

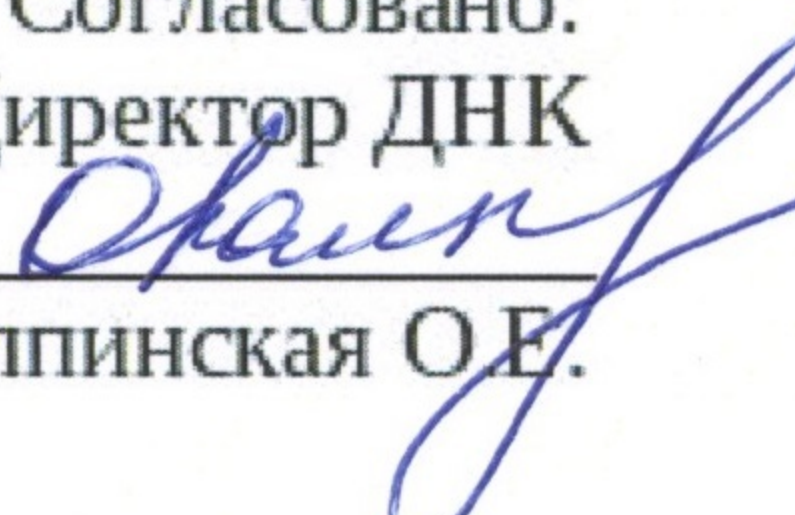
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»



**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ПРОГРАММА**

для обучающихся
по программам среднего общего образования (6-11 классы),
по программам среднего профессионального образования
по направлению
«Летательная робототехника»

Разработал:
Преподаватель ПТК НовГУ
Цымбалюк Лариса Николаевна
«20» августа 2020 года

Согласовано:
Директор ДНК

Калпинская О.Е.

1. Пояснительная записка

Дополнительная общеобразовательная (предпрофессиональная) программа (далее – ДОП) имеет техническую направленность.

Актуальность программы заключается тем, что дисциплина содержит в себе изучение тематических объектов малой авиации, активно развивающейся и становящейся популярной повсеместно. Для эффективной деятельности в данной отрасли необходим определенный набор знаний и навыков. Наиболее явный пример таким: навыки управления беспилотным летательным аппаратом (БЛА), знание систем БЛА, умение программирования БЛА и т.д. Обучение в рамках данной программы дает возможность в полном объеме изучить данные компетенции.

Отличительные особенности и новизна данной программы:

- программа предоставляет возможность организации полного спектра необходимой информации посредством теоретических занятий в максимально доступном виде,
- наличие большого количества практических занятий предоставляет возможность работать с полнофункциональными объектами относящихся к категории беспилотных летательных аппаратов.
- предоставляет возможность обучающемуся приобрести навыки в пилотировании данных аппаратов, в их сборке и пайке, схемотехнике устройства. Данные навыки позволят в дальнейшем обучающемуся самостоятельно обучаться и работать в данной области без затруднений, организовав легкий старт в деятельности

Категория обучающихся (адресат программы) – Возраст детей, участвующих в реализации данной программы: 12-16 лет

Сроки реализации программы, режим занятий и формы– образовательный процесс длится один учебный год.

Программа рассчитана на 36 недель обучения, общее количество академических часов 144. Основной формой являются групповые занятия. В основе образовательного процесса лежит проектный подход.

Основная форма работы теоретической части — лекционные занятия в группах 12 - 14 обучающихся.

Практические задания планируется выполнять в малых группах (6-7 обучающихся). Занятия проводятся в виде выполнения практических работ и полетов в полетной зоне.

Для наглядности изучаемого материала используется различный мультимедийный материал — презентации, видеоролики

Нормативно-правовая база разработки ДОП представлена в Приложении 1.

2. Цель и задачи программы:

Цель:

Формирование компетенций в области беспилотных авиационных систем, развитие творческого и научно-технического потенциала учащихся, путем организации проектной деятельности, в рамках создания собственного беспилотного летательного аппарата.

Задачи:

- подготовка лиц, обладающих компетенциями для развития отрасли беспилотных летательных аппаратов;
- развитие у обучающихся интереса к научно-технической сфере;
- формирование критического и аналитического мышления обучающихся.
- формирование творческого отношения к выполняемой работе;
- воспитывать умение работать в коллективе, эффективно распределять обязанности.
- формирование осознания роли техники и технологий для прогрессивного развития общества;
- формирование целостного представления о техносфере, сущности технологической культуры и культуры труда;
- уяснение социальных и экологических последствий развития технологий промышленного и сельскохозяйственного производства, энергетики и транспорта, в том числе беспилотного;
- развитие творческой инициативы и самостоятельности.

3. Планируемые результаты

Продуктовый(е) результат(ы): обучающиеся должны усвоить теоретические навыки в области БЛА в частности, необходимые для создания БЛА и умения пилотировать подобные аппараты (либо эксплуатировать их по требуемому назначению), проверять которые планируется путем демонстрации результатов практических занятий, прохождении опросов и анализе методов реализации задач проходимых на практике, при которых оцениваются факторы свидетельствующие о достаточном освоении материалов курса.

