Компетенции:</p> <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Убеждение и аргументация • Поиск и анализ информации • Выработка и принятие решений <p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Работа в ПО для настройки и калибровки дрона • Умение настраивать полётные режимы • Умение отстраивать PID-

	регуляторы
Занятие 6	
Цель: изучить и понять принцип функционирования и взаимодействия аппаратуры мультироторных систем.	
Что делаем: осуществляем тестовый запуск, проводим дополнительные настройки органов управления дроном	Компетенции: Soft Skills: <ul style="list-style-type: none"> • Поиск и анализ информации • Использование обратной связи • Управление эмоциями Hard Skills: <ul style="list-style-type: none"> • Работа с органами управления • Выявление системных ошибок • Навык визуального пилотирования

Количество учебных часов/занятий:4 часа.

Метод работы с кейсом: конструирование - инженерная разработка устройства.

Минимально необходимый уровень входных компетенций: умение собирать квадрокоптер по инструкции, умение проводить настройки параметров дрона.

Предполагаемые образовательные результаты учащихся

Артефакты: летающий настроенный БПЛА (Гоночный квадрокоптер).

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 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.

Приложение 3

УТП с применением дистанционных технологий обучения

Темы занятий из УТП	Количество часов					
	Всего	Самостоятельная работа учащегося	Онлайн- и оффлайн-занятия учащегося с преподавателем ДО			
			Работа по e-mail, телеконференция	Онлайн-лекции, консультации (чат, видеоконференция, ICQ)	Оффлайн-консультации (форум, e-mail)	Работа с сетевыми ресурсами
1 Вводное занятие	2	1	-	0.5	0.25	0.25
2 Углубленный подход к конструкции мультироторных систем.	2	1	-	0.5	0.25	0.25
3 Современные виды БПЛА.	2	0.25	0.25	0.5	-	1
4 Особенности работы и виды полётных контроллеров.	2	0.25	-	0.5	0.25	1
5 Изучение одноплатного микрокомпьютера RaspberryPi. Автономный полёт.	2	1	-	0.5	0.25	0.25
6 Техника безопасности при работе с мультироторными системами и во время пайки.	2	0.25	-	0.5	0.25	1
7 Электронные компоненты мультироторных систем: принципы работы, общее устройство	2	0.25	-	0.5	0.25	1
8 Техника безопасности при работе с литий-полимерным аккумулятором, устройство литий-полимерного аккумулятора, принцип действия, методы зарядки/разрядки/хранения/ балансировки.	2	0.25	-	0.5	0.25	1

9	Изучение кейсовых задач	2	1	-	0.5	0.5	-
10	Сборка рамы «Клевер 2».	2	-	-	0.5	0.25	1.25
11	Пайка моторов, регуляторов и платы распределения питания.	2	-	-	0.5	0.25	1.25
12	Сборка контейнера под аккумулятор.	2	-	-	0.5	0.25	1.25
13	Установка деталей квадрокоптера на раму.	2	-	-	0.5	0.25	1.25
14	Принцип функционирования полётного контроллера и аппаратуры управления.	2	0.25	-	0.5	0.25	1
15	Функционирование и взаимодействие аппаратуры мультироторных систем.	2	0.25	-	0.5	0.25	1
16	Сборка гекса/октакоптера.	2	-	-	0.5	0.25	1.25
17	Основы работы с компьютером. Техника безопасности при работе с компьютером. Основные настройки квадрокоптера, правила настройки полетного контроллера, калибровка компаса и акселерометра.	2	-	-	0.5	0.25	1.25
18	Подключение полетного контроллера к компьютеру. Настройка и калибровка компаса и акселерометра.	2	-	-	0.5	0.25	1.25
19	Калибровка регуляторов.	2	-	-	0.5	0.25	1.25
20	Проверка работоспособности и устранение ошибок.	2	-	-	0.5	0.25	1.25
21	Основы радиоуправления моделями самолетов и квадрокоптеров.	2	-	-	0.5	0.25	1.25
22	Изучение основных органов управления: левый и правый стик	2	-	-	0.5	0.25	1.25

для осуществления управления дроном, ряд дополнительных кнопок, AUX.							
23 Правила использования стиков и кнопок.	2	-	-	0.5	0.25	1.25	
24 Техника безопасности во время полетов.	2	1	-	0.5	0.25	0.25	
25 Разбор ошибок во время полетов	2	1	-	0.5	0.25	0.25	
26 Полеты на симуляторе, приобретение начальных навыков пилотирования.	2	1	-	0.5	0.25	0.25	
27 Выполнение полетного задания.	2	1	-	0.5	0.25	0.25	
28 Отработка навыков безопасного полета в «кубе».	2	1	-	0.5	0.25	0.25	
29 Тренировка «взлета», «посадки» и «зависания».	2	1	-	0.5	0.25	0.25	
30 Отработка навыков полета в открытом пространстве.	2	1	-	0.5	0.25	0.25	
31 Выполнения полетов по трассе.	2	1	-	0.5	0.25	0.25	
32 Подготовка к соревнованиям.	2	1	-	0.5	0.25	0.25	
33 Повторение понятий «рысканье», «крен», «газ» и «тангаж». FPV система.	2	0.25	0.25	0.5	-	1	
34 Установка на квадрокоптер необходимого оборудования для FPV полётов. Отработка навыков пилотирования	2	-	-	0.5	0.25	1.25	
35 Подготовка презентаций по темам пройденного материала.	2	1	-	0.5	0.25	0.25	
36 Итоговое тестирование.	2	1.25	0.25	0.5	-	-	

Перечень информационных ресурсов

Информационные	Коммуникационные	Для интерактивного взаимодействия	Симуляторы/тренажёры
<p>COEX: https://www.youtube.com/c/CopterExpressCompany/videos</p> <p>Всё о квадрокоптерах: https://profpv.ru/</p> <p>Программирование автономного полёта на RaspberryPi: https://clover.coex.tech/ru/auto-setup.html</p>	<p>Discord, Zoom, Vk, ВКС</p>	<p>Google Presentation, LarningApps, YouTube, Classtime, OnlineTestPad, Kahoot!</p>	<p>Симулятор Квадрокоптера (Дрона) 3Д: http://vseigru.net/igry-simulyatory/26384-igra-simulyator-kvadrokoptera-drona-3d.html</p> <p>Сборник лётных 3D симуляторов: https://www.topspeed.com/aviation-games/</p> <p>FPV Drone Simulator: https://store.steampowered.com/app/691730/FPV_Drone_Simulator/</p>