Раздел 1. Комплекс основных характеристик образования

* 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В последние годы значительно возросла популярность малых беспилотных летательных аппаратов (далее - БПЛА) с дистанционным управлением, в частности мультикоптеров. И если раньше БПЛА воспринимались большинством людей лишь как высокотехнологичные игрушки, то сейчас ситуация изменилась. Многие из этих аппаратов используются для выполнения серьезных задач: фото- и видеосъемки, наблюдения и мониторинга различных объектов, процессов и явлений, в том числе наблюдение за труднодоступными объектами, аэрофотосъемки, доставки небольших грузов и др. Интенсивное внедрение мультикоптеров в нашу повседневную жизнь требует, чтобы пользователи обладали знаниями в области управления, программирования, создания и обслуживания беспилотных летательных аппаратов, что будет способствовать быстрому развитию отрасли.

Изучение БПЛА позволит обучающимся ознакомиться с современными технологиями, разовьет их коммуникативные способности, навыки взаимодействия, самостоятельность при принятии решений, раскроет их творческий потенциал.

Дополнительная общеразвивающая программа «Управление беспилотными летательными аппаратами» (далее - Программа) технической направленности базового уровня направлена на ознакомление обучающихся с физическими основами и современными возможностями беспилотных летательных аппаратов. Программа ориентирована на обучающихся, желающих изучить сферу применения беспилотных летательных аппаратов и получить практические навыки в пилотировании и настройке беспилотных летательных аппаратов.

**Актуальность Программы** обусловлена тем, что полученные знания становятся теоретической и практической основой участия обучающихся в техническом творчестве, в выборе ими будущей профессии, в определении дальнейшего жизненного пути.

**Новизна** Программы заключается в том, что она интегрирует в себе достижения современных инновационных направлений в малой беспилотной авиации.

**Педагогическая целесообразность** Программы заключается в том, что она позволяет сформировать у обучающихся целостную систему знаний, умений и навыков, которые позволят им понять основы устройства беспилотного летательного аппарата, принципы работы всех его систем, а также освоить управление БПЛА.

**Отличительная особенность Программы** состоит в том, что изучение БПЛА дает возможность в дальнейшем объединить конструирование и программирование в одном курсе, что способствует интегрированию преподавания технологии, информатики, математики, физики, черчения, естественных наук с развитием инженерного мышления через техническое творчество.

Программа разработана на основе программы «Конструирование беспилотных летательных аппаратов» (разработчик Ионников В.Ю., преподаватель математики ГБОУ Школа № 2048 г. Москвы, 2017 г.).

**Цель Программы** - приобщение обучающихся к научно-техническому творчеству посредством ознакомления их с принципами действия и основами управления беспилотными летательными аппаратами.

**Задачи Программы:**

*Обучающие:*

* формировать представления о конструкциях, механизмах, используемых в БПЛА, их назначении, перспективах развития;
* формировать знания в области моделирования и конструирования БПЛА;
* формировать знания основ теории полета, практических навыков дистанционного управления БПЛА;
* обучать навыкам пилотирования БПЛА;
* формировать умения и навыки визуального пилотирования беспилотного летательного аппарата.

*Развивающие:*

* развивать инженерное мышление, навыки конструирования и пилотирования БПЛА;
* развивать мыслительные, творческие, коммуникативные способности;
* развивать творческую инициативу и самостоятельность;
* развивать интеллектуальные и практические умения, самостоятельно приобретать и применять на практике полученные знания.

*Воспитательные:*

* воспитывать умение работать в команде, эффективно распределять обязанности;
* воспитывать творческое отношение к выполняемой работе;
* формировать потребность в творческой деятельности, стремление к самовыражению через техническое творчество.

**Категория обучающихся**

Обучение по программе ведется в разновозрастных группах, которые комплектуются из обучающихся 11-13 лет. Рекомендуемое количество обучающихся в группе - 15 человек.

**Сроки реализации**

Программа рассчитана на один год обучения. Общее количество часов в год составляет 76 часов.