Образовательный

- формирование личного, эмоционального отношения к себе и окружающему миру;
- формирование интереса к себе и окружающему миру (когда ребенок задает вопросы);
- эмоциональное осознание себя и окружающего мира;
- формирование позитивного отношения к себе и окружающему миру;
- формирование желания выполнять учебные действия;
- использование фантазии, воображения при выполнении учебных действий.

4. Учебно-тематический план

Учебно-тематический план

«Летательная робототехника»

Цель: формирование общих и профессиональных компетенций у слушателей курсов

Категория слушателей: учащиеся

Срок обучения: 18 недель

Форма обучения: очная

Режим занятий: согласно расписанию

№ п/п	Наименование дисциплин, разделов и тем	Всего час	В том числе			Форма контроля
			Лекции	Выездные занятия, деловые игра и т. д.	Практические, лабораторные, Семинарские занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1	Основные конструктивные элементы БАС	14				
2	Основы радиоэлектроники, схемотехники и макетирования электронных схем	12				
3	Пилотирование	46	14	Кейс 1-3	32	
	ИТОГО	72	24		38	

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование дисциплин, разделов и тем	Всего час	В том числе			Форма контроля
			Лекции	Выездные занятия, деловые игра и т. д.	Практические, лабораторные, Семинарские занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1	<i>Основные конструктивные элементы БАС</i>	14				
1.1	Теоретические основы беспилотных авиационных систем:	4	2		2	
1.2	Конструирование БПЛА	4	2		2	
1.3	Техника безопасности при сборке и настройке коптеров, при проведении предполетной подготовке	2	2			
1.4	Сборка и настройка коптера	4			4	Зачет
2	<i>Основы радиоэлектроники, схемотехники и макетирования электронных схем</i>	12				
2.1	Аналоговые и цифровые сигналы. Принципы работы с измерительным оборудованием.	4	2		2	
2.2	Основы микроэлектроники и программирования микроконтроллеров.	3	1		2	
2.3	Передача телеметрии и управляющих команд	5	1		4	Зачет
3	<i>Основы пилотирования</i>	46	14		32	
3.1	Пилотирование в	6		Кейс 1	6	

	визуальном режиме					
3.2	Захват и перенос груза	2		Кейс 2	2	Зачет
3.3	FPV пилотирование	12	2		10	Зачет
3.4	Автономное пилотирование	22	12	Кейс 3	10	Зачет
3.5	Итоговая аттестация	2			2	Тестовый полет
	ИТОГО	72	10		26	

Аннотации кейсов, глоссарий (при необходимости) по ДОП представлены в Приложении 2, Приложении 3 соответственно.

5. Организационно-педагогические условия

Материально-техническая база:

Занятия проводятся на базе Занятия проходят на базе лаборатории «Летательная робототехника»

Материально-техническое обеспечение, используемое для преподавания:

- наборы конструкторов для сборки квадрокоптеров “Клевер”.
- лаборатория, оснащенная паяльными станциями, вытяжками и необходимыми инструментами.
- полетная зона или разрешение на полеты в открытом воздушном пространстве.
- компьютерный класс (10 персональных компьютеров); 1 компьютер для преподавателей для подготовки учебно-методических материалов.

Техническое обеспечение

1. Ноутбук: IntelCorei7
2. Учебный набор квадрокоптера Клевер 3 или (Учебный набор квадрокоптера по компетенции Эксплуатация беспилотных авиационных систем «СОЕХ -Клевер 4) Worldskills Russia»
3. МФУ
4. Дымоуловитель настольный (Дымоуловитель МЕГЕОН 02814)
5. Ремкомплект ((Учебный набор квадрокоптера по компетенции Эксплуатация беспилотных авиационных систем «СОЕХ -Клевер 4 Worldskills Russia»
6. FPV-комплект для полетов по камере ((Учебный набор квадрокоптера по компетенции Эксплуатация беспилотных авиационных систем «СОЕХ -Клевер 4 Worldskills Russia»
7. Lukey 702 паяльная станция с феном или аналог ((Учебный набор квадрокоптера по компетенции Эксплуатация беспилотных авиационных

систем «COEX -Клевер 4 Worldskills Russia»

Программное обеспечение

1. Microsoft Visual Studio 2017 Community - редактор кода (<https://www.visualstudio.com>)
2. 3Д редактор - 3Ds max (<https://www.autodesk.ru/products/3ds-max/overview>)
3. ПО Agisoft Photoscan

6. Формы аттестации и оценочные материалы

Формы контроля и оценка качества освоения программы осуществляется в соответствии с Положением «Об организации учебного процесса по основным образовательным программам высшего профессионального образования» и с Положением «О Фонде оценочных средств».

Оценка качества усвоения программы осуществляется с использованием процентной системы контроля. Используются следующие формы контроля, или текущая аттестация:

- внеаудиторный контроль выполнения индивидуальных заданий
- проведение итогового тестирования для аудиторного контроля.

