

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Борисова Виктория Валерьевна

Должность: Ректор

Дата подписания: 03.12.2025 13:53:58

Уникальный программный ключ:

80665/91140485700679022c126585az1541522e

Государственное образовательное частное учреждение высшего образования
«МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ»

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

НОЧУ ВО «МУППИ»

_____ В. В. Борисова

«01» декабря 2025г.

**Дополнительная профессиональная программа
профессиональной переподготовки**

**«Оператор (пилот) средств управления
беспилотным летательным аппаратом»**

(270 часов)

Новый вид профессиональной деятельности

«Эксплуатация беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно
или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной
массой 30 килограммов и менее»

Автор:

Яшин Н.М., инструктор-пилот
наземных средств управления
беспилотным летальным
аппаратом

Москва, 2025

Содержание программы

РАЗДЕЛ 1. «ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ»	4
1.1. Характеристика нового вида профессиональной деятельности.....	4
1.2. Цель реализации программы.....	5
РАЗДЕЛ 2. «СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ».....	6
2.1. Учебный план.....	6
2.2. Примерный календарный учебный график (на весь период обучения) приложение 1	9
2.3. Рабочие программы	10
Рабочая программа модуль 1. «Базовый курс пилотирования FPV квадрокоптеров: современные БПЛА и их устройство».....	10
Раздел 1. Характеристика рабочей программы 1.	10
1.1.Цель реализации модуля 1.....	10
1.2. Планируемые результаты обучения по модулю 1	10
Раздел 2. Содержание модуля 1	12
2.1. Учебный план модуля 1	12
2.2. Рабочая программа модуля 1	13
2.3. Календарный учебный график модуля 1.....	17
Раздел 3. Формы аттестации и оценочные материалы по модулю 1	18
3.1. Текущий контроль по модулю 1.....	18
3.2. Промежуточная аттестация по модулю 1	21
Раздел 4. Организационно-педагогические условия реализации модуля 1	21
4.1. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение модуля 1 3 отражены в разделе 4 программы переподготовки	21
Рабочая программа модуля 2. «Подготовка БПЛА к эксплуатации».....	22
Раздел 1. Характеристика модуля 2.....	22
1.2.Цель реализации модуля 2.....	22
1.2. Планируемые результаты обучения по модулю 2	22
Раздел 2. Содержание модуля 2	25
2.1. Учебный план модуля 2	25
2.2. Рабочая программа модуля 2	26
2.3. Календарный учебный график модуля 2.....	35
Раздел 3. Формы аттестации и оценочные материалы модуля 2.....	36
3.1. Промежуточная аттестация по модулю 2	36
Раздел 4. Организационно-педагогические условия реализации	41
Рабочая программа модуля 3. «Подготовка и управление полетом БПЛА».....	41
Раздел 1. Характеристика модуля 3.....	41

1.3. Цель реализации модуля 3	41
1.2. Планируемые результаты обучения по модулю 3	41
Раздел 2. Содержание модуля 3	44
2.1. Учебный план модуля 3	44
2.2. Рабочая программа модуля 3	45
2.3. Календарный учебный график модуля 3.....	54
Раздел 3. Формы аттестации и оценочные материалы модуля 3.....	55
3.1. Текущий контроль по модулю 3	55
3.2. Промежуточная аттестация по модулю 3	60
Раздел 4. Организационно-педагогические условия реализации модуля 3 отражены в разделе 4 программы переподготовки	61
Рабочая программа модуля 4. «Ремонт и обслуживание БПЛА»	61
Раздел 1. Характеристика модуля 4.....	61
1.1. Цель реализации модуля 4.....	61
1.2. Планируемые результаты обучения по модулю 4	61
Раздел 2. Содержание модуля 4	64
2.1. Учебный план модуля 4	64
2.2. Рабочая программа модуля 4	65
2.3. Календарный учебный график модуля 3.....	70
Раздел 3. Формы аттестации и оценочные материалы модуля 4.....	70
3.1. Текущий контроль по модулю 4	70
3.2. Промежуточная аттестация по модулю 4	75
Раздел 4. Организационно-педагогические условия реализации модуля 4 отражены в разделе 4 программы переподготовки	76
РАЗДЕЛ 3. ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	76
РАЗДЕЛ 4. «ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ»	81
Приложение 1.....	88
КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК	88

РАЗДЕЛ 1. «ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ»

1.1. Характеристика нового вида профессиональной деятельности

Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки «Оператор (пилот) средств управления беспилотным летательным аппаратом» разработана на основе профессионального стандарта «Специалист по эксплуатации беспилотных авиационных систем¹, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 кг и менее», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 14.09.2022 № 526н.

