

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ
ЦЕНТР ДЕТСКО-ЮНОШЕСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

Утверждаю
Директор И.А. Дудко
И.А. Дудко
«27» апреля 2020 г.



Согласовано:
Методический совет
от «27» апреля 2020 г.
Протокол № 24/а-57

Техническая направленность

**Дополнительная общеобразовательная
общеразвивающая программа**

«ВОЗДУШНАЯ РОБОТОТЕХНИКА»

Возраст обучающихся: 12-18 лет

Срок реализации: 2 года

Автор-составитель:

Летков Дмитрий Владимирович,
педагог дополнительного
образования

г. Ярославль
2020 год

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	3
1.1. Цель и задачи	4
1.2. Ожидаемые результаты	5
1.3. Особенности организации образовательного процесса	6
2. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН 1-ГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ.....	8
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ 1-ГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ	11
4. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН И СОДЕРЖАНИЕ 2-ГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ	14
5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ	15
5.1. Методическое и обеспечение программы	15
5.2. Материально-техническое обеспечение программы	17
6. МОНИТОРИНГ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ	19
7. СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	23
7.1. Нормативно-правовые документы	23
7.2. Информационные источники для педагогов	23
7.3. Информационные источники для учащихся и родителей	25

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа разработана в соответствии с Федеральным законом от 29.12.12 г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»; приказом Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 09 ноября 2018 г. № 196 г. Москва «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»; Концепцией развития дополнительного образования детей в Российской Федерации, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 4.09.2014 г. № 1726-р; санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами 2.4.4.3172-14 «Требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ от 04.07.2014 г. № 41); Государственной программой РФ «Развитие образования на 2013-2020 годы, утвержденной постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 295; Стратегией инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденным распоряжением Правительства РФ от 08.12.2011 года № 2227-р; Федеральной целевой программой развития образования на 2016-2020 годы, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 23.05.2015 года № 497; Уставом ГОАУ ДО ЯО Центра детско-юношеского технического творчества.

В настоящее время рынок БПЛА (беспилотных летательных аппаратов) – стал очень перспективной и быстроразвивающейся отраслью, к 2015 году рынок БПЛА уже оценивался в 127 млрд долларов США¹ и продолжает активно развиваться. БПЛА становятся неотъемлемой частью повседневной жизни: по всему миру БПЛА используются не только в СМИ и развлекательной сферах, но и в инфраструктуре, сельском хозяйстве и обеспечении безопасности, появляются новые профессии, связанные с ростом рынка.

Настоящая общеобразовательная общеразвивающая программа дополнительного образования детей имеет **техническую направленность** и предполагает дополнительное образование детей в области конструирования, моделирования и беспилотной авиации, программа также направлена на формирование у детей знаний и навыков, необходимых для работы с беспилотными авиационными системами (БАС). 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 навыков командной деятельности обучающихся.

Вид программы: модифицированная.

¹ По информации PowerwaterhouseCoopers

Категория обучающихся: программа предназначена для работы с обучающимися 12-18 лет (6-11 классы общеобразовательной школы).

Актуальность программы

Современные тенденции развития роботизированных комплексов в авиации получили реализацию в виде беспилотных авиационных систем (БАС). В настоящее время наблюдается лавинообразный рост интереса к беспилотной авиации как инновационному направлению развития современной техники, хотя история развития этого направления началась уже более 100 лет тому назад. Развитие современных и перспективных технологий позволяет сегодня беспилотным летательным аппаратам успешно выполнять такие функции, которые в прошлом были им недоступны или выполнялись другими силами и средствами.

Благодаря росту возможностей и повышению доступности дронов, потенциал использования их в разных сферах экономики стремительно растёт. Это создало необходимость в новой профессии: оператор БАС. Стратегическая задача курса состоит в подготовке специалистов по конструированию, программированию и эксплуатации БАС.

Настоящая образовательная программа позволяет не только обучить ребенка моделировать и конструировать беспилотные летательные аппараты (БПЛА), но и подготовить обучающихся к планированию и организации работы над разноуровневыми техническими проектами и в дальнейшем осуществить осознанный выбор вида деятельности в техническом творчестве.

Новизна настоящей образовательной программы заключается в том, что она интегрирует в себе достижения современных и инновационных направлений в малой беспилотной авиации.