Оценки качества освоения цикла обучающимся (слушателем):

- оценка «удовлетворительно» - 50-69%
- оценка «хорошо» - 70-89%
- оценка «отлично» - 90-100%

Итоговая аттестация проводится в виде выполнения полетного задания и устного опроса. С учетом базовой подготовки слушатель должен ответить (сообщение на 1-2 минуты) на один из выбираемых вопросов.

График контрольных мероприятий по курсу «Управление беспилотными авиационными системами»

Программа предполагает четыре контрольных точки:

Контроль ная точка	1	2	3	4
Неделя	3	5	6	9
Вид контрольной точки	Дефектовка устройства	Разработка 3D модели узла коптера	Выполнение полетного задания	Программиро вание микроконтрол

				лера
Максимальный рейтинг, %	100%	100%	100%	100%

Уровень успеваемости:

- оценка «удовлетворительно» - 50-69%
- оценка «хорошо» - 70-89%
- оценка «отлично» - 90-100%

Пример задания для аудиторного контроля

Тест итогового контроля знаний

1. Как называется коптер с 8 моторами?

1. Пентакоптер
2. Октокоптер
3. Трикоптер
4. Гексакоптер

2. Как обозначается напряжение в законе Ома?

1. I
2. R
3. U
4. S

3. При каком типе соединения аккумуляторов напряжение не складывается?

1. Последовательное
2. Параллельное
3. Смешанное
4. Замкнутое

4. Какие типы флюсов следует использовать при пайке микросхем?

1. Нейтральный
2. Активированные
3. Пассивный
4. Активный

5. В соответствии с какими параметрами моторов БПЛА подбираются пропеллеры?

1. Количество обмоток
2. Мощность двигателя
3. Токопотребление
4. Частота вращения

6. Какие моторы редко используются в коптерах?

1. Коллекторные
2. Асинхронные
3. Бесколлекторные

4. Синхронные
7. Отметьте преимущества бесколлекторных двигателей
1. Высокий КПД
 2. Низкая стоимость
 3. Высокая максимальная скорость
 4. Высокая износостойкость
8. Какой кратности должно быть число обмоток в бесколлекторном моторе?
1. 2
 2. 3
 3. 5
 4. 7

7. Учебно-методическое обеспечение программы

Занятия проходят на базе лаборатории «Летательная робототехника»
Материально-техническое обеспечение, используемое для преподавания:

- наборы конструкторов для сборки квадрокоптеров “Клевер”.
- лаборатория, оснащенная паяльными станциями, вытяжками и необходимыми инструментами.
- полетная зона или разрешение на полеты в открытом воздушном пространстве.
- компьютерный класс (10 персональных компьютеров); 1 компьютер для преподавателей для подготовки учебно-методических материалов.
- научная библиотека НовГУ, научный читальный зал, общий читальный зал, информационно-образовательный зал библиотеки.

8. Тематическое содержание программы –

9. Список рекомендованной литературы

Список рекомендованной литературы для преподавателя:

Основная:

1. Учебный курс «Клевер 3»
<https://clever.copterexpress.com/ru/index.html>
2. Учебный курс: Строим роботов и другие устройства на Arduino
<https://www.coursera.org/learn/roboty-arduino>
3. 3Д редактор – Blender <https://www.blender.org>
4. Microsoft Visual Studio 2017 Community
<https://www.visualstudio.com>
5. Ефимов Е. Програмируем квадрокоптер на ардуино [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/227425>.

6. Проектирование и разработка информационных систем Учебник/ Перлова О. Н. , Ляпина О. П. , Гусева А. В.- 2-е изд. стер. 2018.256 с Изд.

7. Овечкин Г. В. , Овечкин П. В. Компьютерное моделирование: учебник: рекомендован ФГАУ «ФИРО»,2-е изд. стер.,-224 стр.,2018г. Изд. Академия.

8. Электрорадиоизмерения : учебник/ В.И.Нефедов, А.С. Сигов, В.К.Битюков, Е.В.Самохина; под ред. А.С.Сигова.-4-е изд.,перераб.и доп.-«ФОРУМ»:ИНФРА М,2019.-383 с.

9. Основы алгоритмизации и программирования на Python: Учебное пособие/ Гуриков С.Р.- М.:«ФОРУМ»:ИНФРА М,2019.-343 с.

10. Проектирование цифровых устройств: Учебник/ Кистрин А. В., Костров Б. В., Никифоров М. Б., Устюков Д.И. -М.:«ФОРУМ»:ИНФРА М,2019.-352с

Дополнительная:

1. Белинская Ю.С.. Реализация допустимых маневров четырехдвигательного вертолета [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ainsnt.ru/doc/551872.html> .

2. Канатников А.Н., Крищенко А.П., Ткачев С.Б.. Допустимые пространственные траектории беспилотного летательного аппарата в вертикальной плоскости [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.technomaq.edu.ru/doc/367724.html> .

