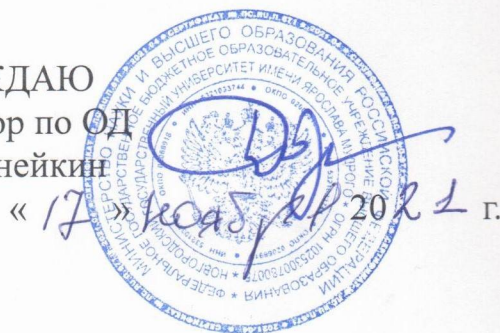


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Наименование института (структурного подразделения)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по ОД
Ю.В. Данейкин



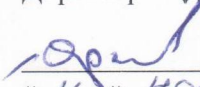
**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**

Летательная робототехника


Лицензия Серия 90Л01 №0009115 (Рег. № 2078) от 13.04.2016,
Выданная Рособранзором на срок - бессрочно

СОГЛАСОВАНО:

Директор ЦДОРК


В.А. Орлов
« 16 » ноябрь 2021 г.

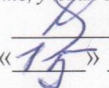
Начальник ОРК


А.В. Герасимов
« 16 » ноябрь 2021 г.

РАЗРАБОТАЛ:

преподаватель

(должность, ученая степень, ученое звание)


М.А. Савинова
« 15 » ноябрь 2021 г.

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

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:

Обучающие:

- 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;

Воспитательные:

- 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;

Развивающие:

- развитие творческой инициативы и самостоятельности.
- развивать инженерное мышление, навыки конструирования и пилотирования БПЛА;
- развивать мыслительные, творческие, коммуникативные способности;
- развивать интеллектуальные и практические умения, самостоятельно приобретать и применять на практике полученные знания.

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;

В результате обучающиеся будут

знать:

- технику безопасности и требования, предъявляемые к эксплуатации БПЛА;
- роль и место БПЛА в жизни современного общества, историю и перспективы их развития;
- основные понятия и технические термины БПЛА;
- основные компоненты и принципы работы БПЛА;

- конструктивные особенности различных БПЛА и их применения;
- способы настройки и подготовки коптера к полету;
- методику проверки работоспособности отдельных узлов и деталей, порядок поиска неисправностей в коптерах;

уметь:

- соблюдать технику безопасности и следовать требованиям, предъявляемым к эксплуатации БПЛА;
- подготавливать БПЛА к полету;
- владеть основными навыками управления коптером;
- уметь определять простейшие неисправности в работе коптера;
- самостоятельно настраивать пульт управления, калибровать полетные контроллеры, заряжать и заменять аккумуляторные батареи и вышедшие из строя пропеллеры.

владеть:

- -навыками пилотирования БПЛА;
- навыками программирования БПЛА.

Категория обучающихся

Возраст детей, участвующих в реализации данной программы: 12-16 лет

Форма обучения

Реализация Программы проводится очно, но возможна через дистанционное обучение с использованием видеоуроков и симулятора полетов. Основная форма работы теоретической части — лекционные занятия в группах 12 - 24 обучающихся.

Практические задания планируется выполнять в малых группах (6-12 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.

Режим занятий

Программа реализуется 2 раза в неделю по 2 часа. Программа включает в себя теоретические и практические занятия.)

В основе образовательного процесса лежит проектный подход.

Трудоемкость программы

| Виды учебной работы | Распределение трудоемкости по видам учебной работы в академических часах (АЧ) |
|------------------------|---|
| Лекционные занятия | 31 |
| Практические занятия | 93 |
| Самостоятельная работа | 14 |
| Аттестация | 6 |

Раздел 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план

| № п/п | Наименование разделов (модулей) и тем | Аудиторные учебные занятия, учебные работы | | | Внеаудиторная работа | Формы контроля | Трудоемкость |
|------------|--|--|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------------|
| | | Всего ауд. часов (ак. час) | Теоретические занятия | Практические занятия | Самостоят. работа | | |
| 1 | Раздел 1. Основные конструктивные элементы БАС | 22 | 10 | 10 | 2 | | |
| 1.1 | Теоретические основы беспилотных авиационных систем: | 5 | 2 | 2 | 1 | Текущий контроль. Тест | |
| 1.2 | Конструирование БПЛА | 5 | 2 | 2 | 1 | Текущий контроль. Тест | |
| 1.3 | Техника безопасности при сборке и настройке коптеров, при проведении предполетной подготовке | 4 | 4 | | | Текущий контроль. Тест | |
| 1.4 | Сборка и настройка коптера | 8 | 2 | 6 | | Практическое задание | |
| 2 | Основы радиотехники, схемотехники и макетирования электронных схем | 22 | 6 | 14 | 2 | Текущий контроль | |
| 2.1 | Аналоговые и цифровые сигналы. Принципы работы измерительным оборудованием. | 6 | 2 | 4 | 1 | Текущий контроль | |
| 2.2 | Основы микроэлектроники и программирования микроконтроллеров. | 4 | 2 | 2 | 1 | Текущий контроль | |
| 2.3 | Передача телеметрии и управляющих команд | 10 | 2 | 8 | | Практическое задание | |
| 3 | Основы пилотирования | 32 | 2 | 30 | | | |
| 3.1 | Пилотирование в визуальном режиме | 10 | | 10 | | Практическое задание | |
| 3.2 | Захват и перенос груза | 10 | | 10 | | Практическое задание | |

