

**Министерство образования и науки Хабаровского края
Краевое государственное автономное
нетиловое образовательное учреждение
«Краевой центр образования»**

РАССМОТРЕНО
на заседании Педагогического совета
КГАНОУ «Краевой центр образования»
Протокол № 1
«29» августа 2023 г.



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор КГАНОУ
«Краевой центр образования»
И.С. Черемухин
«29» августа 2023 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА
«КВАДРОКОПТЕРЫ. «КЛЕВЕР-4»: КОНСТРУКЦИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ»**

Направленность: техническая
Уровень освоения: стартовый
Возраст учащихся: 10-15 лет
Общий объем программы в часах: 144 часа

Составитель:

Киркалов Артём Михайлович, ПДО;
Токарь Сергей Александрович, ПДО.

Хабаровск
2023 г.

Используемые термины и сокращения

АКБ	-	аккумуляторная батарея;
АРМ	-	автоматизированное рабочее место;
АФС	-	аэрофотосъемка;
БАС	-	беспилотная авиационная система;
БЛА	-	беспилотный летательный аппарат;
БРЭО	-	бортовое радиоэлектронное оборудование;
ДПН	-	дополнительная полезная нагрузка;
ИВП	-	использование воздушного пространства;
КСО	-	комплект стартового оборудования;
КТР		командно-телеметрическая радиолиния;
НГО	-	нижняя граница облачности;
НПУ	-	наземный пункт управления;
ОрВД	-	органы организации воздушного движения;
ПК		персональный компьютер;
РЛЭ		руководство по лётной эксплуатации;
САУ	-	система автоматического управления;
СНС	-	спутниковая навигационная система;
СПП	-	стартово- посадочная площадка;
ТВС	-	тепловизорная съемка;
ТО		техническое обслуживание

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Беспилотные авиационные системы- назначение, конструкция, эксплуатация»» (далее - Программа) имеет техническую направленность, и связана с моделированием, конструированием и пилотированием беспилотных летательных аппаратов Программа разработана с учетом следующих нормативно-правовых документов:

- Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об Образовании в Российской Федерации»;

- Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 09.11.2018 г. № 196 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам» (с изменениями на 30 сентября 2020 года);

- Приказ Министерство науки и высшего образования РФ от 23.08.2017 N 816 "Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ" (Зарегистрировано в Минюсте России 18.09.2017 N 48226);

- Санитарные правила СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи», утвержденными 28.09.2020 г. № 28 (регистрационный номер 61573 от 18.12.2020 г.);

- Приказ КГАОУ ДО РМЦ от 26.09.2019 № 383П «Об утверждении Положения о дополнительной общеобразовательной программе в Хабаровском крае»;

- Устав КГАНОУ «Краевой центр образования».

Актуальность

Современные тенденции развития автоматизированных комплексов в авиации получили реализацию также 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.

Описываемая образовательная программа интересна тем, что совмещает в себе несколько важных направлений, одновременно необходимых для проектирования летательных аппаратов и подготовить обучающихся к планированию и проектированию разноуровневых технических проектов и в дальнейшем осуществить осознанный выбор вида деятельности в техническом творчестве

ЦЕЛЬ: Формирование устойчивого интереса к научно–техническому творчеству через конструирование и пилотирование беспилотных летательных аппаратов.

ЗАДАЧИ:

- научить базовым умениям моделирования, конструирования, программирования БАС;
- познакомить обучающихся с основным принципам механики и аэродинамики;
- научить основам работы с различными материалами;
- сформировать у обучающихся понимание техники безопасности при работе с БАС;
- сформировать навыки сотрудничества: работа в коллективе, в команде, малой группе (в паре).

Отличительные особенности программы.

Программа на основе реальной практической деятельности даёт возможность обучающимся почувствовать себя в роли инженера-проектировщика и оператора беспилотных авиационных систем.