Основная цель вида профессиональной деятельности

Обеспечение безопасной эксплуатации беспилотных авиационных систем с одним или несколькими беспилотными воздушными судами с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее.

Группа занятий – пилоты воздушных судов и специалисты родственных занятий.

Описание трудовых функций, входящих в профессиональный стандарт (функциональная карта вида профессиональной деятельности)

Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
код	наименование	уровень квалификации	наименование	код	уровень (подуровень) квалификации
B	Эксплуатация беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой от 10 килограммов до 30 килограммов	3	Подготовка к полетам беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее	B/01.3	3

¹ Далее «Специалист по эксплуатации БПЛА».

		Управление (контроль) полетом одного судна или нескольких беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее	B/02.3	3
		Техническое обслуживание беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее	B/03.3	3
		Ремонт беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее	B/04.3	3

1.2. Цель реализации программы

Получение компетенций оператора (пилота) средств управления беспилотным летательным аппаратом, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности «Эксплуатация беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее».

1.3. Категория обучающихся:

Уровень образования: ВО/СПО, получающие ВО/СПО.

1.4. Форма обучения: очная с применением электронного обучения и ДОТ.

1.5. Режим занятий: в соответствии с календарным учебным графиком и круглосуточным доступом к образовательной платформе организации при соблюдении установленных сроков обучения.

1.6. Срок освоения программы: 27 недель (6,2 мес.).

1.7. Трудоемкость программы: 270 часов.

РАЗДЕЛ 2. «СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ»

2.1. Учебный план

№ п/п	Наименование разделов (модулей) и дисциплин	Аудиторные учебные занятий, учебные работы, час.			Вненаучная работа, самостоятельная работа	Формы контроля	трудоемкость
		Всего ауд. час	Лекции	Практические занятия			
1.	Модуль 1. Базовый курс пилотирования FPV- квадрокоптеров: современные БПЛА и их устройство	49	26	23	3		52
1.1	Введение в FPV-квадрокоптеры	4	4		2	Тест № 1	6
1.2	Нормативно-правовое регулирование деятельности с БПЛА	3	2	1	1	Практическая работа № 1	4
1.3	Конструкция FPV-квадрокоптера: рама и компоненты	4	4				4
1.4	Конструкция FPV-квадрокоптера: от выбора до настройки	6	2	4			6
1.5	Система питания FPV-дрона	4	2	2			4
1.6	FPV-системы: видеопередатчик, камера, очки/монитор	10	4	6			10
1.7	Приемники радиоуправления (RX) и передатчики (TX)	6	2	4			6
1.8	FPV-симуляторы полёта	10	4	6		Практическая работа № 2	10

1.9	Безопасность полётов и техническое обслуживание FPV-квадрокоптеров	2	2				2
	Промежуточная аттестация по модулю 1					Зачет на основании совокупности результатов теста № 1, практических работ №№ 1, 2	
2.	Модуль 2. Подготовка БПЛА к эксплуатации	85	37	48	4		89
	Раздел 1. Процессоры и программное обеспечение БПЛА как основание обеспечения эксплуатации БПЛА	35	13	22	4		39
1.1	Архитектура вычислительных систем БПЛА	12	4	8	1	Тест № 1	13
1.2	Работа с данными с сенсоров БПЛА	13	5	8	2	Тест № 2	15
1.3	Программное обеспечение управления полётом БПЛА	10	4	6	1	Тест № 3	11
	Раздел 2. Основные компоненты БПЛА и подготовка их к эксплуатации	50	24	26			50
2.1	Винтомоторная группа БПЛА: особенности и подготовка к эксплуатации	10	4	6		Практическая работа № 1	10
2.2	Полётный контроллер (FC) как основной компонент бортового комплекса управления беспилотного летательного аппарата	4	2	2			4
2.3	Настройка пульта управления и протоколов связи БПЛА	10	4	6		Практическая работа № 2	10
2.4	Прошивка пульта управления и протокола связи БПЛА	8	4	4		Практическая работа № 3	8
2.5	Подготовка двигательной (силовой) установки БВС и бортового энергетического оборудования к эксплуатации	7	3	4		Практическая работа № 4	7
2.6	Подготовка к эксплуатации станции внешнего пилотирования	5	3	2			5
2.7	Подготовка к эксплуатации полезной нагрузки и периферийных устройств беспилотных авиационных систем	4	2	2			4
2.8	Видеосистемы	2	2				2
	Промежуточная аттестация по модулю 2					Зачет на основании совокупности	