Педагогическая целесообразность настоящей программы заключается в том, что после ее освоения обучающиеся получают знания и умения, которые позволят им понять основы устройства беспилотного летательного аппарата, принципы работы всех его систем и их взаимодействия, а также управление БПЛА. Использование различных инструментов развития прикладных теоретических знаний у детей (игропрактика, командная работа) в сочетании с развитием у них практических навыков (работа в мастерской и Hi-Tech цехе) позволит сформировать у ребенка целостную систему знаний, умений и навыков.

1.1. Цель и задачи

Целью программы является формирование у обучающихся устойчивых теоретических и практических навыков в области проектирования, конструирования и эксплуатации беспилотных авиационных систем.

Задачи

1. Обучающие задачи:

- формировать у обучающихся знания, умения и навыки в области аэродинамики, моделирования и конструирования беспилотных летательных аппаратов;
- обучить технологическим навыкам конструирования;
- обучить основам радиоэлектроники и схемотехники, программирования микроконтроллеров;
- формировать умение пользоваться технической литературой, работать с информацией.

2. Развивающие задачи:

- формировать интерес к техническим знаниям;
- стимулировать познавательную и творческую активность обучающихся посредством включения их в различные виды соревновательной деятельности;
- развивать у обучающихся внимание, память, изобретательность, пространственное и критическое мышление.

3. Воспитательные задачи:

- воспитывать качеств личности, способствующие продуктивной работе в коллективе (сотрудничество, коммуникативность, умение самостоятельно и позитивно разрешать конфликты).
- воспитывать организационно-волевые качества личности для успешной деятельности, такие как усидчивость, настойчивость, терпение, самоконтроль.

1.2. Ожидаемые результаты

В результате освоения обучающего аспекта программы обучающиеся должны знать:

- технику безопасности при работе с оборудованием и при выполнении пилотирования БПЛА;
- технологии конструирования и сборки мультикоптеров;
- основы аэродинамики;
- принципы управления мультикоптерами;
- основы радиоэлектроники и схемотехники, программирования микроконтроллеров;
- основные технологии черчения, 3D моделирования и 3D печати.

Уметь:

- моделировать и конструировать беспилотные авиационные системы;
- выполнять учебные полеты и управлять полетом мультикоптера;
- настроить и установить на мультикоптер радио и видео оборудование (FPV-оборудование);

- программировать микроконтроллеры;
- искать, анализировать и обобщать необходимую информацию, проводить её верификацию.

Результатом усвоения обучающимися программы по развивающему и воспитательному аспектам являются:

- устойчивый интерес к занятиям;
- положительная динамика показателей развития познавательных способностей обучающихся (внимания, памяти, изобретательности, логического и пространственного мышления и т.д.);
- активное участие в соревновательной деятельности;
- достижения в массовых мероприятиях различного уровня;
- развитие организационно-волевых качеств личности (усидчивости, настойчивости, терпения, самоконтроля);
- способность продуктивно общаться в коллективе, работать в команде.

1.3. Особенности организации образовательного процесса

Срок реализации программы: программа рассчитана на 1 год обучения, 144 академических часов в год.

Режим реализации: занятия проводятся 2 раза в неделю по 2 академических часа (45 минут) с перерывом 5-10 минут.

Форма организации деятельности детей: творческое объединение.

Условия приема: набор обучающихся проводится без предварительного отбора детей. Программа рассчитана на широкий возрастной диапазон обучающихся: 12-18 лет. Группа формируется в зависимости от начальных знаний и возраста детей. При изложении материала учитываются личностные и возрастные особенности обучающихся, один и тот же материал по-разному преподаётся, в зависимости от их возраста и субъективного опыта.

Наполняемость групп: не более 12 человек.

Занятия проводятся в кабинете, оборудованном согласно санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам СанПиН 2.4.4.3172-14 "Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей".

По данной программе в летний период может быть организована работа с обучающимися, которые проходят подготовку для участия в массовых мероприятиях, работают над индивидуальными или командными проектами, а также проявляют особый интерес к выбранному виду

деятельности.

Занятия по данной программе могут проводиться как в очной форме, так и с применением дистанционных технологий и (или) электронного обучения.

Образовательный процесс по данной программе ведется в соответствии с годовым календарным учебным графиком на текущий учебный год, утвержденным приказом директора ГОАУ ДО ЯО ЦДЮТТ.

2. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН 1-ГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ

№	Раздел	Количество часов		
		Теория	Практика	Всего
1	Теория беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)			
1.1	Вводная лекция о содержании курса.	1	0	1
1.2	Устройство и принцип работы универсальной системы радиоуправления	1	2	3
1.3	Принципы управления и строение мультикоптеров.	5	0	5
1.4	Принципы управления и строение БПЛА на базе самолета	3	0	3
1.5	Основы техники безопасности полётов	1	0	1
1.5	Основы электричества. Литий-полимерные аккумуляторы.	1	0	1
1.6	Практическое занятия с литий-полимерными аккумуляторами (зарядка/разрядка/балансировка/хранение)	1	1	2
1.7	Технология пайки. Техника безопасности.	0	1	1
1.8	Обучение пайке.	4	0	4
1.9	Визуальные полёты на симуляторе.	10	0	10
2	Сборка и настройка квадрокоптера			
2.1	Управление полётом мультикоптера. Принцип функционирования полётного контроллера и аппаратуры управления.	2	0	2
2.2	Бесколлекторные двигатели и регуляторы их хода. Платы разводки питания.	2	0	2
2.3	Сборка рамы квадрокоптера.	0	4	4
2.4	Пайка ESC(электронного регулятора скорости), ВЕС(преобразователя питания) и силовой части.	0	6	6

2.5	Основы настройки полётного контроллера с помощью компьютера. Настройка аппаратуры управления	0	8	8
2.6	Инструктаж по технике безопасности полетов.	1	0	1
2.7	Первые учебные полёты: «взлёт/посадка», «удержание на заданной высоте», перемещения «вперед-назад», «влево-вправо». Разбор аварийных ситуаций.	0	4	4
2.8	Выполнение полётов: «точная посадка на удаленную точку», «коробочка», «челнок», «восьмерка», «змейка», «облет по кругу».	0	6	6
3	Подготовка проектных работ	0	6	6
4	Защита проектов	0	2	2
	За 1-е полугодие	32	40	72
1	Установка и настройка FPV (системы передачи видео с борта БПЛА)			
1.1	Устройство FPV. Применяемое оборудование, его настройка.	2	0	2
1.2	Установка и подключение видеооборудования.	0	4	4
1.3	FPV полёты на симуляторе.	0	10	10
1.4	Пилотирование с использованием FPV-оборудования.	0	4	4
2	Программирование мультироторных систем. Автономные полёты.			
2.1	Основы микроэлектроники и программирования микроконтроллеров	2	6	8
2.2	Практикум «Введение в программирование микроконтроллеров»	2	6	8
2.3	Установка и настройка микроконтроллера на БПЛА.	0	8	8
2.4	Тестирование и отладка полета БПЛА с использованием машинного зрения. Автономный взлет/посадка, зависание в точке, перемещение по аруко меткам.	0	8	8

3	Знакомство с системой глобального позиционирования GPS.			
3.1	Устройство и принцип работы системы глобального позиционирования для БПЛА	4	0	4
3.2	Установка, настройка и испытания (автономный полет по маршруту) системы глобального позиционирования	0	8	8
4	Подготовка проектных работ	0	6	6
5	Защита проектов	0	2	2
	За 2-е полугодие	10	62	72
	Итого:	42 часа	102 часа	144 часа

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ 1-ГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ

1-Е ПОЛУГОДИЕ:

1. Теория беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)

1.1. Вводная лекция о содержании курса.

Устройство мультироторных систем. Основы конструкции мультироторных систем.

1.2. Устройство и принцип работы универсальной системы радиуправления

Аппаратура радиуправления: принцип действия, общее устройство.

1.3. Принципы управления и строение мультикоптеров.

Принципы управления мультироторными системами. Основные элементы мультикоптера. Различия конструкций мультикоптеров.

1.4. Принципы управления и строение БПЛА на базе самолета

Принципы управления самолета. Основные элементы БПЛА на базе самолета. Преимущества и недостатки по сравнению с мультикоптером.

1.5. Основы техники безопасности полётов

Техника безопасности при работе с мультироторными системами.

1.6. Основы электричества. Литий-полимерные аккумуляторы.

Литий-полимерные аккумуляторы и их зарядные устройства: устройство, принцип действия, методы зарядки/разрядки/хранения/ балансировки аккумуляторов, безопасная работа с оборудованием.

1.7. Практическое занятия с литий- полимерными аккумуляторами (зарядка/разрядка/балансировка/хранение)

1.8. Технология пайки. Техника безопасности.

Пайка электронных компонентов: принципы пайки, обучение пайке, пайка электронных компонентов мультироторных систем. Техника безопасности при работе с паяльником. Защитные средства при пайке.

1.9. Обучение пайке.

Пайка проводов между собой, к контактными площадкам, пайка силовых проводов, пайка с использованием специальных жидкостей.

1.10. Визуальные полёты на симуляторе.

Полёты на симуляторе: обучение полётам на компьютерном симуляторе, проведение учебных полётов на симуляторе.

2. Сборка и настройка квадрокоптера

2.1. Управление полётом мультикоптера. Принцип функционирования полётного контроллера и аппаратуры управления.

Полётный контроллер: устройство полётного контроллера, принципы его функционирования, настройка контроллера с помощью компьютера, знакомство с программным обеспечением для настройки контроллера.

2.2. Бесколлекторные двигатели и регуляторы их хода. Платы разводки питания.

Бесколлекторные двигатели и их регуляторы хода: устройство, принципы их функционирования, пайка двигателей и регуляторов.

2.3. Сборка рамы квадрокоптера.

2.4. Пайка ESC (электронного регулятора скорости), ВЕС(преобразователя питания) и силовой части.

Платы разводки питания: общее устройство, характеристики, пайка регуляторов и силовых проводов к платам разводки питания.

2.5. Основы настройки полётного контроллера с помощью компьютера.

Настройка аппаратуры управления

2.6. Инструктаж по технике безопасности полетов.

2.7. Первые учебные полёты: «взлёт/посадка», «удержание на заданной высоте», перемещения «вперед-назад», «влево- вправо». Разбор аварийных ситуаций.

2.8. Выполнение полётов: «точная посадка на удаленную точку», «коробочка», «челнок», «восьмерка», «змейка», «облет по кругу».

Инструктаж перед первыми учебными полётами. Проведение учебных полётов в зале, выполнение заданий: «взлёт/посадка», «удержание на заданной высоте», «вперед-назад», «влево-вправо», «точная посадка на удаленную точку», «коробочка», «челнок», «восьмерка», «змейка», «облет по кругу».

Разбор аварийных ситуаций.

3. Подготовка проектных работ

4. Защита проектов

2-Е ПОЛУГОДИЕ:

1. Установка и настройка FPV (системы передачи видео с борта БПЛА)

1.1. Устройство FPV. Применяемое оборудование, его настройка.

Основы видеотрансляции: принципы передачи видеосигнала, устройство и характеристики применяемого оборудования.

1.2. Установка и подключение видеоборудования.

1.3. FPV полёты на симуляторе.

1.4. Пилотирование с использованием FPV- оборудования.

2. Программирование мультироторных систем. Автономные полёты.

2.1. Основы микроэлектроники и программирования микроконтроллеров

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

2.2. Практикум «Введение в программирование микроконтроллеров»

Практикум «Введение в программирование микроконтроллеров»: основы программирования, написание простых программ.

2.3. Установка и настройка микроконтроллера на БПЛА.

2.4. Тестирование и отладка полета БПЛА с использование машинного зрения. Автономный взлет/посадка, зависание в точке, перемещение по ArUco меткам.

3. Знакомство с системой глобального позиционирования GPS.

3.1. Устройство и принцип работы системы глобального позиционирования для БПЛА

Знакомство с системой глобального позиционирования и ее использованием в беспилотной авиации. Виды систем GPS. Недостатки современных систем и варианты замены GPS на другие системы позиционирования в пространстве.

3.2. 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.

4. Подготовка проектных работ

5. Защита проектов.

4. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН И СОДЕРЖАНИЕ 2-ГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ

Разделы	Наименование темы и содержание обучения	Объем часов		
		Всего часов	В том числе	
			Теория	Практика
Блок 1.	Знакомство с проектной деятельностью	4	4	0
	Вводная лекция о содержании курса. Техника безопасности и правила поведения. Основные виды проектов и способов их реализации	4	4	0
Блок 2.	Выбор и обоснование темы проекта	24	12	12
	1. Лекция. Как найти идею для своего проекта.	4	4	0
	2. Постановка проблемы.	2	2	0
	3. Освоение учебного материала	6	6	0
	4. Оформление проектной идеи	8	0	8
	5. Защита проектной идеи	4	0	4
Блок 3.	Создание модели прототипа	92	0	92
	1. Формирование программы работ	4	0	4
	2. Конструирование решения	58	0	58
	3. Отладка работы	10	0	10
	4. Испытания	8	0	8
	5. Устранение выявленных недостатков.	12	0	12
Блок 4.	Презентация и экспертиза полученного результата	24	8	16
	1. Описание схемы решения. Демонстрация решения.	4	0	4
	2. Экспертиза, рекомендации	4	4	0
	3. Подготовка к защите проекта	8	0	8
	4. Защита проекта	4	0	4
	5. Рефлексия	4	4	0
	Всего:	144	24	120

5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

5.1. Методическое и обеспечение программы

Форма организации занятий: групповая, индивидуальная, индивидуально-групповая и фронтальная.

Программой предусмотрено проведение комбинированных занятий: занятия состоят из теоретической и практической частей, причём большее количество времени занимает именно практическая часть.

При проведении занятий используются следующие формы работы:

– Лекция-диалог с использованием метода «перевернутый класс» – когда обучающимся предлагается к следующему занятию ознакомиться с материалами (в т.ч. найденными самостоятельно) на определенную тему для обсуждения в формате диалога на предстоящем занятии.

– Workshop и Tutorial (практическое занятие по освоению профессиональных компетенций), что по сути является разновидностями мастер-классов, где обучающимся предлагается выполнить определенную работу, результатом которой является некоторый продукт (физический или виртуальный результат). Близкий аналог – фронтальная форма работы, когда обучающиеся синхронно работают под контролем педагога.

– Самостоятельная работа, когда обучающиеся выполняют индивидуальные задания в течение части занятия или нескольких занятий.

– Метод кейсов, "мозговой штурм", метод задач и метод проектов. Пример: кейс – это конкретная задача («случай» – *case, англ.*), которую требуется решить, для этого в режиме «мозгового штурма» предлагаются варианты решения, после этого варианты обсуждаются и выбирается один или несколько путей решения, после чего для решения кейса формируются более мелкие задачи, которые объединяются в проект и реализуются с применением метода командообразования.

Форма проведения занятий «практические занятия» подразумевает такую форму занятий, в процессе которых происходит развитие т.наз. профессиональных компетенций (навыков и умений) обучающихся, а именно:

- работа с простым инструментом (отвертка, пассатижи);
- работа с оборудованием (пайка, лазерная резка);
- работа с программным обеспечением (настройка полетного контроллера квадрокоптера, проектирование рамы квадрокоптера);
- управление квадрокоптером.

Раздел или тема программы	Формы занятий	Приёмы и методы организации и образовательного процесса	Дидактический материал	Техническое оснащение занятий	Формы подведения итогов
Теория беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) Основы управления. Полёты на симуляторе	Лекция, дискуссия Практическое занятие	Беседа по теме занятия, индивидуальная работа с ПО	Записи в тетрадях, справочный материал из ПО для полетов	Интерактивная доска, ноутбук с ПО, RC-пульт	Полёт на симуляторе
Сборка и настройка квадрокоптера. Учебные полёты.	Лекция, дискуссия, практическое занятие, workshop	Работа в группах, индивидуальная работа с ПО	Инструкция по сборке, справочный материал из ПО для полетов	Интерактивная доска, ноутбук с ПО, квадрокоптер, RC-пульт	Тестовые полёты на собственноручно собранном квадрокоптере
Установка настройки, FPV – оборудования	Лекция, дискуссия, практическое занятие, workshop	Работа в группах, индивидуальная работа с ПО	Справочный материал из ПО для полетов	Интерактивная доска, ноутбук с ПО, квадрокоптер, очки для FPV-полетов, FPV-модуль	Выполнение полётов с FPV-оборудованием
Программирование мультироторных систем. Автономные полёты.	Лекция, дискуссия, практическое занятие, workshop	Работа в группах, индивидуальная работа с ПО	Справочный материал ПО Python	Интерактивная доска, ноутбук с ПО, квадрокоптер, МК Raspberry Py	Полет квадрокоптера в автономном режиме
Знакомство с системой глобального позиционирования	Лекция, дискуссия, практическое занятие, workshop	Работа в группах, индивидуальная работа с ПО	Справочный материал ПО для полетов	Интерактивная доска, ноутбук с ПО, квадрокоптер, комплект GPS	Полет квадрокоптера по заданному маршруту
Работа в группах над инженерным проектом.	Метод задач, метод кейсов, работа в группах	Работа в группах	Записи в тетрадях	Ноутбук, интерактивная доска	Защита проекта

5.2. Материально-техническое обеспечение программы

№ п/п	Наименование	Назначение/ краткое описание функционала оборудования
1	Учебное (обязательное) оборудование	
1.1	Основной набор (рама, запчасти, моторы, пропеллеры, регуляторы, полетный контроллер, радиоаппаратура, зарядка, аккумуляторы)	Набор для сборки квадрокоптера
1.2	Комплект для FPV-полетов (камера, видеопередатчик, видеоприемник, антенны, мониторчик, батарейки.)	Комплект для полетов от первого лица
1.3	Комплект для изучения основ радиоэлектроники и программирования микроконтроллеров (микрокомпьютер, ,цифровая видеокамера, ПО)	Комплект для программирования коптера
1.4	Квадрокоптер	Квадрокоптер для начального знакомства, отработки азов пилотирования
1.5	Квадрокоптер с фотокамерой на гиростабилизированном подвесе	Коптер для обучение аэросъемке, настройке и обслуживанию БПЛА и полетам по маршруту с помощью GPS
1.6	Учебная БПЛА самолетного типа	БПЛА для обучения азам пилотирования беспилотных самолетов
2	Компьютерное оборудование	
2.1	Ноутбук	Работа с ПО БПЛА
2.2	Мышь	Работа с ПК и/или ноутбуком
2.3	Кабель для симулятора полетов	Работа с симулятором визуальных и FPV полетов
2.4	Тележка для зарядки и хранения ноутбуков	Тумба для хранения и зарядки ноутбуков
2.5	МФУ	Многофункциональное устройство

2.6	Сетевой удлинитель	Сетевой удлинитель
3	Презентационное оборудование	
3.1	Интерактивная доска	подача информационного материала
3.2	Настенное крепление	Крепление интерактивной доски
4	Мебель	
4.1	Комплект мебели	Размещение учеников в учебном кабинете
4.2	Металлические столы для пайки и резки листовых материалов	Пайка компонентов БПЛА, самостоятельное изготовление деталей БПЛА.
4.3	Светильник настольный галогеновый	Освещение
4.4	Корзины для мусора	Сбор мусора и прочих непищевых отходов
5	Инструмент	
5.1	Паяльный набор (паяльник, припой, канифоль, перчатки, очки)	Пайка проводов и компонентов БПЛА
5.2	Набор ручного инструмента (пассатижи, бокорезы, пинцет, канцелярский нож)	Приспособления для более удобной пайки
5.3	Набор инструмента для обработки деталей (тиски, надфили, канцелярский нож, металлическая линейка)	Раскрой и обработка листовых материалов для создания собственных деталей БПЛА

6. МОНИТОРИНГ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Система отслеживания, контроля и оценки результатов процесса обучения по данной программе имеет три основных элемента:

- Определение начального уровня знаний, умений и навыков обучающихся.

- Текущий контроль в течение учебного года.

- Итоговый контроль.

Входной контроль осуществляется в начале обучения, имеет своей целью выявить исходный уровень подготовки обучающихся.

Входной контроль осуществляется в ходе первых занятий с помощью наблюдения педагога за работой обучающихся.

Текущий контроль проводится в течение учебного года. Цель текущего контроля – определить степень и скорость усвоения каждым ребенком материала и скорректировать программу обучения, если это требуется. Критерий текущего контроля – степень усвоения обучающимися содержания конкретного занятия. На каждом занятии преподаватель наблюдает и фиксирует:

- детей, легко справившихся с содержанием занятия;

- детей, отстающих в темпе или выполняющих задания с ошибками, недочетами;

- детей, совсем не справившихся с содержанием занятия.

Итоговый контроль проводится в конце учебного года. Во время итогового контроля определяется фактическое состояние уровня знаний, умений, навыков ребенка, степень освоения материала по каждому изученному разделу и всей программе объединения.

Формы подведения итогов обучения:

– индивидуальная устная/письменная проверка;

– фронтальный опрос, беседа;

– контрольные упражнения и тестовые задания;

– защита индивидуального или группового проекта;

– выставка работ;

– межгрупповые соревнования;

– взаимооценка обучающимися работ друг друга.

Одна из форм текущего и итогового контроля - соревнования.

Оценка результатов.

По итогам составляется таблица отслеживания образовательных результатов, в которой знания, умения и навыки обучающиеся оцениваются по критериям по 5-ти балльной шкале.

№	Показатели (оцениваемые параметры)	Критерии	Степень выраженности оцениваемого качества	Возможное количество баллов	Формы отслеживания и фиксации образовательных результатов
1.	Знание основ аэродинамики. Умение моделировать и конструировать БПЛА	Соответствие теоретических знаний ребенка программным требованиям Осмысленность и правильность использования специальной терминологии	обучающийся полностью владеет указанным навыком или знаниями, умеет самостоятельно и качественно применять на практике, может грамотно объяснить педагогу и другим обучающимся; имеются несущественные недочеты в теории либо практических работах, обусловленные прежде всего недостатком опыта; знания и умения на базовом уровне, но регулярно требуется контроль и помощь со стороны педагога и других обучающихся; знания и умения недостаточны, требуется постоянный контроль; имеются некоторые обрывочные знания и умения, но присутствует мотивация к их получению	5 баллов 4 балла 3 балла 2 балла 1 балл	Наблюдение, тестирование
2.	Знание технологии конструирования БПЛА.	Соответствие теоретических знаний ребенка программным требованиям	уровни – по аналогии с п.1	5 баллов 4 балла 3 балла 2 балла 1 балл	Наблюдение, тестирование
3.	Знание основ радиоэлектроники и схемотехники, программирования микроконтроллеров	Отсутствие затруднений в использовании специального оборудования и оснащения	уровни – по аналогии с п.1	5 баллов 4 балла 3 балла 2 балла 1 балл	Собеседование, Контрольное задание

4.	Самостоятельность в учебно-познавательной деятельности.	Самостоятельность в подборе и анализе литературы Самостоятельность в пользовании компьютерными источниками информации Самостоятельность в учебно-исследовательской работе	уровни – по аналогии с п.1	5 баллов 4 балла 3 балла 2 балла 1 балл	Анализ Исследовательские работы Наблюдение
5.	Умение технически мыслить и творчески подходить к работе	Креативность в выполнении заданий	уровни – по аналогии с п.1	5 баллов 4 балла 3 балла 2 балла 1 балл	Контрольное задание
6.	Сформированные навыки научно-исследовательской, инженерно-конструкторской и проектной деятельности	Собственный либо командный проект	уровни – по аналогии с п.1	5 баллов 4 балла 3 балла 2 балла 1 балл	Защита проекта
7.	Умение продуктивно работать в команде	Отсутствие конфликтов с другими участниками команды Знание своей роли в работе команды	уровни – по аналогии с п.1	5 баллов 4 балла 3 балла 2 балла 1 балл	Наблюдение Командная игра
8.	Умение планировать работу по реализации замысла, предвидеть результат и достигать его	Четкие временные рамки каждого шага на пути к результату	уровни – по аналогии с п.1	5 баллов 4 балла 3 балла 2 балла 1 балл	Контрольное задание
9.	Наличие у ребенка организационно-волевых качеств личности для успешной деятельности, таких как усидчивость, настойчивость, терпение, самоконтроль	Усидчивость и настойчивость при выполнении контрольных заданий	уровни – по аналогии с п.1	5 баллов 4 балла 3 балла 2 балла 1 балл	Контрольное задание