Список рекомендованной литературы для обучающихся:

Основная:

1. Учебный курс «Клевер 3»
<https://clever.copterexpress.com/ru/index.html>

2. Учебный курс: Строим роботов и другие устройства на Arduino
<https://www.coursera.org/learn/roboty-arduino>

3. 3Д редактор – Blender <https://www.blender.org>

4. Microsoft Visual Studio 2017 Community
<https://www.visualstudio.com>

Приложения

Приложение 1

Нормативно-правовая база

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (принят ГД ФС РФ 21.12.2012) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://graph-kremlin.consultant.ru/page.aspx?1646176>
2. Стратегия Научно-технологического развития Российской Федерации Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016г. №642 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
3. О Национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. №204 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
4. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 9 ноября 2018 г. N 196 г. Москва «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам» [Электронный ресурс].-...
5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 4 июля 2014 г. N 41 «Об утверждении СанПиН 2.4.4.3172-14 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей» [Электронный ресурс].
6. Распоряжение Правительства РФ от 4 сентября 2014 г. N 1726-р «Об утверждении Концепции развития дополнительного образования детей» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/14644/>
7. Концепция развития дополнительного образования детей (утв. распоряжением Правительства РФ от 4 сентября 2014 г. N 1726-р) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>
8. Распоряжение Правительства РФ от 29 мая 2015 г. № 996-р «Об утверждении Стратегии развития воспитания на период до 2025 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/18312/>
9. Стратегия развития воспитания в РФ на период до 2025 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 29 мая 2015 года №996-р) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/media/files/f5Z8H9tgUK5Y9qtJ0tEFnyHlBitwN4gB.pdf>
10. Образовательные стандарты

Приложение 2

Кейсы:

Кейс №1

Введение Беспилотные авиационные системы –стремительно развивающаяся высокотехнологичная отрасль, которая находит применение в таких сферах деятельности как видеосъемка, картография, мониторинг, сельское хозяйство, строительство, доставка грузов. С расширением задач, выполняемых беспилотниками, остро встает вопрос подготовки квалифицированных кадров.

Компетенция охватывает широкий спектр профессиональных навыков и специализаций, таких как техник, программист, инженер, внешний пилот, оператор полезной нагрузки. Компетенция предполагает наличие таких навыков и знаний как управление, эксплуатация и техническое обслуживание беспилотных систем; выполнение рабочих полетных заданий; воздушная транспортировка грузов; использование технических средств и оборудования при сборке, диагностика и текущий ремонт аппаратов; строгое соблюдение регламентов управления и эксплуатации беспилотных авиационных систем.

Требования к специалистам в данной области имеют широкий диапазон и включают такие задачи как:

- проектирование и моделирование узлов авиационных систем и их создание при помощи цифрового оборудования;
- автоматическая настройка систем, программирование автономного полета; расчет полезной нагрузки в соответствии с полетным заданием;
- пилотирование в любых условиях – визуальное и в очках-шлеме FPV;
- применение новых беспилотных технологий.

Аэросъемка

Сбор, передача, обработка данных по установленной миссии

- Составление плана полёта;
- Предполётная подготовка;
- Сбор картографических, геодезических, тепловизионных и др. данных с воздуха;
- Мониторинг местности или объектов и тепловизионное обследование;

- Аэрофото/видеосъемка/ тепловизиометрия.

Моделирование конструктивного узла коптера

- Моделирование отдельных деталей и узлов квадрокоптера, крепежей и элементов полезной нагрузки;
- Подготовка моделей к изготовлению.

Изготовление узла коптера.

- Начальная /завершающая стадия работы на цифровом оборудовании;
- Внесение изменения в конструкцию коптера;
- Сборка квадрокоптера и монтаж изготовленных деталей/ узлов;
- Наладка, настройка аппаратуры радиуправления;
- Тестовые полёты.

Визуальное пилотирование и доставка грузов

- Внесение изменения в конструкцию коптера;
- Установка захвата для груза;
- Настройка захвата;
- Настройка аппаратуры радиуправления;
- Тестовый полет;
- Захват и перенос груза
 - точность выгрузки - количество доставленного груза
 - пролёт с грузом по полосе препятствий.

Ключевые навыки и знания: программирование, 3D моделирование, прототипирование, управление квадрокоптером.

Отрасли экономики, в которых применяются беспилотники в настоящее время в России и мире и будут актуальны ближайшие 5-10 лет: мониторинг объектов инфраструктуры, газо- и нефтепроводов. Съёмки с воздуха. МЧС. Рекламные агентства. Исследования. Поиск людей. Образовательные учреждения. Сельское хозяйство, охотничьи угодья, заповедники. Землеустройство. Кадастр. Исследования Арктики. Спецслужбы. Агросектор. Охрана границ. ЖКХ. Составление цифровых двойников промышленных объектов.

Доставка.

С ростом рынка беспилотников и его потребностей представления о компетенции становятся более четкими, формируются профессиональные стандарты, связанные с эксплуатацией БАС.