						результатов тестирования №№ 1 – 3, практических работ №№ 1 – 4	
3.	Модуль 3. Подготовка и управление полётом БПЛА	74	28	46	3		77
3.1	Подготовка наземной станции внешнего пилота	6	2	4		Практическая работа № 1	6
3.2	Разработка полётной миссии с учетом типа БВС и текущей задачи	4	4		2	Практическая работа № 2	6
3.3	Карты полётов и топографические карты как основа разработки полётного маршрута	6	4	2			6
3.4	Использование метеорологических сводок при разработке маршрута полёта БПЛА	4	2	2	1	Практическая работа № 3	5
3.5	Фотограмметрия: предварительная обработка результатов аэрофотосъёмки	4	2	2			4
3.6	Создание 3D-модели и ортофотоплана на основе полученных аэрофотоснимков	2	2				2
3.7	Авиасимулятор: взлёт и мягкая посадка	4	1	3		Практическая работа № 4	4
3.8	Авиасимулятор: удержание высоты	4	1	3		Практическая работа № 5	4
3.9	Авиасимулятор: полёты крестом без «рысканья» и с посадкой в крайних точках	4	1	3		Практическая работа № 6	4
3.10	Авиасимулятор: пролёт квадратом, используя визуальные ориентиры	4	1	3		Практическая работа № 7	4
3.11	Авиасимулятор: полёт змейкой с обходом препятствий	4	1	3		Практическая работа № 8	4
3.12	Обеспечение безопасности полёта	1	1				1
3.13	Виртуальный полигон: управление БВС	7	2	5		Практическая работа № 9	7
3.14	Планирование и предполётная подготовка БВС различных типов	5	1	4		Практическая работа № 10	5
3.15	Подготовка БВС и выполнение полётов в FPV-режиме	8	2	6			8
3.16	Автономное пилотирование БВС	5	1	4			5

3.17	Подготовка к реальному полёту БВС	2		2			2
	Промежуточная аттестация по модулю 3					Зачет на основании совокупности результатов практических работ №№ 1 – 10	
4.	Модуль 4. Ремонт и обслуживание БПЛА	48	16	32	2		50
4.1	Особенности ремонта и обслуживания БПЛА	2	2				2
4.2	Обслуживание и работа с аккумуляторами и зарядными устройствами	4	4		2	Тест № 1	6
4.3	Особенности паяльных работ и электромонтажа	12	4	8		Практическая работа № 1	12
4.4	Углубленные техники пайки	4	1	3		Практическая работа № 2	4
4.5	Распайка и восстановление контактных площадок	5	1	4		Практическая работа № 3	5
4.6	Диагностика и ремонт поврежденных дорожек	4	1	3		Практическая работа № 4	4
4.7	Замена компонентов и восстановление BGA	4	1	3		Практическая работа № 5	4
4.8	Электромонтаж и работа с проводами	3		3		Практическая работа № 6	3
4.9	Диагностика и ремонт электроники БПЛА	4	1	3			4
4.10	Сборка БПЛА	6	1	5		Практическая работа № 7	6
	Промежуточная аттестация по модулю 4					Зачет на основании совокупности результатов практических работ №№ 1 – 7	
	Итоговая аттестация					Экзамен	2
	ИТОГО	249	110	139	19		270

2.2. Примерный календарный учебный график (на весь период

обучения) приложение 1.