| | | | | | | | |
|-----|---|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------|--|
| 3.3 | FPV пилотирование | 12 | 2 | 10 | | Практическое задание | |
| 4 | Автономное пилотирование | 62 | 13 | 39 | 10 | | |
| 4.1 | Настройка параметров коптера. Запись образа ОС. Работа с командной строкой Raspberry и ssh клиентом. | 10 | 4 | 4 | 2 | Практическое задание | |
| 4.2 | Способы навигации. Системы координат. ArUco метки. Язык программирования Python. | 4 | 2 | | 2 | Практическое задание | |
| 4.3 | Задание карты меток. Написание простейших программ на Python. Автономный взлет и посадка. | 14 | 4 | 8 | 2 | Практическое задание | |
| 4.4 | Навигация по полю меток. В симуляторе GAZEBO | 6 | 1 | 5 | 2 | Практическое задание | |
| 4.5 | Перемещение в заданные координаты. Пролет по заданной траектории с выводом текущих координат. В симуляторе GAZEBO | 10 | 2 | 6 | 2 | Практическое задание | |
| 4.6 | Выполнение и сдача итогового задания по автономному полету. В симуляторе GAZEBO | 2 | - | 2 | | Практическое задание | |
| 4.7 | Навигация по полю меток. На дроне типа Клевер-4WS. Перемещение в заданные координаты. | 6 | - | 6 | | Практическое задание | |
| 4.8 | Пролет по заданной траектории. На дроне типа Клевер- 4WS | 6 | | 6 | | Практическое задание | |
| 4.9 | Выполнение и сдача итогового задания по автономному полету. На дроне типа Клевер - 4WS | 2 | - | 2 | | Практическое задание | |
| 5 | Итоговое задание | 6 | | 6 | | Практическое задание | |

2.2. Учебная программа

| № п/п | Виды учебных занятий, учебных работ, объем в часах | Содержание |
|--|--|---|
| Раздел 1. Основные конструктивные элементы БАС | | |
| Теоретические основы беспилотных авиационных систем: | Творческая мастерская /4 | Теория. Организация занятий и основные требования. Вводный инструктаж по охране труда, технике безопасности и правилам поведения на занятиях. Определение БПЛА. Историческая справка. Беспилотные аппараты в России и в мире. Перспективы развития БПЛА. Практика. Выполнение теста по изученному материалу Самостоятельная работа История развития БПЛА |
| | Самостоятельная работа 1 | |
| Конструирование БПЛА | Творческая мастерская /4 | Теория. Особенности конструкций БПЛА Классификация БПЛА по взлетной массе и дальности действия: микро и мини-БПЛА легкие малого радиуса действия, легкие среднего радиуса действия, средние, среднетяжелые, тяжелые среднего радиуса действия, тяжелые большой продолжительности полета, беспилотные боевые самолеты. Классификация БПЛА по принципу полета: самолетного типа с гибким крылом, вертолетного типа с машущим крылом, аэростатического типа. Практика. Выполнение теста по изученному материалу Самостоятельная работа Типы БПЛА |
| | Самостоятельная работа 1 | |
| Техника безопасности при сборке и настройке коптеров, при проведении предполетной подготовке | Творческая мастерская /4 | Теория. Организация занятий и основные требования. Вводный инструктаж по охране труда, технике безопасности и правилам поведения на занятиях. |
| Сборка и настройка коптера | Творческая мастерская /8 | Теория. Автопилот. Функции автопилота: оценка положения и параметров движения БПЛА в пространстве; управление исполнительными механизмами и двигательной установкой; информационный обмен с пунктом управления. Инерциальные датчики измеряют угловые скорости аппарата и линейные |