Программа предполагает, после ознакомления с теоретической базой современной беспилотной авиации и ее техническими средствами, обязательный выбор собственного уникального проекта для каждой микрогруппы (2-6 чел.) и полноценную его реализацию под руководством

куратора-педагога. При этом всю работу, от постановки технического задания на разработку до выпуска продукта учащиеся выполняют самостоятельно.

Адресат программы: обучающиеся 10-14 лет.

Наполняемость группы: 8-10 человек.

Форма реализации программы: очная, с возможностью применения дистанционной формы на платформе программы Discord, Zoom, WhatsApp.

Формы организации деятельности обучающихся.

При изучении тем программа предусматривает использование фронтальной, индивидуальной и групповой формы учебной работы обучающихся.

Объем, режим и сроки реализации программы.

Период	Продолжительность занятия	Кол-во занятий в неделю	Кол-во часов за неделю	Кол-во недель	Кол-во часов всего
10 месяцев	2 ч.	2	4 ч.	36	144 ч.

Формы занятий: беседы, практикумы, занятия по решению кейсов, семинары, работа на симуляторах BBC LiftOff.

Учебный план

Раздел	Наименование темы	Объем часов		
		Всего	Теория	Практика
1	Введение.	2	2	
2	Теория аэродинамики.	8	4	4
3	Основы радиоэлектронного оборудования.	12	4	8
4	Метеорология и РТО полетов.	8	4	4
5	Беспилотная авиационная система.	10	4	6
6	Работа с конструктором БАС	24	4	20
7	Отработка навыков полета в симуляторе.	30	2	28
8	Учебные полеты на БПЛА	24	2	22
9	Разработка личного проекта	24	2	22
10	Итоговое занятие	2		2
	ИТОГО	144	28	116

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Изучение тематики дисциплин организовано с таким расчетом, чтобы к началу практических управлений полетами БЛА была пройдена программа теоретической подготовки и осуществлён контроль освоения программы по следующим дисциплинам:

- теория аэродинамики;
- конструкция БЛА;
- авиационное и радиоэлектронное оборудование БЛА;
- эксплуатация БАС;
- навигация;
- авиационная метеорология;

1. Введение.

Знакомство с группой, определение уровня развития и компетенции.

Теория: Общие правила безопасности в образовательном учреждении. Основы техники безопасности при работе с электрическими приборами. Техника безопасности при работе в лаборатории. Общие положения техники безопасности при работе в мастерской. Техника безопасности при работе с ручным инструментом.

2. ТЕОРИЯ АЭРОДИНАМИКИ

Методические указания

Изучение курса проводить с использованием моделей, макетов, схем, учебных видео роликов, применительно к изучаемому типу БЛА.

При изучении тематики особое внимание уделять раскрытию физической сущности явлений происходящих при полете ЛА. Вопросы техники управления и поведения БЛА тесно увязывать с вопросами эксплуатации самолета, двигателя и оборудования БЛА.

Особое внимание уделить расчетам параметров полета (R разворота, угол набора и снижения, и т.п.)

Содержание тем

Тема № 1. Основные свойства воздуха

Атмосфера земли. Физические характеристики атмосферы и их влияние на полет. Температура воздуха. Атмосферное давление. Плотность воздуха. Международная стандартная атмосфера. Инертность, вязкость и сжимаемость воздуха. Скорость звука и скачки уплотнения

Тема 2. Силовая установка

Назначение и виды силовых установок. Воздушный винт. Основные геометрические характеристики воздушного винта. Аэродинамические характеристики винта. График потребной и располагаемой тяги и влияние на них высоты полета.

3. ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания

Изучение курса проводить с использованием моделей, макетов, схем, учебных видео роликов, применительно к изучаемому типу БЛА.

При изучении тематики особое внимание уделять раскрытию физической сущности явлений происходящих при полете ЛА. Вопросы штурманской подготовки и поведения БЛА на маршруте, тесно увязывать с вопросами применения наземного и бортового программного обеспечения.