Формы отслеживания и контроля *развивающих и воспитательных результатов*:

- оценка устойчивости интереса обучающихся к занятиям с помощью наблюдения педагога и самооценки обучающихся;
- статистический учет сохранности контингента обучающихся;
- сравнительный анализ успешности выполнения заданий обучающимися на начальном и последующих этапах освоения программы;
- анализ творческих работ обучающихся;
- создание банка индивидуальных достижений воспитанников;
- оценка степени участия и активности обучающегося в командных проектах, соревновательной и конкурсной деятельности;
- оценка динамики показателей развития познавательных способностей обучающихся (внимания, памяти, изобретательности, логического и пространственного мышления и т.д.) с помощью наблюдения педагога и самооценки обучающихся;
- наблюдение и фиксирование изменений в личности и поведении обучающихся с момента поступления в объединение и по мере их участия в деятельности;
- индивидуальные и коллективные беседы с обучающимися.

7. СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

7.1. Нормативно-правовые документы

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ от 29.12.12 года. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: base.garant.ru/70291362/ (информационно-правовой портал «Гарант»).
2. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 09 ноября 2018 г. № 196 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72016730/> (информационно-правовой портал «Гарант»).
3. Концепция развития дополнительного образования детей, утв. распоряжением Правительства РФ от 4.09.2014 года № 1726-р. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://минобрнауки.рф/документы/ajax/4429> (официальный сайт Министерства образования и науки РФ).
4. СанПиН 2.4.4.3172-14 "Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей", утв. Главным государственным санитарным врачом РФ от 04.07.2014 N 41. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_168723/ (официальный сайт справочной правовой системы «КонсультантПлюс»).
5. Государственная программа РФ «Развитие образования на 2013-2020 годы, утвержденной постановлением Правительства РФ № 295 от 15.04.2014 г. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/70643472/#friends> (информационно-правовой портал «Гарант»).
6. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденным распоряжением Правительства РФ № 2227-р от 08.12.2011 года. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70006124/> (информационно-правовой портал «Гарант»).
7. Федеральная целевая программа развития образования на 2016-2020 годы, утвержденной Постановлением Правительства РФ № 497 от 23.05.2015 года. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/71044750/> (информационно-правовой портал «Гарант»).

7.2. Информационные источники для педагогов

Основные информационные источники:

1. 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>.
- Ефимов, Е. Програмируем квадрокоптер на Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/227425/>
 - 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>.
 - Мартынов, А.К. Экспериментальная аэродинамика [Текст] / А.К. Мартынов. – М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1950. – 479 с.
 - Мирошник, И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы [Текст] / И.В. Мирошник. – СПб: Питер, 2005. – 337 с.
 - Основы аэродинамики и динамики полета [Электронный ресурс]. – Рига, 2010. – Режим доступа: http://www.reaa.ru/yabbfilesB/Attachments/Osnovy_ajerodnamiki_Riga.pdf.
 - 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>.

Дополнительные информационные источники

- Alderete, T.S. Simulator Aero Model Implementation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aviationsystemsdivision.arc.nasa.gov/publications/hitl/rtsim/Toms.pdf>.
- 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.
- 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.
- FPV- мультикоптеры: обзор технологии и железа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.thg.ru/consumer/obzor_fpv_multicopterov/print.html.
- 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.
- 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.
- Murray, R.M. A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation [Текст] / R.M. Murray, Z. Li, S.S. Sastry. – SRC Press, 1994. – 474 p.
- 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.

9. Лекции от «Коптер-экспресс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/GtwG5ajQJvA?t=1344>.

7.3. Информационные источники для учащихся и родителей

1. КИТЫ квадрокоптеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alexgyver.ru/quadcopters/>.
2. Лекции от «Коптер-экспресс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/GtwG5ajQJvA?t=1344>.
3. Лекции от «Коптер-экспресс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=FF6z-bCo3T0>.
4. Подборка журналов «Школа для родителей» от издательского дома МГПУ «Первое сентября» под ред. С. Соловейчика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://drive.google.com/open?id=0B_zscjiLrtypR2dId1p0T1ZGLWM.