Визуальное пилотирование – это один из самых известных и интересных направлений в мире беспилотных систем. Каждый специалист в области БПЛА должен обладать данным навыком. Это тот навык, который позволяет перейти пилоту на другой, более высокий уровень – Программирование автономного полета, с одной стороны, и становление как профессионального гонщика, с другой стороны.

Постановка Участники проходят технику безопасности.

задания Проведение предполетной подготовки.

Задание

В полетной зоне установлены элементы -препятствия, через которые необходимо пролететь 1 круг за 3 минуты, не пропуская препятствия и не касаясь сетки, пола, элементов трассы. В Приложении №В приведен пример полигона.

Перед прохождением трассы важно провести предполетную подготовку. Обратить внимание учеников на то, что:

- 1) компоненты дрона целы;
- 2) движению пропеллеров не мешают провода;
- 3) аккумулятор заряжен

Выполнение полеты осуществляются в защищенном кубе (полетной зоне) по заданной трассе

Контроль и оценка Итоговая оценка происходит по итогам прохождения препятствий полетной трассы.

- Взлет в пределах метки старт
- Пролет по трассе
- Посадка в пределах метки старт

Приложение №А

Этап	Содержание	Рекомендации
Введение	Знакомство, компетенция ЭБАС. Профессии, связанные эксплуатацией БАС	На этапе рекомендовано ориентироваться на современные тенденции развития БЛА
Постановка задания	Участники знакомятся с работой квадрокоптера, его функциональными частями и их назначением, базовыми правилами пилотирования	Используя собранный квадрокоптер показать и рассказать о базовых элементах: раме, радиоаппаратуре, двигателях, регуляторах оборотов, пропеллерах, полётном контроллере и т. д. (см. Рис. 1). Используя описание в приложении В. и статью про полетные режимы познакомить с базовыми правилами пилотирования квадрокоптера.
Выполнение задания	Участникам необходимо пролететь трассу с препятствиями	На полигоне установлены элементыпрепятствия, через которые необходимо пролететь 1 круг (без посадки). Используя квадрокоптер, необходимо пролететь 1 круг в полетной зоне по заданной трассе за 5 минут, не пропуская препятствия и не касаясь сетки, пола, элементов трассы.
Контроль и оценка	Подведение итогов	Итоговая оценка происходит по итогам прохождения полетной трассы
Рефлексия полученного опыта	Разбор ошибок	

Приложение №В

Принципы управления квадрокоптером



Рисунок 1. Схема квадрокоптера Clever. 1 - моторы; 2 - пропеллеры; 3 - регуляторы оборотов; 4 - защита; 5 - ноги; 6 - светодиодная лента; 7 - рама квадрокоптера; 8 - полетный контроллер; 9 - приемник, 10 - аккумулятор.

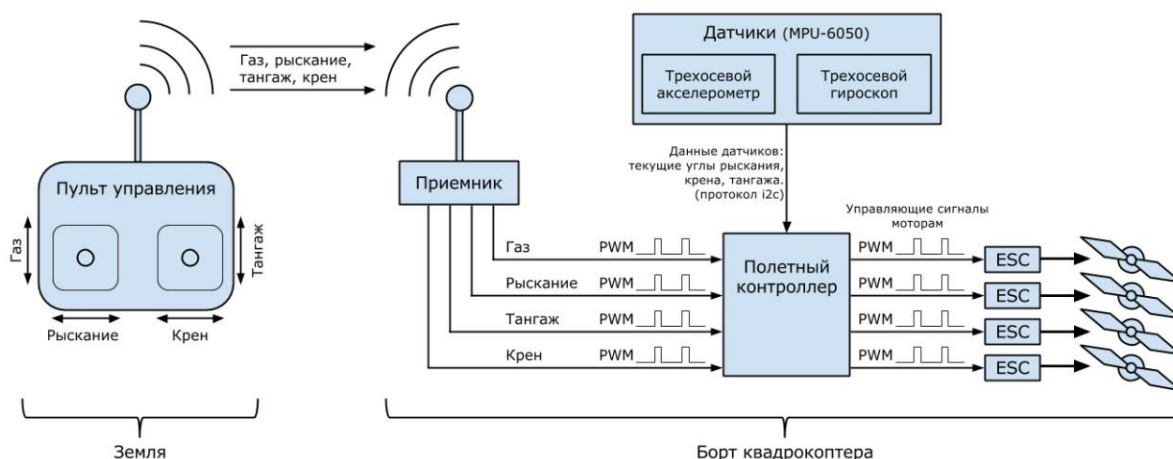


Рисунок 2. Схема работы квадрокоптера



Рисунок 3. Схема работы пульта

Углы тангажа, крена и рыскания (**pitch, roll, yaw**) — углы, которыми принято определять и задавать ориентацию квадрокоптера в пространстве.



Газ квадрокоптера — среднее арифметическое между скоростями вращения всех моторов. Чем больше газ, тем больше суммарная тяга моторов, тем сильнее они тащат квадрокоптер *вверх*. Обычно измеряется в процентах: 0% — моторы остановлены, 100% — вращаются с максимальной скоростью. **Газ висения** —

минимальный уровень газа, который необходим, чтобы квадрокоптер не терял высоту.