Формы и режим занятий

Программа реализуется 1 раз в неделю по 2 часа. Программа включает в себя теоретические и практические занятия.

Реализация Программы возможна через дистанционное обучение с использованием видеоуроков и симулятора полетов.

* 1. **КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год обучения | Дата начала обучения | Дата окончания обучения | Количество учебных недель | Количество учебных часов | Режим занятий |
| 1 год обучения | 01.09.2022г. | 31.05.2023г. | 37 | 74 | 1 раз в неделю по 2 часа |
| 1 год обучения | 01.09.2022г. | 31.05.2023г. | 37 | 74 | 1 раз в неделю по 2 часа |

* 1. **КАЛЕНДАРНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**

**1 года обучения**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Дата** **по факту** | **№** | **Названия раздела/темы** | **Количество часов** | **Формы аттестации и контроля** |
| **по факту** | **Всего** | **Теория** | **Практика** |
| **Знакомство с БПЛА** | **6** | **3** | **3** |  |
|  | 1 | Вводное занятие. | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 2 | Беспилотный летательный аппарат: история и перспективы | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 3 | Классификация БПЛА | 2 | 1 | 1 | Текущий контроль.Тест |
| **Основные базовые элементы БПЛА и их назначение** | **8** | **4** | **4** |  |
|  | 4 | Сборка БПЛА | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 5 | Детали и узлы квадрокоптера. Аккумулятор | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 6 | Детали и узлы квадрокоптера. Бесколлекторные двигатели | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 7 | Детали и узлы квадрокоптера. Приемник. Пульт управления | 2 | 1 | 1 | Текущий контроль. Практическое задание |
| **Детали и узлы квадрокоптера. Базовая плата. Плата установки дополнительных модулей. Первое включение** | **10** | **4** | **6** |  |
|  | 8 | Настройка БПЛА | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 9 | Настройка пульта управления квадрокоптера | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 10 | Настройка связи пульта управления с приемником квадрокоптера автопилота | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 11 | Неисправности квадрокоптера  | 2 | 1 | 1 | Текущий контроль.Практическое задание |
|  | 12 | Неисправности квадрокоптера | 2 |  | 2 |
| **Пилотирование БПЛА** | **40** | **9** | **31** |  |
|  | 13 | Виртуальный симулятор | 2 | 1 | 1 | Промежуточная аттестация. Зачет |
|  | 14 | Виртуальный симулятор | 2 |  | 2 |  |
|  | 15 | Виртуальный симулятор | 2 |  | 2 |  |
|  | 16 | Виртуальный симулятор | 2 |  | 2 |  |
|  | 17 | Система навигации в помещении Геоскан Локус | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 18 | Первый взлет. Зависание на малой высоте | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 19 | Первый взлет. Зависание на малой высоте | 2 | 1 | 3 |  |
|  | 20 | Удержание заданной высоты и курса в ручном режиме | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 21 | Удержание заданной высоты и курса в ручном режиме | 2 |  | 2 |  |
|  | 22 | Полет на малой высоте по траектории | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 23 | Полет на малой высоте по траектории | 2 | 1 | 2 |  |
|  | 24 | Выполнение упражнений «вперед-назад», «влево- вправо» | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 25 | Выполнение упражнений «вперед-назад», «влево- вправо» | 2 |  | 2 |  |
|  | 26 | Выполнение упражнения «облёт по кругу» | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 27 | Выполнение упражнения «облёт по кругу» | 2 |  | 2 |  |
|  | 28 | Выполнение упражнений «челнок», «восьмерка», «коробочка», «змейка» | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 29 | Выполнение упражнений «челнок», «восьмерка», «коробочка», «змейка» | 2 |  | 2 |  |
|  | 30 | Выполнение упражнений «челнок», «восьмерка», «коробочка», «змейка» | 2 |  | 2 |  |
|  | 31 | Ручное пилотирование квадрокоптера в полетной зоне | 2 | 1 | 1 | Текущий контроль. Зачет |
|  | 32 | Ручное пилотирование квадрокоптера в полетной зоне | 2 |  | 2 |  |
| Пилотирование профессионального квадрокоптера | **4** | **1** | **3** |  |
|  | 33 | Основы работы квадрокоптера DJI Mavic Air 2 | 2 | 1 | 1 |  |
|  | 34 | Основы работы квадрокоптера DJI Mavic Air 2 | 2 |  | 2 |  |
|  | 35 | Выполнение упражнения «Полет по траектории» | 2 |  | 2 | Текущий контроль. Практическое задание |
|  | 36 | Выполнение упражнения «Полет по траектории» | 2 |  | 2 |
|  | 37 | Итоговое занятие | **2** |  | **2** | Итоговая аттестация Соревнования |
| **ИТОГО** | **76** | **21** | **55** |  |

* 1. **СОДЕРЖАНИЕ КАЛЕНДАРНОГО (ТЕМАТИЧЕСКОГО) ПЛАНА
	Раздел 1. Знакомство с БПЛА**

***Тема 1.1. Вводное занятие. Беспилотный летательный аппарат: история и перспективы***

***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. Основы российского законодательства упраления БПЛА. Перспективы развития БПЛА.

***Практика.*** Выполнение теста по изученному материалу.

***Тема 1.2. Классификация БПЛА***

***Теория****.* 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 назначению: военные и гражданские.

Классификация БПЛА по принципу полета: самолетного типа с гибким крылом, вертолетного типа с машущим крылом, аэростатического типа.

***Практика.*** Выполнение теста по изученному материалу.

***Тема 1.3. Основные базовые элементы БПЛА и их назначение***

***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 ускорения. Система навигации определяет координаты БПЛА. Стандартная навигационная система - приемник Глобальной навигационной спутниковой системы (далее - ГНСС) GPS и ГЛОНАСС. Аккумуляторные батареи. Двигательная установка приводит в движение БПЛА, преобразуя энергию источника в механическую. Двигательная установка делится на двигатель и системы, обеспечивающие его работу. Канал связи - для обмена информацией с пунктом управления. Дуплексный или полудуплексный, широкополосной или узкополосной радиоканалы.

***Практика.*** Демонстрация работы БПЛА. Выполнение теста по темам раздела «Знакомство с БПЛА».

**Раздел 2. Сборка БПЛА**

***Тема 2.1. Детали и узлы квадрокоптера. Аккумулятор***

***Теория****.* 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.

***Практика.*** Зарядка аккумулятора квадрокоптера. Сборка рамы и основания, стоек, дуг и перемычек защиты коптера. Сборка и закрепление отсека АКБ. Установка аккумулятора на раме.

***Тема 2.2. Детали и узлы квадрокоптера. Бесколлекторные двигатели***

***Теория****.* Бесколлекторный двигатель 1306 3100 KV. Мотор правого вращения. Мотор левого вращения. Демпферы. Техника безопасности при обращении с бесколлекторным двигателем.

***Практика.*** Установка моторов на основании рамы, закрепление их винтами. Установка и закрепление на основании рамы со стороны моторов демпферов.

***Тема 2.3. Детали и узлы квадрокоптера. Приемник. Пульт управления***

***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.

***Практика.*** Установка приемника на ножку шасси квадрокоптера.

***Тема 2.4. Детали и узлы квадрокоптера. Базовая плата. Плата установки дополнительных модулей. Первое включение***

***Теория****.* Базовая плата. Одноплатное решение, содержащее автопилот с датчиками, регуляторы моторов, радиосвязь, источники питания и необходимые разъемы, упрощает совмещение электроники с рамой и уменьшает количество проводов до минимума. Элементы платы: радиомодуль 868 МГц, RGB светодиоды WS2812B, регулятор оборотов мотора. Техника безопасности. Установка платы для дополнительных модулей. Установка пропеллеров. Первое включение.

***Практика.*** Установка на раме и подключение платы. Подключение аккумулятора к базовой плате. Включение. Самостоятельная работа «Проверка работ всех узлов квадрокоптера».

**Раздел 3. Настройка БПЛА**

***Тема 3.1. Настройка пульта управления квадрокоптера***

***Теория****.* Установка на компьютере программы Pioneer Station.

Скачать бесплатную версию на сайте Геоскан Пионер [https://www.geoscan.aero/ru/pioneer/.](https://www.geoscan.aero/ru/pioneer/) Обновление прошивки - установка последней актуальной версии. Настройка пульта. Настройка вкладки FUNCTION:REVERSE-Ch2 и Ch- Rev; AUX.CHANNELS - Channel 5 - CHTYPE - SWx - SwA - SwC; AUX.CHANNELS - Channel 6 - CHTYPE - SWx - SWD; AUX.CHANNELS - Channel 7 - CHTYPE - SWx - SwA - SWB. Во вкладке SUSTEM: OUTPUT MODE - Output - PPM; STICKS MODE - M2 (Mode 2).

***Практика.*** Установка программы. Настройка пульта управления.

***Тема 3.2. Настройка связи пульта управления с приемником***

***квадрокоптера***

***Теория****.* Настройка связи пульта с приемником - привязка. Меню настроек пульта/ вкладка SYSTEM/ пункт RxBind/ кнопка BIND. Нажатие кнопки с одновременным подключением аккумулятора.

***Практика.*** Настройка связи пульта управления с приемником.

***Тема 3.3. Настройка параметров автопилота квадрокоптера. Работа с логами автопилота***

***Теория****.* Подключить «Пионер» к компьютеру. Войти в программу Pioneer Station/ вкладка Настройка параметров автопилота/ Параметры. Текущие параметры отображаются в правой части окна. Параметры можно изменить и сохранить. Кнопки LPS, GPS, OPT - каждая из них загружает в квадрокоптер стандартный набор параметров полета. Работа с логами автопилота. Скачивание файла лога. Просмотр файла лога.

***Практика.*** Настройка связи пульта управления с приемником.

***Тема 3.4. Неисправности квадрокоптера***

***Теория***. Рассмотрение возможных неисправностей квадрокоптера и путей устранения неисправности. Настройка, подключение аппаратуры.

***Практика.*** Самостоятельная работа «Поиск и устранение неисправностей, замена элементов квадрокоптера. Настройка, подключение аппаратуры».

**Раздел 4. Пилотирование БПЛА**

***Тема 4.1. Виртуальный симулятор***

***Теория****.* Симулятор FPV Freerider. Скачать бесплатную версию на сайте Геоскан Пионер [https://www.geoscan.aero/ru/pioneer/.](https://www.geoscan.aero/ru/pioneer/) Подключение пульта FlySkYi6S к компьютеру проводом MicroUSB. Запустить симулятор. Интерфейс программы. Основы работы в программе. Карта пилотирования. Анализ полетов, ошибок пилотирования.

***Практика.*** Отработка навыков управления квадрокоптером в симуляторе FPV Freerider. Зачет.

***Тема 4.2. Система навигации в помещении Геоскан Локус***

***Теория***. Ручное визуальное пилотирование. Создание контролируемой полетной зоны, обеспечивающей точное и безопасное управление квадрокоптером.

***Практика.*** Установка полетной зоны. Установка на коптер бортового модуля навигации в помещении.

***Тема 4.3. Первый взлет. Зависание на малой высоте***

***Теория****.* Первый взлёт. Зависание на малой высоте. Привыкание к пульту управления. Посадка. Техническое обслуживание квадрокоптера. Анализ ошибок пилотирования.

***Практика.*** Управление квадрокоптером в полетной зоне.

***Тема 4.4. Удержание заданной высоты и курса в ручном режиме***

***Теория****.* Взлет. Зависание. Удержание заданной высоты и курса в ручном режиме. Посадка. Техническое обслуживание квадрокоптера. Анализ ошибок пилотирования.

***Практика.*** Управление квадрокоптером в полетной зоне.

***Тема 4.5. Полет на малой высоте по траектории***

***Теория***. Взлет. Полет на малой высоте по траектории. Посадка. Техническое обслуживание квадрокоптера. Анализ ошибок пилотирования.

***Практика.*** Управление квадрокоптером в полетной зоне.

***Тема 4.6. Выполнение упражнений*** *«****вперед-назад», «влево-вправо»***

***Теория****.* Взлет. Зависание. Выполнение упражнений «вперед-назад», «влево-вправо». Посадка. Анализ ошибок пилотирования.

***Практика.*** Управление квадрокоптером в полетной зоне.

***Тема 4.7. Выполнение упражнения*** *«****облёт по кругу»***

***Теория****.* Взлет. Полёт по кругу. Зависание боком к себе. Полет боком к себе «вперед-назад» и «влево-вправо». Полёт боком к себе «влево-вправо» по одной линии с разворотом. Посадка. Анализ ошибок пилотирования.

***Практика.*** Управление квадрокоптером в полетной зоне.

***Тема 4.8. Выполнение фигур «челнок», «восьмерка», «коробочка», «змейка»***

***Теория****.* Взлет. Выполнение фигур «челнок», «восьмерка», «коробочка», «змейка». Посадка. Анализ ошибок пилотирования.

***Практика.*** Управление квадрокоптером в полетной зоне.

***Тема 4.9. Ручное пилотирование квадрокоптера в полетной зоне***

***Практика.*** Зачет по ручному управлению квадрокоптером в полетной зоне.

**Раздел 5. Пилотирование профессионального квадрокоптера**

***Тема 5.1. Основы работы квадрокоптера DJI Mavic Air 2***

***Теория.*** Вводный инструктаж по технике безопасности и правилам перед началом полета. Знакомство с органами управления и элементами квадрокоптера. Автономное выполнение квадрокоптером задач. Интерфейс программной среды управления квадрокоптером. Полетные сценарии.

***Практика.*** Выполнение полетного задания «Взлет. Полет до точки и обратно. Приземление».

***Тема 5.2. Выполнение упражнения «Полет по траектории»***

***Практика.*** Самостоятельная работа. Выполнение полетного задания «Взлет. Полет по траектории. Разворот. Изменение высоты. Посадка». Анализ ошибок.

**Раздел 4. Итоговая аттестация.**

***Теория.*** Знакомство с итоговыми тестами. Анализ критериев оценки.

***Практика.*** Выполнение итоговых тестов по пройденному матералу.

* 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Планируемые результаты освоения Программы

По итогам освоения Программы 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;

**будут уметь:**

* соблюдать технику безопасности и следовать требованиям, предъявляемым к эксплуатации БПЛА;
* подготавливать БПЛА к полету;
* владеть основными навыками управления коптером;
* проводить «чистый» эксперимент, меняя отдельные параметры, и наблюдать или измерять результаты;
* уметь определять простейшие неисправности в работе коптера;
* самостоятельно настраивать пульт управления, калибровать полетные контроллеры, заряжать и заменять аккумуляторные батареи и вышедшие из строя пропеллеры.

**Раздел 2. Комплекс организационно-педагогических условий.**

**2.1. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ**

Программу реализует педагог дополнительного образования, имеющий необходимую квалификацию для решения задач, определённых дополнительной общеразвивающей программой, способный к творческой профессиональной деятельности и непрерывному профессиональному развитию.

2.2. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Служат для определения результативности освоения Программы обучающимися. Текущий контроль проводится по окончании изучения каждой темы - выполнение обучающимися практических заданий. Промежуточный контроль проходит в середине учебного года в форме зачета. Итоговый контроль проходит в конце учебного года - в форме соревнования.

***Формы проведения аттестации:***

* практическое задание;
* тестирование;
* зачет.

Механизм оценивания образовательных результатов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Оцениваемые параметры /Оценки** | **Низкий** | **Средний** | **Высокий** |
| ***Уровень теоретических знаний*** | Обучающийся знает изученный материал фрагментарно. Изложение материала сбивчивое, требующее корректировки наводящими вопросами | Обучающийся знает изученный материал, но для полного раскрытия темы требуются дополнительные вопросы | Обучающийся знает изученный материал. Может дать логически выдержанный ответ, демонстрирующий полное владение материалом |
| ***Уровень практических навыков и умений*** |
| Работа с БПЛА, техника безопасности | Требуется постоянный контроль педагога за выполнением | Требуется периодическое напоминание педагога о том, как | Четко и безопасно работает с оборудованием без напоминаний педагога |
|  | правил по технике безопасности | работать с оборудованием |  |
| Подготовка и настройка БПЛА к полету | Не может подготовить, настроить БПЛА без помощи педагога | Может подготовить и настроить БПЛА при подсказке педагога | Способен подготовить, настроить БПЛА без помощи педагога |
| Степень самостоятельности управления БПЛА | Требуются постоянные пояснения педагога при управлении | Нуждается в напоминании последовательности действий, после пояснений выполняет самостоятельную работу | Самостоятельно, без подсказки педагога, выполняет операции при управлении БПЛА |
| Качество выполнения работы | Навыки управления в целом получены, но управлениеБПЛА невозможно без участия педагога | Навыки управления в целом получены, управление БПЛА возможно без участия педагога | Навыки управления получены в полном объеме, участие педагога в управлении БПЛА не требуется |

ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Методика реализация Программы предполагает:

* ***увлекательность подачи*** и ***доступность восприятия*** обучающимися теоретического материала, находящегося в непосредственной связи с выполнением практического задания, способствует наиболее эффективному усвоению программы. Зачастую теоретические сведения носят опережающий характер по отношению к основным общеобразовательным дисциплинам, но последовательность и красочность изложения материала помогает хорошему его усвоению;
* ***комфортность творческой атмосферы*** на всех занятиях - необходимое условие для возникновения отношений сотрудничества между педагогом и обучающимся при решении общих задач и, в частности, выступлениях на соревнованиях;
* ***реализацию творческого потенциала, самореализацию*** обучающихся - для этого необходимо, чтобы с первых же занятий педагог формировал ощущение психологического комфорта.

Комбинированное занятие, состоящее из теоретической и практической частей, является основной формой проведения занятий при реализации данной Программы. При этом большее количество времени отводится практической части.

**2.4. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Биард Р.У., МакЛэйн Т.У. Малые беспилотные летательные аппараты.
* Москва: Техносфера, 2018.
1. Бухалев В.А., Скрынников А.А., Болдинов В.А. Алгоритмическая помехозащита беспилотных летательных аппаратов. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2018.
2. Василин Н.Я. Беспилотные летательные аппараты. - Минск: Попурри, 2003.
3. Гололобов В.Н., Ульянов В.И. Беспилотники для любознательных. - Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2018.
4. Догерти М.Дж. Дроны. Первый иллюстрированный путеводитель по БПЛА. - Москва: Гранд Мастер, 2017.
5. Килби Т., Килби Б. Собери и настрой свой квадрокоптер. /Пер. Яценков Я.С. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург,2016.
6. Погорелов В.И. Беспилотные летательные аппараты. Нагрузки и нагрев. Учебное пособие для СПО. - Москва: Юрайт, 2018.
7. Суомалайнен А. Беспилотники: автомобили, дроны и мультикоптеры.
* Москва: ДМК Пресс, 2018.
1. Фетисов В.С., Неугодникова Л.М., Адамовский В.В., Красноперов

Р.А. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние: [Электронный ресурс]. - Уфа, 2014. URL: -

[https://coollib.eom/b/322192/read](https://coollib.com/b/322192/read) .

1. Яценков В.С. Твой первый квадрокоптер: теория и практика. - Санкт- Петербург: БХВ-Петербург,2015.

Геоскан Пионер: Документация. Загрузки. Видео: [Электронный ресурс] //сайт GEOSCAN. URL:<https://www.geoscan.aero/ru/pioneer/>