2.3. Рабочие программы учебных модулей

Рабочая программа модуля 1

«Базовый курс пилотирования FPV-квадрокоптеров: современные БПЛА и их устройство»

Раздел 1. Характеристика программы модуля 1 «Базовый курс пилотирования FPV-квадрокоптеров: современные БПЛА и их устройство»

1.1. Цель реализации модуля 1

Получение компетенций в области базового курса пилотирования FPV-квадрокоптеров: современные БПЛА и их устройство, необходимые для выполнения нового вида профессиональной деятельности «Эксплуатация беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее»

1.2. Планируемые результаты обучения по модулю 1

№ п/п	Уметь / Знать	Профессиональный стандарт Специалист по эксплуатации БПЛА		
		трудовое действие	необходимые	
			умения	знания
1.	Уметь: решать кейсы на нормативно-правовое регулирование деятельности с БПЛА. Знать: стратегию решения кейсов на нормативно-правовое регулирование деятельности с БПЛА	Подготовка плана полета беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее и представление его соответствующему органу Единой системы организации воздушного движения, в том числе с использованием	Составлять полетное задание и план полета	Нормативные правовые акты, регламентирующие организацию и выполнение полетов беспилотным воздушным судном, разрешения на использование воздушного пространства, в том числе при выполнении полетов над населенными пунктами, при выполнении авиационных работ. Нормативные правовые акты об установлении запретных зон и зон ограничения полетов; порядок получения информации о запретных

		цифровых технологий. Подготовка полетной документации		зонах и зонах ограничения полетов
2.	Уметь: настраивать симулятор и демонстрировать различные режимы полета в нем и прохождение виртуальной трассы. Знать: алгоритмы настройки симулятора и демонстрирования различных режимов полета в нем и прохождение виртуальной трассы	Запуск беспилотного воздушного судна с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее. Дистанционное управление полетом беспилотного воздушного судна с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее и (или) контроль параметров полета беспилотного воздушного судна Выполнение полета беспилотным воздушным судном с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее в соответствии с полетным заданием	Осуществлять запуск беспилотного воздушного судна. Осуществлять дистанционное пилотирование и (или) контроль параметров полета беспилотного воздушного судна	Порядок производства полетов беспилотными воздушными судами в сегрегированном воздушном пространстве. Основы аэронавигации, аэродинамики, метеорологии в объеме, необходимом для выполнения безопасного полета беспилотным воздушным судном

1.3. Категория слушателей:

Уровень образования: ВО/СПО, получающие ВО/СПО.

1.4. Форма обучения: очная с применением электронного обучения и ДОТ.

1.5. Режим занятий: в соответствии с календарным учебным графиком и круглосуточным доступом к образовательной платформе организации при соблюдении установленных сроков обучения.

1.6. Трудоемкость обучения: 52 часа.

Раздел 2. Содержание программы модуля 1 «Базовый курс пилотирования FPV-квадрокоптеров: современные БПЛА и их устройство»

2.1. Учебный план модуля 1

№ п/п	Наименование разделов / тем	Аудиторные учебные занятия, учебные работы, час.			Вненаучиторная работа, самостоятельная работа	Формы контроля	Трудоемкость
		Всего ауд. часов	Лекции ²	Практические занятия			
1.1	Введение в FPV-квадрокоптеры	4	4		2	Тест № 1	6
1.2	Нормативно-правовое регулирование деятельности с БПЛА	3	2	1	1	Практическая работа № 1	4
1.3	Конструкция FPV-квадрокоптера: рама и компоненты	4	4				4
1.4	Конструкция FPV-квадрокоптера: от выбора до настройки	6	2	4			6
1.5	Система питания FPV-дрона	4	2	2			4
1.6	FPV системы: видеопередатчик, камера, очки/монитор	10	4	6			10
1.7	Приемники радиоуправления (RX) и передатчики (TX)	6	2	4			6
1.8	FPV симуляторы полёта	10	4	6		Практическая работа № 2	10
1.9	Безопасность полётов и техническое обслуживание FPV-квадрокоптеров	2	2				2
	Промежуточная аттестация по модулю 1					Зачет на основании совокупности результатов теста № 1, практических работ № 1, 2	
	Итого:	49	26	23	3		52

² Лекции – офлайн, интерактивные вебинары, презентации.