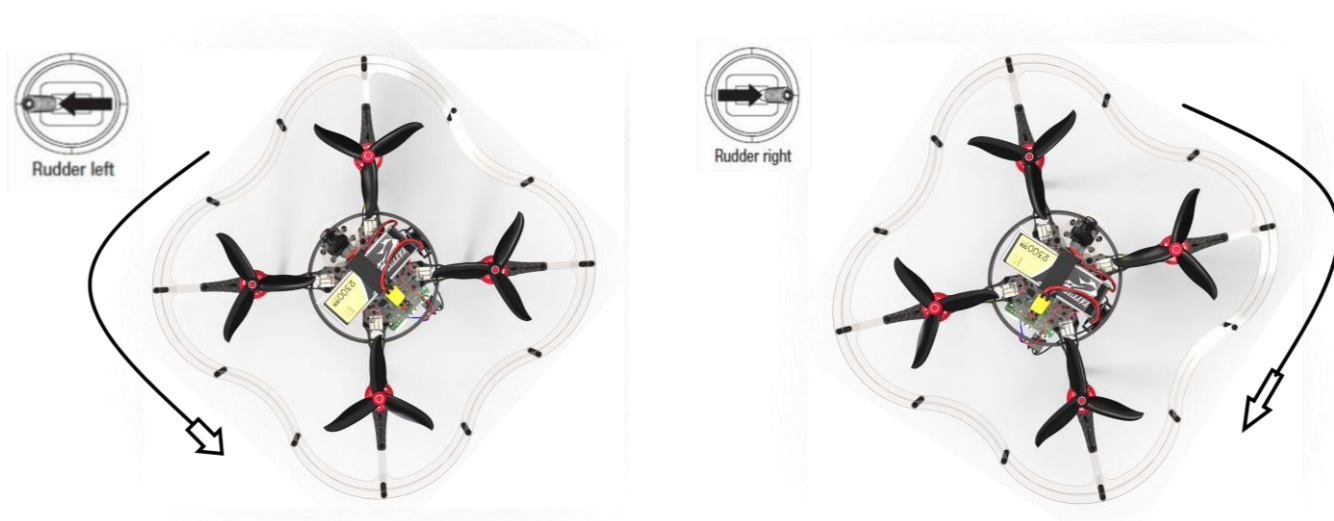
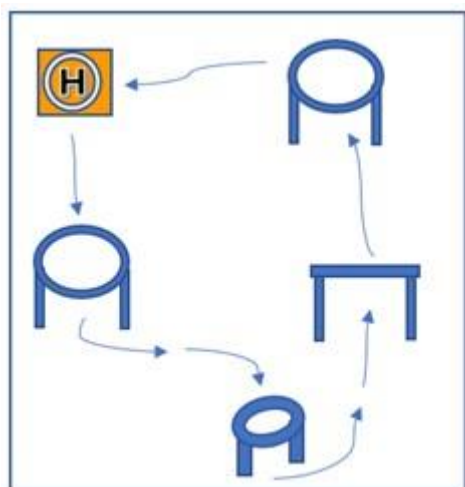


Рисунок 5. Схема работы стиков



Пример полигона с описанием миссии:

В полетной зоне установлены элементы препятствия, через которые необходимо пролететь пролететь 1 круг за 3 минуты, не пропуская препятствия и не касаясь сетки, пола, элементов трассы.

Кейс 2

Постановка задания Участникам предлагается выполнить некоторые из обязанностей оператора дрона - собрать дрон и откалибровать датчики, затем совершить полет на собранном дроне по трассе.

Перед выполнением задания участникам необходимо пройти технику безопасности. Важно рассказать о следующих пунктах:

- 1) Прочитайте инструкцию по сборке, настройке перед тем, как приступать к сборке БПЛА:
https://github.com/Alamoris/clever/blob/update_assembling_cl_v4/docs/ru/assemble_4.md;
- 2) Используйте средства индивидуальной защиты при работе за монтажным столом – очки, перчатки, халат;
- 3) Перед первым подключением аккумулятора позовите наставника и продемонстрируйте отсутствие короткого замыкания

Выполнение задания Сборка дрона на коннекторах и калибровка датчиков.

Необходимо ориентироваться на следующие инструкции:

- 1) https://github.com/Alamoris/clever/blob/update_assembling_cl_v4/docs/ru/assemble_4.md
- 2) <https://clever.coex.tech/ru/calibration.html>

Выполнение задания Участники осуществляют полет в защищенном кубе (полетной зоне) по заданной трассе. Дрон должен взлететь, пролететь через 4 препятствий по трассе и вернуться на посадочную зону. Пример трассы смотрите в Приложение №В

Перед прохождением трассы важно провести предполетную подготовку. Обратить внимание учеников на то, что:

- 1) компоненты дрона целы;
- 2) движению пропеллеров не мешают провода;
- 3) аккумулятор заряжен

Контроль и оценка Итоговая оценка рассчитывается по итогам сборки квадрокоптера и прохождения препятствий полетной трассы. Главный критерий успешной сборки дрона - готовность к полету (способен взлететь и зависнуть на месте).