Особое внимание уделить анализу и расчету параметров полета выполняемых в холмистой и горной местности с использованием возможностей ПО «GoogleEarth» или ему подобного.

Содержание тем.

Тема № 1. Краткий курс радиотехники.

Начальные элементы радиотехнических средств. Разбор технических элементов использующиеся на беспилотном летательном аппарате.

Ввод в устройство и конструкцию БАС. Расчет элементов которые могут использоваться на БВС. Стабилизаторы напряжения. Полетные контроллеры и их программное обеспечение.

Инженерные решения и варианты исполнения электрической части беспилотного летательного аппарата.

Тема № 2. Практическое применение навыков.

Краткие сведения о земном магнетизме. Назначение, принцип действия и устройство авиационных магнитных компасов.

Высота полета. Барометрический метод измерения высоты. Назначение и устройство барометрических высотомеров.

Скорость полета. Аэродинамический метод измерения воздушной скорости. Приемники воздушных давлений. Устройство указателей воздушной скорости.

Вводный курс по основам пайки. Пайка простых схем и проверка их на работоспособность.

4. МЕТЕОРОЛОГИЯ И РТО ПОЛЕТОВ

Методические указания

В процессе изложения тем, преподаватель должен акцентировать внимание слушателей на влиянии различных метеоусловий на полет ЛА, методике анализа поведения самолета в воздухе и необходимости обязательного изучения прогноза погоды выдаваемого различными метеоцентрами.

Тема № 1. Основные термины и определения.

Атмосферное давление понятие и определение. Единицы его измерения и их соотношения. Изменение давления с высотой.

Температура воздуха, ее определение и единицы измерения. Видимость. Определение полетной видимости и ее деление на горизонтальную, вертикальную и наклонную видимости.

Влажность воздуха. Абсолютная и относительная влажность. Точка росы. Облака и осадки. Определение и классификация облаков по внешнему виду и по расположению нижней границы (основания) облаков над земной поверхностью. Осадки и условия их образования.

Тема № 2. Правила ведения радиообмена

Радиоданные, их назначение и порядок использования. Порядок вхождения в связь. Порядок вызова, ответа на вызов, радиообмена, заявки на полёт.

Радиодисциплина. Случаи, в которых разрешается ведение радиообмена открытым текстом.

5. Беспилотная авиационная система

Методические указания

Изучение состава и конструкции проводить с использованием наглядных пособий, схем, графиков, учебных фильмов и тренажерного оборудования. Особое внимание обращать на различия в конструкции и составе БАС одного типа, но различных модификаций, соблюдение мер безопасности при эксплуатации БАС.

Содержание тем

Тема №1. Состав, устройство, назначение БАС

Состав БЛА, состав наземного пункта управления (НПУ), состав комплекта стартового оборудования.

Общее устройство, технические характеристики эксплуатационные ограничения и описание работы комплекса. Устройство БЛА, силовая установка и топливная система, бортовое радиоэлектронное, пилотажно-навигационное, авиационное оборудование. Системы управления ПН. Устанавливаемые на БЛА нагрузки. Аварийно-спасательное, посадочное устройство. Устройство и работа НПУ. Устройство и работа комплекта стартового оборудования.

Назначение и области применения. Особенности эксплуатации. Меры безопасности при работе.

6. РАБОТА С КОНСТРУКТОРОМ БАС

Методические указания

Изучение состава и конструкции проводить с использованием наглядных пособий, схем, графиков, учебных фильмов и тренажерного оборудования. Особое внимание обращать на различия в конструкции и составе БАС одного типа, но различных модификаций, соблюдение мер безопасности при эксплуатации БАС.

Содержание тем.

Тема №1. Состав, устройство, назначение БАС

Состав БЛА, состав наземного пункта управления (НПУ), состав комплекта стартового оборудования.

Общее устройство, технические характеристики эксплуатационные ограничения и описание работы комплекса. Устройство БЛА, силовая установка и топливная система, бортовое радиоэлектронное, пилотажно-навигационное, авиационное оборудование. Системы управления ПН. Устанавливаемые на БЛА нагрузки. Аварийно-спасательное, посадочное устройство. Устройство и работа НПУ. Устройство и работа комплекта стартового оборудования.