2.2. Рабочая программа модуля 1

Наименование разделов / тем	Виды учебных занятий, учебных работ	Содержание
1	2	3
Тема 1.1. Введение в FPV-квадрокоптеры	Лекция, 4 часа	История развития FPV, в том числе в военном деле. Отличия от других типов БПЛА с учетом их классификации европейской и российской. Преимущества и недостатки FPV. Области применения и значение в условиях боевых действий. Тенденции развития индустрии FPV
	Самостоятельная работа, 2 часа	Систематизация содержание лекции и подготовка к тестированию. Тест № 1
Тема 1.2. Нормативно-правовое регулирование деятельности с БПЛА	Лекция, 2 часа	Воздушный кодекс РФ, обзор законодательных и нормативных актов, касающихся использования FPV-БПЛА (с акцентом на ограничения и требования к полётам «от первого лица»). Вопросы ответственности. Страхование. Регулирование частот. Варианты постановки БПЛА на учёт. Рекомендации по постановке на учёт. Полёт без разрешения на использование воздушного пространства. Наказание за нарушение правил использования воздушного пространства. Стратегия решения кейсов на нормативно-правовое регулирование деятельности с БПЛА
	Практическая работа, 1 час	Работа в малых группах. Тренинг № 2. Решение кейсов на нормативно-правовое регулирование деятельности с БПЛА
	Самостоятельная работа, 1 час	Практическая работа № 1. Решение кейсов на нормативно-правовое регулирование деятельности с БПЛА
	Лекция, 4 часа	Типы рам (X, H, DeadCat и др.). Материалы рам. Двигатели (бесколлекторные): типы, размеры, KV. Пропеллеры: типы, размеры, шаг. Материал изготовления. Количество лопастей. Виды лопастей. Направление вращения лопастей и схема установки на квадрокоптере. Выбор материала изготовления под разную погоду. Маркировка пропеллеров.

		Регуляторы скорости (ESC): выбор, настройка. Полётный контроллер (FC): функции, интерфейсы, производители
Тема 1.4. Конструкция FPV-квадрокоптера: от выбора до настройки	Лекция, 2 часа	Принципы работы квадрокоптера. Задачи, решаемые с помощью квадрокоптеров с учетом их типа. Особенности и стратегии подбора компонентов для сборки FPV под конкретные задачи и выполнение базовой настройки квадрокоптера. Техника безопасности при сборке и настройке квадрокоптера
	Практическое занятие, 4 часа	<p>Работа в малых группах.</p> <p>1. Тренинг № 1.</p> <p>Деловая игра брейн-ринг.</p> <p>1.1 Идентификация, классификация компонентов с указанием их характеристик: рамы; двигатели; пропеллеры; регуляторы скорости; полётные контроллеры.</p> <p>1.2. Выбор компонентов для сборки FPV под конкретные задачи. Обоснование выбора.</p> <p>1.3. На скорость. С учетом выбранных компонентов подключение ESC к двигателю, полётному контроллеру и настройка.</p> <p>2. Отработка деятельности по настройке полётного контроллера</p>
Тема 1.5. Система питания FPV-дрона	Лекция, 2 часа	Аккумуляторы (LiPo): типы, емкость, напряжение, количество банок (S), С-рейтинг. Разъемы и проводка. Безопасность при работе с LiPo аккумуляторами. Зарядные устройства. Балансировка. Правила хранения и утилизации. Техника безопасности при работе с аккумуляторами
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Работа в малых группах.</p> <p>1. Тренинг № 2 с обсуждением после каждого задания.</p> <p>1.1. Определение параметров LiPo аккумуляторов.</p> <p>1.2. Определение количества банок (S) в каждом аккумуляторе визуально (по количеству проводов с разъема балансировки) и подтверждение измерением напряжения.</p>

		<p>1.3. Определение емкости и С-рейтинга аккумулятора по маркировке.</p> <p>1.4. Подключение и зарядка LiPo аккумуляторов.</p> <p>2. Дискуссия: безопасность и утилизация аккумуляторов</p>
Тема 1.6. FPV-системы: Видеопередатчик, камеры, очки/монитор	Лекция, 4 часа	<p>Видеопередатчики (VTX): выбор частоты, мощности, протоколы связи (аналоговый, цифровой). FPV-камеры: типы, разрешение, угол обзора, задержка. OSD-телеметрия: принцип работы, обязательные данные, методы настройки OSD камеры. Гражданские частоты для аналогового и цифрового видеопотока.</p> <p>FPV-очки, шлем, смартфоны/планшеты мониторы: типы, разрешение, комфорт, DVR. Различие качества изображения аналогового и цифрового сигнала.</p> <p>Антенны (VTX и VRX): типы, поляризация, усиление. Настройка FPV-системы. Алгоритм настройки FPV-системы на тестовом стенде</p>
	Практическое занятие, 6 часов	<p>Работа в малых группах.</p> <p>Тренинг № 3 с обсуждением после каждого задания.</p> <p>1. Выбор и подключение FPV-камеры и VTX: знакомство с характеристиками представленных FPV-камер (тип матрицы, разрешение, угол обзора); обсуждение преимуществ и недостатков у CMOS и CCD матриц; выбор VTX с подходящей мощностью и протоколом связи для данной FPV-камеры и условий использования; подключение FPV-камеры к VTX; подключение питания к VTX.</p> <p>2. Настройка VTX и проверка работы VTX на различных частотных каналах и мощностях, используя FPV-очки/монитор.</p> <p>3. Настройка OSD камеры по: меню OSD камеры (с использованием кнопок/джойстика); отображаемой информации; положению элементов OSD; яркости и контрастности OSD.</p> <p>4. Идентификация различных типов антенн (дипольные, клеверные, патч-антенны), определение их поляризации, установка антенны на VTX и антенны на FPV-очки/монитор, тестирование дальности связи с различными типами антенн и поляризацией.</p> <p>5. Настройка FPV-очков/монитора для получения оптимального изображения</p>