Критерии успешного прохождения трассы:

- Взлет в пределах метки старт
- Пролет через большое кольцо
 - Пролет через малое кольцо
 - Пролет через ворота
- Пролет через большое кольцо
- Посадка в пределах метки старт

Приложение №С

Этап	Содержание	Рекомендации
Постановка задания	Участники знакомятся с работой квадрокоптера, его функциональными частями и их назначением, базовыми правилами пилотирования	Используя собранный квадрокоптер показать и рассказать о базовых элементах: раме, радиоаппаратуре, двигателях, регуляторах оборотов, пропеллерах, полётном контроллере и т. д. (см. Рис. 1). Используя описание в приложении В. и статью про полетные режимы познакомить с базовыми правилами пилотирования квадрокоптера.
Выполнение задания	Сборка квадрокоптера на коннекторах	Собрать узел квадрокоптера , Провести калибровку датчиков
Выполнение задания	Проведение предполетной подготовки Участники проф. пробы осуществляют полет в защищенном кубе (полетной зоне) по заданной трассе	На полигоне установлены элементы-препятствия, через которые необходимо пролететь 1 круг (без посадки). Используя квадрокоптер, необходимо пролететь 1 круг в полетной зоне по заданной



		трассе за 5 минут, не пропуская препятствия и не касаясь сетки, пола, элементов трассы.
Контроль и оценка	Подведение итогов	Итоговая оценка происходит по итогам сборки и прохождения препятствий полетной трассы
Рефлексия полученного опыта	Разбор ошибок	

Кейс 3

Постановка задания наставником

Введение в программирование квадрокоптера.

Преподаватель рассказывает материал опираясь на материалы:

https://clover.coex.tech/ru/simple_offboard.html

Участники выполняют задание по модулю:

Модуль D. Программирование полёта в автономном режиме.

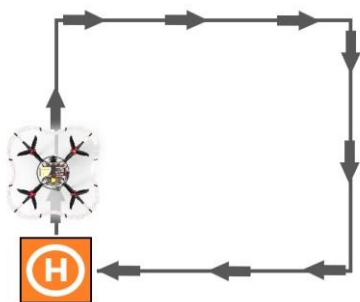
- Программирование БПЛА для автономного полёта в ограниченном пространстве в помещении.

Задание:

Основываясь на изученный материал, самостоятельно напишите программу на языке Python для автономного полета коптера по миссии.

Миссия:

В автономном режиме квадрокоптер должен взлететь на 1,5 м. с точки взлета, пролететь по горизонтальному квадрату со сторонами 2x2 м, сесть в точку посадки.



Выполнение задания

Преподаватель находится на связи с участниками, объясняет написание кода для выполнения поставленной миссии в автономном режиме. Пример кода см. приложение D.

Выполнение задания Предполетная подготовка.

1. Участники после прослушивания теории и разбора примера кода получают задание для самостоятельного выполнения - (см. п. постановка задания наставником).
2. После выполнения задания скидывают код (Файл с написанным кодом с расширением .ру, посредством загрузки на google диск.)
3. На площадке в этот момент должен находиться заряженный коптер, готовый к автономным полетам, поле аруко-меток и огражденная полетная зона, внутри которой будут происходить полеты.
4. Преподаватель загружает правильно выполненный участниками код автономного полета, запускается коптер

Запуск кода на удаленной площадке:

Наставнику необходимо:

- загрузить отправленный участниками код на квадрокоптер; • выполнить запуск квадрокоптера;
- обеспечивать перехват коптера в ручной режим при нештатной ситуации;
- отснять видео выполнения квадрокоптером миссии / транслировать видео в режиме реального времени;
- заснять и отправить видео участникам / транслировать видео в режиме реального времени;

Контроль и Разбор результатов выполнения задания Оценка

Приложение D

Этап	Содержание	Рекомендации
------	------------	--------------

Введение	Знакомство, компетенция ЭБАС. Профессии, связанные с эксплуатацией БАС	На этапе рекомендовано ориентироваться на презентацию: Презентация
Постановка задания	Введение в программирование квадрокоптера	Важно рассказать про системы и способы навигации, системы координат, ArUco маркеры, работу с командной строкой Raspberry и ssh клиентом
Выполнение задания	Написание кода	Написание простой программы на Python для полёта по траектории “квадрат” со светодиодной лентой. Пример кода доступен по ссылке: Пример кода
Выполнение задания	Отладка кода в полете (запуск кода на удаленной площадке / в симуляторе gazebo, участники получают видео полета)	Зависит от возможности площадки. Пример: участники скидывают код, организаторы запускают код и записывают процесс полета квадрокоптера на видео или организуют прямую трансляцию
Контроль оценка	Разбор результатов выполнения задания	Разбор ошибок

Глоссарий

БПЛА-Беспилотный летательный аппарат. Примеры: квадрокоптер, гексакоптер, самолет, летающее крыло, конвертоплан (VTOL), вертолет.