| | | | |
|---|--|--|----------|
| | | <p>ускорения. Система навигации определяет координаты БПЛА. Стандартная навигационная система – приемник Глобальной навигационной спутниковой системы (далее – ГНСС) GPS и ГЛОНАСС.</p> <p>Практика. Демонстрация работы БПЛА. Выполнение теста по темам раздела «Знакомство с БПЛА».</p> | |
| Основы радиоэлектроники, схемотехники и макетирования электронных схем | | | 2 |
| Аналоговые и цифровые сигналы. Принципы работы с измерительным оборудованием. | <p>Творческая мастерская /6</p> <p>Самостоятельная работа/ 1</p> | <p>Литий-полимерный аккумулятор 7.4В 1300мАч 9,62Втч. Техника безопасности при обращении с аккумулятором. Зарядное устройство. Зарядка и разрядка аккумуляторных батарей (далее АКБ). Звуковые и световые сигналы уровня зарядки аккумулятора. Балансировка и хранение аккумуляторов.</p> <p>Практика. Зарядка аккумулятора квадрокоптера квадрокоптер. Сборка рамы и основания, стоек, дуг и перемычек защиты коптера. Сборка и закрепление отсека АКБ. Установка аккумулятора на раме</p> <p>Самостоятельная работа Виды АКБ</p> | |
| Основы микроэлектроники и программирования микроконтроллеров. | <p>Творческая мастерская /4</p> <p>Самостоятельная работа/1</p> | <p>Бесколлекторный двигатель. Мотор правого вращения. Мотор левого вращения. Демпферы. Техника безопасности при обращении с бесколлекторным двигателем.</p> <p>Практика. Установка моторов на основании рамы, закрепление их винтами. Установка и закрепление на основании рамы со стороны моторов демпферов.</p> <p>Практика. Настройка связи пульта управления с приемником</p> <p>Самостоятельная работа Виды двигателей</p> | |
| Передача телеметрии и управляющих команд | <p>Творческая мастерская /10</p> | <p>Теория. Приемник. Пульт. Устройство пульта. Два джойстика пульта Левый джойстик – управление коптером вверх, вниз, влево, вправо. Правый джойстик обеспечивает наклоны (тангаж) и крен коптера. Техника безопасности при обращении с приемником, пультом управления.</p> <p>Практика. Установка приемника на ножку шасси квадрокоптера</p> <p>Практика. Установка на раме и подключение платы. Подключение аккумулятора к базовой плате. Включение.</p> | |

| | | |
|---|---------------------------|--|
| | | Практика. Настройка связи пульта управления с приемником |
| Раздел 3 Основы пилотирования | | |
| Пилотирование в визуальном режиме | Творческая мастерская /10 | Практика. Ручное визуальное пилотирование. Создание контролируемой полетной зоны, обеспечивающей точное и безопасное управление квадрокоптером. Практика. Управление квадрокоптером в полетной зоне |
| Захват и перенос груза | Творческая мастерская /10 | Практика Установка механического захвата. Захват и перенос груза. Практика Установка магнитного захвата. Захват и перенос груза |
| FPV пилотирование | Творческая мастерская /12 | Практика Симулятор FPV. Запуск и настройка симулятора. Интерфейс программы. Основы работы в программе. Карта пилотирования. Анализ полетов, ошибок пилотирования. Практика. Отработка навыков управления квадрокоптером в симуляторе FPV Практика. Отработка навыков управления квадрокоптером FPV в полетной зоне. |
| Раздел 4 Автономное пилотирование | | |
| Настройка параметров копитера. Запись образа ОС. Работа с командной строкой Raspberry и ssh клиентом. | Творческая мастерская /8 | Теория. Автономное выполнение квадрокоптером прописанных задач. Интерфейс программной среды. Полетные сценарии. Программирование подключаемых модулей. Практика. Формирование полетного задания Самостоятельная работа Программирование Светодиодной ленты |
| | Самостоятельная работа/2 | |
| Способы навигации. Системы координат. ArUco метки. Язык программирования Python. | Творческая мастерская /2 | Теория Основные способы навигации. Системы координат. ArUco метки. Язык программирования Python. Самостоятельная работа Программирование полета по заданной траектории |
| | Самостоятельная работа/2 | |
| Задание карты меток. Написание простейших программ на Python. Автономный взлет и посадка | Творческая мастерская /12 | Теория Задание карты меток. Написание простейших программ на Python. Автономный взлет и посадка Самостоятельная работа Программирование полета по заданной траектории |
| | Самостоятельная работа/2 | |