Тема 1.7. Приемники радиоуправления (RX) и передатчики (TX)	Лекция, 2 часа	<p>Выбор аппаратуры радиоуправления: протоколы связи (FrSky, Crossfire, ELRS и др.). Настройка каналов и режимов полёта. FailSafe. Дальность действия. Телеметрия. Эргономика передатчика.</p> <p>Демонстрация, настройка аппаратуры в симуляторе.</p>
	Практическое занятие, 4 часа	<p>1. Обсуждение и анализ: характеристики протоколов связи (FrSky, Crossfire, ELRS и др.); факторов, влияющих на дальность действия радиоуправления; особенностей настройки FailSafe для предотвращения аварий; различных типов телеметрических данных и их применения; эргономики различных моделей передатчиков.</p> <p>Работа в малых группах.</p> <p>2. Тренинг № 4.</p> <p>2.1. Выбор аппаратуры радиоуправления из представленных моделей.</p> <p>2.2. Настройка каналов и режимов полёта: подключение аппаратуры радиоуправления к компьютеру и запуск соответствующего программного обеспечения для настройки; создание новой модели и назначение каналов управления (газ, элероны, элеватор, руль направления) на стики и переключатели; настройка экспоненты и кривых газа для более комфорtnого управления.</p> <p>2.3. Настройка FailSafe на аппаратуре радиоуправления и приемнике, проверка ее работы.</p> <p>2.4. Подключение телеметрических датчиков к приемнику и настройка отображения телеметрических данных на дисплее передатчика</p>
Тема 1.8. FPV-симуляторы полёта	Лекция, 4 часа	<p>Обзор FPV-симуляторов (Liftoff, Velocidrone, DRL Simulator и др.). Пульт управления и его подготовка. Особенности подключение пульта. Калибровка, установка и настройка симулятора, отображение стиков режимов полёта. Алгоритм настройки симулятора. Специфика отработки базовых навыков пилотирования с использованием симулятора (управление газом, элеронами, рулём направления, тангажом). Виртуальные трассы и соревнования. Алгоритм демонстрации различных режимов полёта в симуляторе и прохождения виртуальной трассы</p>

	Практическое занятие, 4 часа	<p>1. Обсуждение и анализ: характеристик и особенностей симуляторов (Liftoff, Velocidrone, DRL Simulator и др.): базовых принципов пилотирования FPV (газ, элероны, руль направления, тангаж).</p> <p>2. Тренинг № 4.</p> <p>Отработка деятельности настройки симулятора и демонстрация различных режимов полёта в нем.</p> <p>2.1 Настройка симулятора.</p> <p>2.2 Отработка базовых навыков пилотирования через управление: газом; тангажом; элеронами; рулём направления; комбинированными движениями.</p> <p>2.3. Отработка умения полёта по виртуальной трассе.</p> <p>3. Мини-соревнования полётов по трассе на время по заданной виртуальной трассе</p>
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Практическая работа № 2.</p> <p>Настройка симулятора и демонстрация различных режимов полёта в нем и прохождение виртуальной трассы</p>
Тема 1.9. Безопасность полётов и техническое обслуживание FPV- квадрокоптеров	Лекция, 2 часа	Проверка оборудования перед полётом. Правила безопасного пилотирования. Действия в аварийных ситуациях. Поиск и устранение неисправностей. Замена компонентов. Регулярное обслуживание
Промежуточная аттестация по модулю 1		Зачет на основании совокупности результатов теста № 1, практических работ №№ 1, 2