Квадрокоптер-Беспилотный летательный аппарат с 4-мя винтами и электронной системой стабилизации.

Мультикоптер-Беспилотный летательный аппарат с электронной системой стабилизации и числом винтов, равным 3 (трикоптер), 4 (квадрокоптер), 6 (гексакоптер), 8 (октокоптер) или более.

Полетный контроллер / автопилот:

1. Специализированная плата, спроектированная для управления мультикоптером, самолетом или другим аппаратом. Примеры: Pixhawk, ArduPilot, Naze32, CC3D.

2. Программное обеспечение для платы управления мультикоптером. Примеры: PX4, APM, CleanFlight, BetaFlight.

Прошивка- Программное обеспечение, управляющее работой какого-либо устройства, например, полетного контроллера или регулятора мотора (ESC).

Мотор-Электродвигатель, который вращает винты мультикоптера. Обычно используются бесколлекторные электродвигатели. Такие двигатели подключаются к ESC.

ESC / регулятор двигателя / - Electronic Speed Controller. Специализированная плата, которая управляет скоростью вращения бесколлекторного электродвигателя. Управляется полетным контроллером при помощи широтно-импульсной модуляции (ШИМ). ESC имеет прошивку, которая определяет особенности его работы.

АКБ / аккумулятор / батарея -Перезаряжаемый источник тока для БПЛА. В квадрокоптерах обычно применяются Li-ро (литий-полимерные) аккумуляторы.

Ячейка / "банка" АКБ - Составная часть АКБ, непосредственный источник тока. Обычно АКБ для БПЛА состоят из нескольких (2–6) ячеек, соединенных последовательно. Максимальное напряжение одной Li-ро ячейки – 4.2 В; общее напряжение АКБ равно суммарному напряжению ячеек. Количество ячеек обозначается буквой S, например: 2S, 3S, 4S.В Клевере обычно применяются аккумуляторы 3S.

Пульт / аппаратура радиоуправления / - Пульт для управления квадрокоптером, работающий по радиоканалу. Для работы пульта к полетному контроллеру необходимо подключить ресивер.

Телеметрия:

1. Передача данных о состоянии квадрокоптера или другого аппарата на расстояние.

2. Совокупность данных о состоянии аппарата, так таковая (высота, ориентация, глобальные координаты и т. д.).

3. Система для передачи данных о состоянии аппарата или команд для него по воздуху. Примеры: радиомодемы (RFD900, 3DR Radio Modem), Wi-Fi модули (ESP-07). Raspberry Pi на Клевере также может быть использован в качестве модуля для телемерии: [использование QGroundControl через Wi-Fi](#).

Арминг -Armed – состояние коптера готовности к полету. При поднятии стика газа либо при послышке внешней команды с целевой точкой – коптер полетит. Обычно коптер начинает вращать винтами при переходе в состояние "armed" даже если стик газа находится внизу. Противоположным состоянием является Disarmed.

PX4 -Популярный полетный контроллер с открытым исходным кодом, работающий на платах Pixhawk, Pixracer и других. PX4 рекомендуется для использования на Клевере.

Raspberry Pi - [Популярный одноплатный микрокомпьютер](#), использующийся в конструкторе Клевер.

Образ SD-карты - Полная копия содержимого SD-карты, представленная в виде файла. Такой файл можно загрузить на SD-карту, воспользовавшись специальной утилитой, например Etcher. SD-карта, вставленная в Raspberry Pi является единственным его долговременным хранилищем и полностью определяет, что он будет делать.

APM / ArduPilot -Полетный контроллер с открытым исходным кодом, изначально созданный для платы Arduino. Впоследствии был портирован на Pixhawk, Pixracer и другие платы.

MAVLink - Протокол для взаимодействия дронов, наземных станций и других аппаратов по радиоканалам. Обычно именно этот протокол используется для телеметрии.

ROS - Популярный фреймворк для написания сложных роботехнических приложений.

MAVROS - Библиотека-связующее звено между аппаратом, работающем по протоколу MAVLink, и ROS.

UART - Последовательный асинхронный интерфейс передачи данных, применяемый во многих устройствах. Например, GPS антенны, Wi-Fi роутеры или Pixhawk.

IMU - Inertial measurement unit. Комбинация датчиков (гироскоп, акселерометр, магнитометр), которая помогает БПЛА рассчитывать ориентацию и положение в пространстве.

Estimation - Процесс определения ПО полетного контроллера состояния квадрокоптера: положения в пространстве, скоростей, углов наклона и т. д. Для этого используется смешивание данных с установленных датчиков и различные алгоритмы фильтрации, например [фильтр Калмана](#). В прошивке PX4 есть два модуля для estimation'a: LPE и [ECL EKF](#) (EKF2). В прошивке APM эту функцию выполняет подсистема [EKF2](#).