Назначение и области применения. Особенности эксплуатации. Меры безопасности при работе.

Тема №2. Рама БЛА

Назначение, состав и общее устройство ЛА. Аэродинамическая схема. Технические характеристики и эксплуатационные ограничения.

Консервация и расконсервация. Правила хранения и транспортирования. Текущий ремонт. ЗИП и расходные материалы, используемые при обслуживании. Особенности эксплуатации.

Тема №3. Силовая установка БЛА

Назначение силовой установки и её систем. Характеристики двигателей. Принцип функционирования. Особенности эксплуатации.

Монтаж и демонтаж двигателя. Монтаж и демонтаж воздушного винта.

Тема № 4. Работа с конструктором БАС

Сборка и программирования конструктора COEX Clover 4. Пайка и сборка основных частей

Теория: основы устройства, применения и управления мультироторными системами, основы программирование в Python, программирование на дроне, аэрофотосъёмка, основы 3D моделирования, ознакомление с беспилотником самолетного типа.

Практика: сборка коптера, пайка узлов коптера, настройка полетного контроллера, диагностика и ремонт коптера, визуальное пилотирование коптера, пилотирование в FPV и пилотирование с полезной нагрузкой, программирование на дроне и в симуляторе GAZEBO, моделирование узла квадрокоптера, изготовление и его монтаж

7. ОТРАБОТКА НАВЫКОВ ПОЛЕТА В СИМУЛЯТОРЕ

Тема №1. Принципы работы с программами.

Основные органы управления пульта управления. Принцип полета и основы прохождения специальной трассы.

Тема №2. Полет на симуляторе.

Практический полет на симуляторе полета с использованием пульта управления. Отработка навыков пилотирования воздушного судна. Прохождение трассы на время.

8. ПРОБНЫЕ ПОЛЕТЫ НА БПЛА

Содержание тем

Тема №1. Подготовка БПЛА к полету. Отработка основных элементов в специально оборудованной сетке для полетов. Отработка внештатных ситуаций при полете.

Тема №2. Полет на специальном поле.

Отработка полетных навыков на реальном полетном пространстве.

9. РАЗРАБОТКА ЛИЧНОГО ПРОЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАС.

Тема №1. Анализ возможностей конструкции, оборудования и полезной нагрузки имеющихся в наличии БАС.

Тема №2. Выбор темы личных проектов, теоретическое обоснование инженерно-технический расчёт проекта.

Тема №3 Реализация собственных проектов.

10. ИТОГОВОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ПО КОНСТРУКЦИИ БВС И ПРАКТИЧЕСКИМ ПОЛЕТАМ.

Ученики должны определить неисправности в квадрокоптере «Клевер»,

устранить их , настроить систему управления и выполнить демонстрационный полёт по заданному маршруту с преодолением 4-х «ворот», с контролем времени и ошибок в виде касания препятствий, падений и несоблюдения правил безопасности.

Демонстрация разработанного лично, в малой группе, собственного проекта для реализации возможностей БАС.

Ожидаемые результаты.

Предметные - обучающиеся будут знать:

- системы управления летательных аппаратов.
- основные конструкционные материалы, применяемые в изготовлении беспилотных летательных аппаратов;
- приемы и технологии процессов, применяемые при изготовлении узлов беспилотного летательного аппарата.

Оценка усвоения знаний производится методом устного опроса, письменных тестов и с использованием обучающих игровых программ.

Обучающиеся будут уметь:

- работать с технической литературой и пользоваться разными источниками информации;
- выполнить расчеты узлов модели при сборке учебного беспилотного летательного аппарата;
- самостоятельно выполнять подготовку и описание этапов изготовления беспилотных летательных аппаратов;
- выполнить полёт по замкнутой трассе в одном уровне с четырьмя воротами, посадкой в заданной точке;
- выполнить регистрацию БВС в соответствии с законодательством;
- взаимодействовать с ОрВД для законного ИВП.