2.3. Календарный учебный график модуля 1

№ п/п	Тема	Учебные недели/часы				
		1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя	5 неделя
1.1	Введение в FPV- квадрокоптеры	T, П/6				
1.2	Нормативно-правовое регулирование деятельности с БПЛА	T, П/4				
1.3	Конструкция FPV- квадрокоптера: рама и компоненты		T /4			
1.4	Конструкция FPV- квадрокоптера: от выбора до настройки		T, П /6			
1.5	Система питания FPV-дрона			T,П/4		
1.6	FPV-системы: видеопередатчик, камера, очки/монитор			T, П /10		

1.7	Приемники радиоуправления (RX) и передатчики (TX)				T, П /6	
1.8	FPV-симуляторы полёта				T, П/6	П/4
1.9	Безопасность полётов и техническое обслуживание FPV-квадрокоптеров					T/2
	Промежуточная аттестация по модулю 1					ПА

Условные обозначения:
 Т – теоретическая подготовка
 П – практическая работа, самостоятельная работа
 ПА – промежуточная аттестация (экзамен, зачет)

Раздел 3. Формы аттестации и оценочные материалы по модулю 1 «Базовый курс пилотирования FPV-квадрокоптеров: современные БПЛА и их устройство»

3.1. Текущий контроль по модулю 1

Тест № 1 по теме 1.1

Форма проведения	Дистанционная
Виды оценочных материалов	<p>1. В чем основное отличие FPV-дрона от обычного дрона с GPS?</p> <p>а) FPV-дрон всегда меньше по размеру. б) FPV-дрон управляет только с помощью смартфона. в) FPV-дрон предоставляет пилоту вид от первого лица через камеру и очки/монитор. г) FPV-дрон не может летать на большие расстояния.</p> <p>2. Какие из перечисленных областей являются типичными для применения FPV-дронов?</p> <p>а) Аэрофотосъемка пейзажей. б) Участие в гоночных соревнованиях. в) Доставка посылок на дальние расстояния. г) Инспекция промышленных объектов. д) Военная разведка и корректировка огня.</p> <p>3. Каким образом FPV-дроны могут изменить тактику ведения боевых действий? (Ответ в свободной форме)</p>
Критерии оценивания	Тест оценивается положительно при правильном выполнении не менее 70% заданий из 12 предложенных. Предоставляется неограниченное число попыток
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 1 по теме 1.2

Название (проекта,	Решение кейсов на нормативно-правовое регулирование деятельности с БПЛА
--------------------	---

разработки, сценария и т.д.)	
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании стратегии решения кейсов на нормативно-правовое регулирование деятельности с БПЛА
Критерии оценивания	1. Все шаги стратегии выполнены правильно и в полном объеме. 2. Решение кейсов проведено адекватно их содержанию, ответы на поставленные вопросы представлены полно, в развернутом виде с правильной аргументацией
Оценка	Зачтено/не зачтено

Варианты кейсов к практической работе № 1

Кейс № 1.

Ситуация: А., начинающий FPV-пилот, приобрел небольшой дрон (до 250 грамм) и решил протестировать его в городском парке в выходной день. Он надел FPV-очки и увлекся полётом, не обращая внимания на окружающих. В парке гуляли семьи с детьми, и в какой-то момент дрон чуть не столкнулся с ребенком. К А. подошел сотрудник охраны парка и потребовал прекратить полёт дрона.

Вопросы для анализа:

1. Имел ли право А. пилотировать дрон в парке? Какие факторы следует учитывать? Аргументируйте свой ответ.
2. Какие нарушения допустил А.?
3. Какие документы необходимо иметь А., чтобы пилотировать дрон в парке легально?
4. Какие действия должен был предпринять А. перед полётом, чтобы избежать проблем?
5. Какие последствия могут наступить для А. в данном случае?
6. Предположим, что парк находится в непосредственной близости от аэропорта. Как это влияет на ситуацию? Аргументируйте свой ответ.

Кейс № 2.

Ситуация: компания «АэроВидео» оказывает услуги аэросъемки с использованием FPV-дронов. Они получили заказ на съемку строящегося жилого комплекса в черте города. У компании есть несколько пилотов, но не все дроны зарегистрированы. Один из пилотов выполнил полёт без предварительного уведомления органов контроля воздушного пространства. Во время полёта дрон потерял управление и упал на стройплощадку, повредив строительные материалы.