| | | |
|---|--------------------------|---|
| Навигация по полю меток. В симуляторе GAZEBO | Творческая мастерская /6 | <i>Теория.</i> Установка Программного обеспечения. Интерфейс программной среды. <i>Теория</i> Навигация по полю меток. В симуляторе GAZEBO <i>Практика.</i> Формирование полетного задания «Взлет. Полет по траектории (варианты траекторий). Разворот. Изменение высоты. Посадка». Загрузка в память квадрокоптера. Выполнение программы. Анализ ошибок. |
| | Самостоятельная работа/2 | <i>Практика.</i> Первые программы. Формирование полетного задания одного дрона. «Взлет. Полет в точку. Мигание светодиодов <i>Самостоятельная работа.</i> Установка Программного обеспечения. |
| Выполнение и сдача итогового задания по автономному полету. В симуляторе GAZEBO | Творческая мастерская /2 | <i>Практика.</i> Выполнение в симуляторе GAZEBO проверочного задания по автономному полету |
| Навигация по полю меток. На дроне типа Клевер-4WS. Перемещение в заданные координаты | Творческая мастерская /6 | <i>Практика.</i> Формирование полетного задания одного дрона в полетной зоне. Взлет. Полет в точку. Мигание светодиодов |
| Пролет по заданной траектории. На дроне типа Клевер- 4WS | Творческая мастерская /6 | <i>Практика.</i> Формирование полетного задания одного дрона в полетной зоне. Полет по траектории. Мигание светодиодов. |
| Выполнение и сдача итогового задания по автономному полету. На дроне типа Клевер -4WS | Творческая мастерская /2 | <i>Практика.</i> Выполнение в полетной зоне проверочного задания по автономному полету |
| Итоговое занятие | 6 | <i>Практика.</i> Зачетное занятие по стандартам Junior WorldSkills |

Раздел 3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

3.1. Литература

Таблица Обеспечение учебными изданиями

| | Библиографическое описание издания | Вид занятия | Количество экземпляров в библиотеке |
|---|--|-------------|-------------------------------------|
| 1 | Проектирование и разработка информационных систем Учебник/ Перлова О. Н. , Ляпина О. П. , Гусева А. В.- 2-е изд. стер. 2018.256 с Изд. | ПЗ, СРС | 1 |

| | | | |
|---|---|---------|---|
| 3 | 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. | ПЗ, СРС | 1 |
| 4 | Основы алгоритмизации и программирования на Python: Учебное пособие/ Гуриков С.Р.- М.:«ФОРУМ»:ИНФРА М,2019.-343 с. | ПЗ, СРС | 1 |
| 5 | Проектирование цифровых устройств: Учебник/ Кистрин А. В., Костров Б. В., Никифоров М. Б., Устюков Д.И. - М.:«ФОРУМ»:ИНФРА М,2019.-352с | ПЗ, СРС | 1 |

Таблица Обеспечение учебно-методическими изданиями

| | Библиографическое описание издания | Вид занятия | Количество экземпляров в библиотеке | Примечания |
|---|---|-------------|-------------------------------------|------------|
| 1 | Инженерная графика: Рабочая тетрадь: Часть 1 Рабочая тетрадь к учебнику/Исаев И.А.-«ФОРУМ»:ИНФРА М,2019.-83 с. | ПЗ, СРС | 1 | э/вид |
| 2 | Инженерная графика: Рабочая тетрадь: Часть 2 Рабочая тетрадь к учебнику/Исаев И.А.- «ФОРУМ»:ИНФРА М,2019.-58 с. | ПЗ, СРС | 1 | э/вид |

Таблица 3. Информационное обеспечение учебного модуля

| Название программного продукта, интернет-ресурса | Электронный адрес | Примечание |
|---|---|------------|
| Учебный курс «Клевер 4WS» | https://clever.copterexpress.com/ru/index.html | |
| Учебный курс: Строим роботов и другие устройства на Arduino | https://www.coursera.org/learn/roboty-arduino | |
| 3Д редактор - Blender | https://www.blender.org | |
| Microsoft Visual Studio 2017 Community | https://www.visualstudio.com | |

3.2. Материально-технические условия реализации программы

Занятия проходят на базе Мастерской «Эксплуатация беспилотных авиационных систем» и в Творческой мастерской ДНК

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.

Техническое обеспечение

1. Ноутбук: IntelCorei7
2. Учебный набор квадрокоптера Клевер 3 и (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 «СОЕХ -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

Педагогические условия:

Савинова Марина Александровна – преподаватель высшей категории Политехнического колледжа ФБГОУ ВО Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, эксперт WS по компетенции «Эксплуатация беспилотных авиационных систем»

Особенности освоения программы инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением «Об организации сопровождения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» от 30.03.2021 г.