Метапредметные и личностные:

- смогут самостоятельно распределить обязанности в команде при подготовке группового проекта,
- будут понимать ответственность каждого за общий результат;
- смогут продуктивно и эффективно коммуницировать, оказывать взаимопомощь при работе над проектом.
- смогут использовать следующие компьютерные программы QGround Control, LiftOff, Microsoft Power Point для разработки и презентации проекта.

4. Комплекс организационно-педагогических условий.

Информационно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы «Беспилотные авиационные системы»

п/п	Название
Информационно-методическое обеспечение	
1.	Канатников А.Н Допустимые пространственные траектории беспилотного летательного аппарата в вертикальной плоскости. / Канатников А.Н., Крищенко А.П., Ткачев С.Б. Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. №3- 178с.
2.	Институт транспорта и связи. Основы аэродинамики и динамики полета. Учеб.пособие / С.И.Самыгин [и др.]; под ред. С.И.Самыгина. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2019. – 511 с.
3.	Моделирование управления квадрокоптером. Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014 №8- 48 с.
4.	Федеральные авиационные правила. Постановление правительства РФ от 11 марта 2010г. №138- .pdf- 108 с.
5.	Официальный сайт компании «Коптер Экспресс» https://clover.coex.tech/ru/lessons.html
Материально-техническое оснащение	
	Основной набор для сборки квадрокоптера «Клевер»-10 шт.
	Комплект для FPV- полетов «Клевер FPV»- 5 шт.
	Комплект для изучения основ радиоэлектроники и программирования квадрокоптеров «КлеверSense»- 5 шт.
	Квадрокоптер тренировочный Blade Industrix FPV 5 шт.
	Квадрокоптер с фотокамерой для обучения ортофотосъемки «КК-12»-2 шт.
	Учебный октокоптер для доставки грузов «КП-04»- 1 шт.
	Квадрокоптер DJI Phantom 4 3 доп. Аккумуляторами, 1 доп. Зарядкой и защитой винтов- 1 шт.
	Ремонтный набор квадрокоптера «Клевер 4»- 5 шт.
	Ноутбук с ПО LiftOff, Qground Control, Betafly- 10 шт.
	Проектор- 1 шт.
	Интерактивный экран-1 шт.

Формы представления и оценки результатов.

Текущий контроль освоения программы проводится во время занятий при помощи наблюдений и опросов.

Промежуточный контроль осуществляется каждую неделю в форме демонстрации приобретённых навыков.

Итоговый контроль проходит по окончании программы в форме демонстрационного экзамена по настройке и пилотированию БЛА. Результаты экзамена фиксируются в протоколе, который заполняется на каждого участника. Каждый критерий оценивается от 1 до 10 баллов. (Приложение 1)

Протокол демонстрационного экзамена.

Группа _____

Фамилия, имя _____

№п/п	Критерии	Балл от 1 до 10
1	Описание воздушного пространства в районе полётов, анализ запретных зон.	
2	Соблюдение законодательства РФ в области беспилотных воздушных судов: Регистрация БВС.	
3	Соблюдение законодательства РФ в области беспилотных воздушных судов: Запрос ИВП в ОрВД.	
4	Сборка квадрокоптера «Клевер» с помощью технического описания.	
5	Настройка параметров управления с использованием программы QGroundControl.	
6	Выполнение демонстрационных полётов по заданному маршруту с 4-мя воротами и посадкой в заданной точке с контролем времени	
7	Поиск и устранение неисправностей с помощью технической литературы и интернет- ресурсов.	
8	Ремонт узлов коптера с помощью прилагаемого ремкомплекта и с использованием подходящих материалов.	
9	Обслуживание БВС в соответствии с техническим описанием.	
10	Презентация личного проекта	

Заключение об уровне усвоения программы:

Наставник:

Дата: