

Муниципальное бюджетное учреждение
дополнительного образования «Станция юных техников» г. Саров



Принята на заседании
педагогического совета
Протокол № 02
от «14» июня 2024года



Утверждаю:
Директор
МБУ ДО «Станция юных техников»
А.А. Моисеев
от «17» июня 2024года

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа
технической направленности
«Беспилотные летательные аппараты»
(базовый уровень)

Возрастной состав: 12 - 16 лет
Срок реализации: 2 года

Автор – составитель:
Грачев Юрий Вячеславович,
педагог дополнительного образования

г. Саров
2024 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Развитие авиации и авиастроения, а также космических систем по-прежнему остаются в качестве приоритетных областей развития России и требуют новых квалифицированных кадров в стране. Авиация на наших глазах становится беспилотной. Беспилотники применяются в сельском хозяйстве, картографии, для нужд обороны. Настоящая программа участвует в мероприятии по созданию новых мест дополнительного образования детей в образовательных организациях Нижегородской области в рамках реализации федерального проекта «Успех каждого ребенка» национального проекта «Образование».

Актуальность программы

В настоящее время рынок БПЛА (беспилотных летательных аппаратов) – стал очень перспективной и быстроразвивающейся отраслью и продолжает активно развиваться. Очень скоро БПЛА станут неотъемлемой частью повседневной жизни: мы будем использовать БПЛА не только в СМИ и развлекательной сферах, но и в инфраструктуре, страховании, обеспечении безопасности. Благодаря росту возможностей и повышению доступности дронов, потенциал использования их в разных сферах экономики стремительно растёт. Это создало необходимость в новой профессии: оператор беспилотных авиационных систем.

Актуальность данной образовательной программы состоит в том, что она предполагает дополнительное образование детей в области конструирования, моделирования и беспилотной авиации. Занимаясь по данной программе, учащиеся получают знания и умения, которые позволят им понять основы устройства беспилотного летательного аппарата (далее - БПЛА), принципы работы всех его систем и их взаимодействия.

Сегодня растет потребность общества в специалистах, владеющих профессиональными навыками проектирования и конструирования, которые педагог стремится сформировать и развить у каждого обучающегося в процессе выполнения ими практических заданий. Программа позволяет создавать благоприятные условия для развития технических способностей школьников.

Настоящая программа соответствует общекультурному уровню освоения и предполагает удовлетворение познавательного интереса обучающегося, расширение его информированности в области беспилотных летательных аппаратов и систем, а также обогащение навыками общения и приобретение умений совместной деятельности в освоении программы.

Направленность программы.

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Беспилотные летательные аппараты» (далее – программа) имеет техническую направленность и разработана в соответствии с нормативными документами:

- Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. №

273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (в редакции Федерального закона от 31.07.2020 № 304-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» по вопросам воспитания обучающихся») (далее – 273-ФЗ);

- Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 27.07.2022 г. № 629 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;

- Концепция развития дополнительного образования детей, утвержденная Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2022 N 678-р «Об утверждении Концепции развития дополнительного образования детей до 2030г.;

- Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.09.2020 № 28 Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»;

- СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;

- Устав МБУ ДО «Станция юных техников».

Отличительные особенности программы

Развитие роботизированных комплексов в авиации, которые получили реализацию в виде беспилотных авиационных систем, - направление новое, ранее не отраженное в рамках дополнительного образования для детей. Отличительной особенностью данной программы можно считать комплексный подход к обучению: после ее освоения учащиеся получают теоретические и практические навыки в области проектирования, конструирования, программирования (принципы работы всех систем и их взаимодействия), а также эксплуатации (управлении) БПЛА. К основным отличительным особенностям настоящей программы можно отнести следующие пункты:

- кейсовая система обучения;
- проектная деятельность;
- среда для развития разных ролей в команде;
- направленность на развитие системного мышления.

Новизна программы

Данная программа интегрирует в себе достижения современных и инновационных направлений в малой беспилотной авиации.

Адресат программы

Дополнительная общеобразовательная программа ориентирована на работу с детьми 13 – 16 лет и рассчитана на 2 года обучения. Группа формируется в зависимости от начальных знаний и возраста детей. При изложении материала учитываются личностные и возрастные особенности

учащихся, один и тот же материал по-разному преподаётся, в зависимости от их возраста и субъективного опыта.

Цель программы:

- формирование у учащихся устойчивых теоретических и практических навыков в области проектирования, конструирования и эксплуатации беспилотных авиационных систем посредством кейсовой системы обучения и проектно-исследовательской деятельности учащихся.

Задачи

Обучающие задачи:

- сформировать у учащихся знания, умения и навыки в области аэродинамики, моделирования и конструирования БПЛА;
- обучить технологическим навыкам конструирования;
- дать учащимся знания и умения по использованию различных технических средств, средств массовой информации, справочной и другой специальной литературы в самостоятельной работе с беспилотной техникой;
- обучить основам радиоэлектроники и схемотехники, программирования микроконтроллеров.

Развивающие задачи:

- способствовать развитию навыков самостоятельной работы в учебно-познавательной деятельности;
- способствовать развитию навыков научно-исследовательской, инженерно-конструкторской и проектной деятельности;
- стимулировать познавательную активность обучающихся посредством включения их в различные виды проектной и конструкторской деятельности;
- способствовать развитию технического мышления и творческого подхода к работе

Воспитательные задачи:

- воспитывать информационную, техническую и исследовательскую культуру;
- формировать умение продуктивно работать в команде;
- приобщать к планированию работы по реализации замысла, предвидению результата и его достижению;
- способствовать воспитанию организационно-волевых качеств личности для успешной деятельности, такие как усидчивость, настойчивость, терпение, самоконтроль.

Объем и срок освоения программы

Срок реализации программы 2 года. Общее количество учебных часов 1 года обучения – 144 часа, 2 года обучения – 144 часа.

Формы обучения.

Основными формами организации образовательного процесса по программе являются:

индивидуальная форма обучения (самостоятельная работа обучающихся) при работе над проектами, выполнении творческих заданий, при отработке

навыков и умений на симуляторе, компьютерных программах, подготовка к конкурсам и соревнованиям);

групповая форма (при выполнении заданий разного уровня, для изучения теоретического материала, лекция-диалог с использованием метода «перевернутый класс» – когда учащимся предлагается к следующему занятию ознакомиться с материалами на определенную тему для обсуждения в формате диалога на предстоящем занятии, занятия по сложным темам, требующим многократного повторения и закрепления пройденного материала; а также при подготовке работ к конкурсам, проведении исследований, решении задач в формате «мозгового штурма», кейс-стади, мини-проектов);

фронтальная форма (предусматривает подачу учебного материала по темам всему коллективу, знакомство с приемами овладения техники и технологий, объяснение заданий).

В программе предусмотрено частичное применение электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в случае введения в учреждении карантина. Основные элементы системы электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, используемые в работе: цифровые образовательные ресурсы, электронная почта. Размещение обучающих материалов в форме мастер-класса, презентации или видеофильмов в сетевом сообществе ВКонтакте.

Форма реализации: групповая.

Режим, периодичность и продолжительность занятий

Периодичность занятий - 2 раза в неделю по 2 часа; 144 часа в год. Количество учащихся в группах: 7- 8 человек.

Планируемые результаты:

Учащиеся должны будут знать:

- основы микроэлектроники и программирования микроконтроллеров;
- основные приёмы конструирования летательных аппаратов;
- устройство и принцип работы системы глобального позиционирования для БПЛА;
- основные законы аэродинамики и понятие о технике пилотирования летательного аппарата;
- последовательность выполнения проекта (творческого задания);
- интерфейс ПО AgisoftPhotoscan.

Учащиеся должны будут уметь:

- осуществлять поиск необходимой информации для выполнения учебных заданий с использованием учебной литературы, энциклопедий, справочников (включая электронные, цифровые), в открытом информационном пространстве, в том числе контролируемом пространстве Интернета;
- самостоятельно выполнять практические полёты (визуальных и с FPV);
- самостоятельно решать технические задачи в процессе работы;
- выполнять проект (творческое задание) и защищать готовую проектную работу (презентация работы);

- подбирать материалы для конструирования БПЛА;
- создавать БПЛА;
- работать в команде;

Учащиеся должны приобрести навыки:

- навыки эксплуатации авиационного тренажера для решения различных практических задач;
- навыки проектной деятельности;
- создание работы (творческого задания) с использованием различных материалов, технологий, технических средств и инструментов;
- навыки анализа и критичной оценки получаемой информации;
- навыки успешного коллективного взаимодействия: работа в группе, личная ответственность в группе, выполнение определенной роли в командной работе.

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН (первый год обучения)

№ п/п	Наименование разделов	Количество часов			Формы контроля
		Всего	Теория	Практика	
1	Введение	4	2	2	беседа
2	Базовый инструмент	4	1	3	опрос, выполнение практического задания
3	Основы электричества	8	3	5	тестирование, выполнение практического задания
4	Винто-моторная группа	10	4	6	опрос, выполнение практического задания
5	Устройство и принципы работы мультикоптера	48	14	34	опрос, выполнение практического задания
6	FPV- оборудование	34	8	26	опрос, выполнение практического задания
7	Основы программирования микроконтроллеров	16	5	11	опрос, выполнение практического

					задания
8	3D-моделирование	12	4	8	опрос, выполнение практического задания
9	3D-печать	6	2	4	опрос, выполнение практического задания
10	Итоговое тестирование	2	0	2	тест
	Итого	144	43	101	

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ 1 ГОДА ОБУЧЕНИЯ

1. Введение

Теория:

Вводная лекция о содержании курса. История БПЛА. Россияне, повлиявшие на направление. Правовые основы. Техника безопасности.

Изучение статей Воздушного кодекса РФ, ответственности за нарушения. Принципы управления, виды и строение БПЛА, отличительные особенности коптера. Правила техники безопасности.

Практика: Полет на хобби-коптерах. Аэродинамика — наука о полете. Законы аэродинамики. Задания, демонстрирующие законы аэродинамики в действии.

2. Базовый инструмент

Теория:

Инструменты и приспособления, применяемые для сборки мультикоптеров. Инструктаж по ТБ при работе и использовании инструментов и приспособлений. Устройства и приборы, применяемые для сборки мультикоптеров. Инструктаж по ТБ при работе и использовании устройств и приборов. Проводники. Связующее звено узлов мультикоптера. Принципиальные отличия.

Практика:

Калибровка составных частей и сборка рамы мультикоптера. Работа с проводниками. Устройство для снятия изоляции проводника. Подготовка проводников для последующего монтажа на раму мультикоптера, проверка целостности.

3. Основы электричества

Теория:

Основные понятия электричества. Инструктаж по ТБ при работе с электричеством. Светодиод. Закон Ома. Работа с мультиметром.

Тактовая кнопка. Основы пайки. Основы для начинающих, технология, виды и материалы, тонкости.

Практика:

Светящийся диод. Распайка.

4.Винто-моторная группа.

Теория:

Отличительные особенности коллекторных и бесколлекторных электромоторов применимых к мультикоптерам.

Устройство и технические характеристики электромоторов устанавливаемых на мультикоптеры. Регуляторы оборотов электромоторов.

Распиновка и технические характеристики регуляторов оборотов.

Пропеллеры, применимые к мультикоптерам, основные отличия от пропеллеров самолетного типа.

Инструктаж по ТБ при работе с электромоторами и пропеллерами.

Особенности и технические характеристики пропеллеров применимых к мультикоптерам.

Практика:

Соединение проводниками пайкой, регуляторов оборотов с моторами.

Проверка работоспособности регуляторов и моторов.

Балансировка пропеллеров.

Правильное расположение пропеллеров на моторе.

Различия в тяге между разным диаметром пропеллеров.

Настройка в программе V1_Heli

5. Устройство и принципы работы мультикоптера

Теория:

Управление полётом мультикоптера. Принцип функционирования полётного контроллера и аппаратуры управления. Полетный симулятор.

Плата разводки питания. Связь «коптер - контроллер-передатчик-аппаратура управления». Рама мультикоптера. Оптимальная конструкция, лучшие материалы. Полетный контроллер. Виды, особенности, сборка.

Предназначение, виды и функционал. Настройка полетного контроллера и аппаратуры управления. Повторение принципа работы.

Инструктаж по ТБ полетов. Полеты на симуляторе. Инструктаж по ТБ.

Учебные полеты. Взлет и посадка. Принципы управления. Учебные полеты.

Удержание высоты. Принципы удержания высоты.

Учебные полеты. Движение в разных плоскостях. Основные приёмы управления мультикоптера. Разбор полетов. Основные ошибки. Разбор основных ошибок. Учебные полеты. Упражнения на маневрирование. Основы полетов.

Практика:

Полеты на симуляторе. Предназначение, применение и принцип работы.

Соединение с аккумулятором, проверка работы. Виды, материалы, сборка.

Сборка деревянной рамы с установкой моторов. Установка полетного контроллера на мультикоптер. Настройка полетного контроллера и аппаратуры. Полеты на симуляторе. Выполнение упражнений. Работа над ошибками. Учебные полеты. Прохождение трассы.

6. FPV- оборудование

Теория:

Оборудование для видеотрансляции. Различия и особенности аналоговой и цифровой видеотрансляции. Диапазон радиочастот, используемых при трансляции видеопотока. Порядок подключения оборудования. Настройка. Связь приемник-передатчик, качество передачи. Учебные полеты с использованием FPV. Принципы управления.

Практика:

Подключение видеопередатчика к FPV камере и проверка работоспособности. Настройка FPV. Учебные полеты.

7. Основы программирование микроконтроллеров

Теория:

Основы программирования. Платформа Arduino.
Основы программирования на Си-подобных языках. Arduino.
История, сообщество, предназначение.

Практика:

Выполнение тестовых заданий.

8. 3D-моделирование

Теория:

Виды 3D-моделирования. Методы 3D-моделирования. Инструменты 3D-моделирования. Программы, используемые для 3D-моделирования.

Практика:

3D-моделирование устройства для сброса груза с мультикоптера.

9. 3D-печать

Теория:

Разновидности принтеров для 3D-печати. Технологии 3D-печати. Особенности материалов, используемых для 3D-печати. Принципы работы 3D принтера. Меры безопасности: испарения, высокая температура, посторонние предметы. Загрузка/выгрузка материала. Программа слайсер.

Практика:

Подключение принтера, установка драйверов, установка необходимых программ, настройка и калибровка. Программа слайсер. Печать на 3D-принтере.

10. Итоговое тестирование

Подведение итогов работы за год.

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН (второй год обучения)

№ п/п	Наименование разделов	Количество часов			Формы контроля
		Всего	Теория	Практика	
1	Повторение и актуализация знаний	2	1,5	0,5	беседа
2	Устройство FPV	22	4	18	опрос, выполнение практического задания
3	Программирование мультироторных систем. Автономные полеты	28	4	24	викторина, выполнение практического задания
4	Предзащита итоговых проектов	6	2	4	выступление
5	Система глобального позиционирования GPS	30	4	26	опрос, выполнение практического задания
6	Ортофотосъемка	30	6	24	опрос, выполнение практического задания
7	Подготовка проектных работ и защита проектов. Участие в конкурсных мероприятиях	22	6	16	Выставка. Защита проектов
8	Проведение соревнований	4	0,5	3,5	
	Итого:	144	28	116	

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ 2 ГОДА ОБУЧЕНИЯ

1. Повторение и актуализация знаний

Теория:

Содержание курса.

Правила техники безопасности.

2. Устройство FPV

Теория:

Оборудование передачи видео и OSD. Полётное задание и теория FPV пилотирования.

Практика:

Подготовка и настройка видеооборудования. Контрольные упражнения.

Полёт по маршруту. Установка элементов дистанции и полет по дистанции.

Полёт по дистанции. Отработка практических заданий

3. Программирование мультироторных систем. Автономные полёты

Теория:

Основы микроэлектроники и программирования микроконтроллеров: устройство и принцип действия микроконтроллеров, характеристики используемых микроконтроллеров и их датчиков.

Автономный взлет/посадка, зависание в точке, перемещение по аруко меткам.

Практика:

«Введение в программирование микроконтроллеров»: основы программирования, написание простых программ. Установка и настройка микроконтроллера на БПЛА. Тестирование и отладка полета БПЛА с использование машинного зрения.

4. Предзащита итоговых проектов

Теория:

Жизненный цикл проекта, SWOT-анализ.

Практика:

Заполнение паспорта проекта. Подготовка проектной идеи. Выступление.

5. Система глобального позиционирования GPS

Теория:

Устройство и принцип работы системы глобального позиционирования для БПЛА. Виды систем GPS.

Недостатки современных систем и варианты замены GPS на другие системы позиционирования в пространстве.

Практика:

Установка, настройка и испытания (автономный полет по маршруту) системы глобального позиционирования. Полевые испытания БПЛА с GPS. Полет по заданному маршруту. Возвращение в точку взлета в экстренных ситуациях. Картография местности с помощью БПЛА.

6. Ортофотосъемка

Теория:

Профессиональная техника DJI, GeoScan. Развертывание, включение, настройка. Знакомство с ПО AgisoftPhotoscan.

Основные рабочие элементы. Принципы работы ПО на готовых примерах.

Практика:

Создание ортофотоплана и карты высот линейного объекта с помощью квадрокоптера.

7. Подготовка проектных работ и защита проектов. Участие в конкурсных мероприятиях

Разработка проекта. Практическая работа в группах над инженерным проектом по различной тематике. Подготовка и проведение презентации по проекту. Участие в конкурсных мероприятиях.

8. Проведение соревнований

Изучение правил проведения соревнований по дрон-рейсингу. Участие в показательных выступлениях на стационарных мероприятиях и городских спортивных праздниках. Участие в городских соревнованиях по дрон-рейсингу. Участие в областных соревнованиях по дрон-рейсингу для школьников.

КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

Календарный учебный график разработан в соответствии с нормативными документами:

- Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (в редакции Федерального закона от 31.07.2020 № 304-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» по вопросам воспитания обучающихся») (далее – 273-ФЗ);

- Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 27.07. 2022 г. № 629 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;

- Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.09.2020 № 28 Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»

Год обучения	Дата начала обучения по программе	Дата окончания обучения по программ	Всего учебных недель	Количество учебных дней	Количество учебных часов	Режим занятий в неделю	Промежуточная аттестация	Продолжительность каникул
--------------	-----------------------------------	-------------------------------------	----------------------	-------------------------	--------------------------	------------------------	--------------------------	---------------------------

1 год	02.09	22.05	36	72	144	2 раза по 2 часа	01.04- 15.05	01-08.01. 01.06 - 31.08
2 год	02.09	22.05	36	72	144	2 раза по 2 часа	01.04- 15.05	01-08.01. 01.06 - 31.08

ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ

Текущий контроль, промежуточная аттестация являются частью системы оценки достижения планируемых результатов освоения общеобразовательной общеразвивающей программы.

Промежуточная аттестация - это оценка уровня и качества освоения обучающимися дополнительных общеобразовательных общеразвивающих программ по итогам учебного года. Результаты промежуточной аттестации фиксируются в «Протоколе результатов промежуточной аттестации учащихся».

Методы диагностики обученности: анкетирование, тестирование, опрос, беседа, наблюдения.

Формы подведения итогов: выставка проектов, творческие задания, защита творческого проекта, соревнования.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Образовательная деятельность в системе дополнительного образования предполагает: обучение детей определённым знаниям, умениям и навыкам, развитие многообразных личностных качеств, обучающихся и достижениях в ходе своей деятельности. Поэтому о результатах необходимо судить по трём группам показателей:

- учебным (знания, умения, навыки, приобретённые учащимся в процессе освоения образовательной программы);
- личностным (изменения личностных качеств под влиянием занятий в объединении);
- предметные достижения (участие и призерство в российских, областных, городских, станционных, кружковых мероприятиях (выставки, конкурсы).

Все эти показатели включены в диагностическую карту.

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Программой предусмотрено проведение комбинированных занятий: занятия состоят из теоретической и практической частей.

Для организации образовательной деятельности используются:

методы обучения: словесный, наглядный, практический, частично-поисковый, проектный;

методы воспитания: поощрение и мотивация;

формы организации обучения: коллективная форма работы, групповая форма работы, парная форма работы;

формы организации учебного занятия: беседа, практическая работа, защита проекта, соревнования и отчёт-выставка;

педагогические технологии: личностно-ориентированные и деятельностные технологии, технология сотрудничества, теории решения изобретательских задач, развития критического мышления и проектное обучение.

УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Материально-техническое обеспечение программы.

Перечень оборудования,

необходимого для реализации ДООП, полученного в рамках реализации федерального проекта «Успех каждого ребенка» национального проекта «Образование».

№ п/п	Наименование	Количество, шт
1	Конструктор программируемого квадрокоптера с системой машинного зрения для изучения конструкции мультироторных беспилотных летательных аппаратов, их проектирования, сборки, обучения основам визуального пилотирования и основам программирования	8
2	Любительская мобильная воздушная система с возможностью визуального управления от первого лица	1
3	Учебная летающая робототехническая система с CV-камерой	1
4	Ноутбук	7
5	Мышь	7

Перечень оборудования (дополнительный)

№ п/п	Наименование	Количество, шт
1	Куб для полетов	1
2	Аккумуляторная батарея	15
3	Ремкомплект, совместимый с конструктором программируемого квадрокоптера	8
4	Паяльный набор (паяльник, припой, флюс, перчатки, очки)	8
5	Набор ручного инструмента (пассатижи, бокорезы, пинцет, канцелярский нож)	8
6	Набор инструмента для обработки деталей (тиски, надфили, канцелярский нож, металлическая линейка)	8

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список литературы для педагога

1. Реализация типовых маневров четырехвинтового вертолета [Электронный ресурс] / Ю.С.Белинская // Молодежный научно-технический вестник. – МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – № 4. – Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/551872.html>. (Дата обращения: 26.11.2023).
2. Гурьянов А. Е. Моделирование управления квадрокоптером [Электронный ресурс] / А. Е. Гурьянов // Инженерный вестник. – МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – № 8. – Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/723331.html>. (Дата обращения: 26.11.2023).
3. Ефимов. Е. Програмируем квадрокоптер на Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/227425/> (Дата обращения: 26.11.2023).
4. Основы аэродинамики и динамики полета [Электронный ресурс]. – Рига, 2010. – Режим доступа: http://www.reaa.ru/yabbfilesB/Attachments/Osnovy_ajerodnamiki_Riga.pdf. – (Дата обращения: 26.11.2023).
5. Канатников А.Н. Допустимые пространственные траектории беспилотного летательного аппарата в вертикальной плоскости [Электронный ресурс] / А.Н. Канатников, А.П. Крищенко, С.Б. Ткачев // Наука и образование. – МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – № 3. – Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/367724.html>. (Дата обращения: 26.11.2023).
6. Мартынов А.К. Экспериментальная аэродинамика [Текст] / А.К. Мартынов. – М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1950. – 479 с.
7. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы [Текст] / И.В. Мирошник. – СПб: Питер, 2005. – 337 с.

Список литературы для учащихся

1. FPV- мультикоптеры: обзор технологии и железа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.thg.ru/consumer/obzor_fpv_multicopterov/print.html. (Дата обращения: 26.11.2023).
2. Alderete T.S. Simulator Aero Model Implementation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aviationsystemsdivision.arc.nasa.gov/publications/hitl/rtsim/Toms.pdf>. (Дата обращения: 26.11.2023).
3. Bouadi H. Nonlinear Observer Design and Sliding Mode Control of Four Rotors Helicopter [Текст] / H. Bouadi, M. Tadjine. – World Academy of Science, Engineering and Technology, 2007. – Vol. 25. – P. 225-229.
4. Madani T. Backstepping control for a quadrotor helicopter. IEEE [Текст] / T. Madani, A. Benallegue //RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. – 2006. – P. 3255-3260.

5. Dikmen I.C. Attitude control of a quadrotor [Текст] / I.C. Dikmen, A. Arisoy, H. Temeltas // 4-th International Conference on Recent Advances in Space Technologies. – 2009. – P. 722-727.
6. Luukkonen T. Modelling and Control of Quadcopter [Электронный ресурс] / T. Luukkonen // School of Science, Espoo, 2011. – P. 26. – Режим доступа: http://sal.aalto.fi/publications/pdf-files/eluu11_public.pdf. (Дата обращения: 26.11.2023).
7. Murray R.M. A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation [Текст] / R.M. Murray, Z. Li, S.S. Sastry. – SRC Press, 1994. – 474 p.
8. Zhao W. Quadcopter formation flight control combining MPC and robust feedback linearization [Текст] / W. Zhao, T. Go Hiong // Journal of the Franklin Institute, 2014. – Vol. 351. – P. 1335-1355.

Список электронных ресурсов для учащихся

1. Лекции от «Коптер-экспресс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/GtwG5ajQJvA?t=1344>. (Дата обращения: 26.11.2023).
2. Лекции от «Коптер-экспресс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=FF6z-bCo3T0>. (Дата обращения: 26.11.2023).
3. КИТЫ квадрокоптеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alexgyver.ru/quadcopters/>. (Дата обращения: 26.11.2023).

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП

Сертификат 345197355402255976370865811722506627397297559381

Владелец Моисеев Алексей Александрович

Действителен с 29.11.2023 по 28.11.2024