Раздел 4. 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.

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

5. СОСТАВИТЕЛИ ПРОГРАММЫ

Савинова Марина Александровна – преподаватель высшей категории Политехнического колледжа ФБГОУ ВО Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, эксперт WS по компетенции «Эксплуатация беспилотных авиационных систем»

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

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 задания Участники проходят технику безопасности.
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

| 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 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 прохождения полетной трассы |
| Рефлексия полученного опыта | Разбор ошибок | |

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.

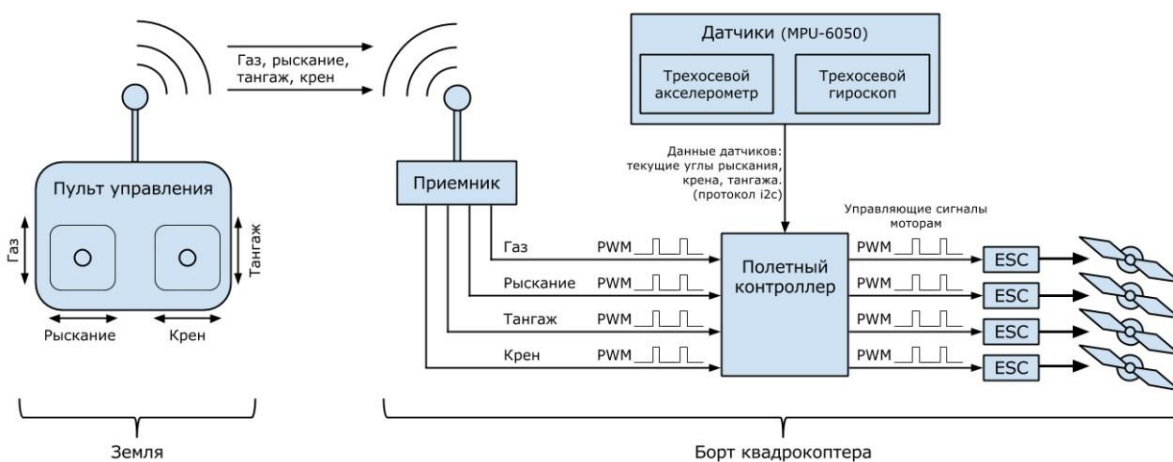


Рисунок 2. Схема работы квадрокоптера



Рисунок 3. Схема работы пульта

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

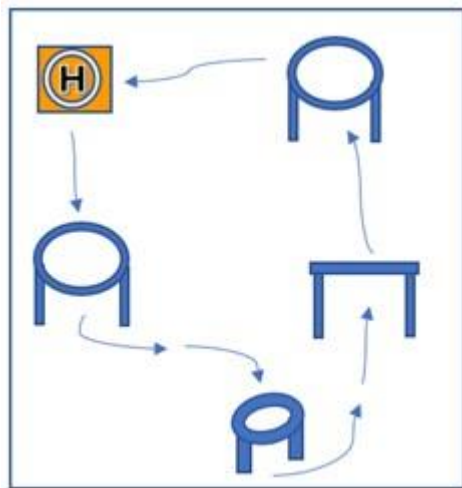


Газ квадрокоптера — среднее арифметическое между скоростями вращения всех моторов. Чем больше газ, тем больше суммарная тяга моторов, тем сильнее они тащат квадрокоптер *вверх*. Обычно измеряется в процентах: 0% — моторы остановлены, 100% — вращаются с максимальной скоростью. **Газ висения** —

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 приступить 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 защищенной кубе (полетной зоне) по заданной трассе. Дрон должен взлететь, пролететь через 4 препятствия по трассе и вернуться на посадочную зону. Пример трассы смотрите в Приложение №В

Перед прохождением трассы важно провести предполетную подготовку. Обратите 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

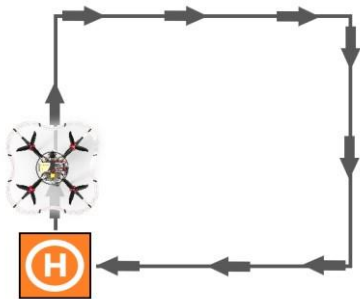
Приложение №С

| 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 познакомиться 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 полетном контроллере 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 телеметрии: [использование QGroundControl через Wi-Fi](#).

Арминг -Armed – состояние коптера готовности к полету. При поднятии стика газа либо при посылке 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](#).