Вопросы для анализа:

1. Какие нормативные акты регулируют коммерческое использование FPV-дронов?
2. Какие нарушения допустила компания «АэроВидео»?
3. Какую ответственность несет компания за ущерб, причиненный падением дрона?
4. Какие документы и разрешения необходимы компании для законной деятельности в области аэросъемки?
5. Какие требования предъявляются к пилотам, выполняющим коммерческие полёты?
6. Рассмотрите вариант, что у компании есть страховка. Какие действия необходимо предпринять для получения страховой выплаты?

Кейс № 3.

Ситуация: во время проведения соревнований по FPV-гонкам один из участников использовал видеопередатчик на частоте, не разрешенной для гражданского использования. Организаторы соревнований не проверили соответствие оборудования участников нормативным требованиям. В результате были созданы помехи для работы аeronавигационных служб.

Вопросы для анализа:

1. Кто несет ответственность за использование неразрешенных частот на соревнованиях?

2. Какие частоты разрешены для использования FPV-дронами в вашем регионе?

3. Какие меры должны предпринять организаторы соревнований для предотвращения подобных инцидентов?

4. Какие последствия могут наступить для пилота, использовавшего неразрешенную частоту?

5. Может ли страховка покрыть ущерб, причиненный использованием неразрешенной частоты?

6. Какие органы осуществляют контроль за соблюдением правил использования радиочастотного спектра?

3.2. Промежуточная аттестация по модулю 1

Форма промежуточной аттестации	Дистанционно
Требования к промежуточной аттестации	Выполнение всех форм контроля
Критерии оценивания	Слушатель считается аттестованным по программе модуля 1 при положительном оценивании теста № 1, практических работ №№ 1, 2
Оценка	Зачтено/не зачтено

Раздел 4. Организационно-педагогические условия реализации программы модуля 1 «Базовый курс пилотирования FPV-квадрокоптеров: современные БПЛА и их устройство» (п. 4.1. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение, п. 4.2. Материально-технические условия реализации, 4.3. Кадровые условия реализации программы модуля 1) отражены в разделе 4 программы профессиональной переподготовки на стр. 82 – 85).

Рабочая программа модуля 2

«Подготовка БПЛА к эксплуатации»

Раздел 1. Характеристика программы модуля 2 «Подготовка БПЛА к эксплуатации»

1.1. Цель реализации модуля 2

Получение компетенций в области подготовки БПЛА к эксплуатации, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности «Эксплуатация беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее».

1.2. Планируемые результаты обучения по модулю 2

№ п/п	Уметь / Знать	Профессиональный стандарт Специалист по эксплуатации БПЛА		
		трудовое действие	необходимые	
			умения	знания
1.	Уметь: подготавливать винтомоторную группу БПЛА к эксплуатации. Знать: алгоритм подготовки винтомоторной группы БПЛА к эксплуатации	Выполнение внешнего осмотра беспилотной авиационной системы, включающей в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее, и выявление неисправностей. Контроль работоспособности систем, оборудования беспилотной авиационной системы, включающей в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее,	Осуществлять подготовку и настройку элементов беспилотных авиационных систем. Выполнять техническое обслуживание элементов беспилотной авиационной системы в соответствии с эксплуатационной документацией. Использовать необходимые для работы инструменты, приспособления и контрольно-измерительную аппаратуру	Перечня и содержания работ по видам технического обслуживания беспилотных авиационных систем, порядок их выполнения. Назначения, устройства и принципов работы элементов беспилотной авиационной системы. Порядка подготовки к работе инструментов, приспособлений и контрольно-измерительной аппаратуры для выполнения технического обслуживания беспилотной авиационной системы. Порядка и технологии выполнения всех видов технического обслуживания беспилотной

		и ее элементов в процессе выполнения технического обслуживания		авиационной системы и ее элементов, а также специальных работ. Требований охраны труда и пожарной безопасности
2.	Уметь: настраивать пульт управления и протоколов связи БПЛА. Знать: алгоритм настройки пульта управления и протоколов связи БПЛА	Оценивание технического состояния элементов беспилотных авиационных систем. Обновление программного обеспечения и калибровка беспилотной авиационной системы, включающей в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее, с использованием цифровых технологий (при необходимости)	Использовать цифровые технологии при обновлении программного обеспечения и калибровке беспилотной авиационной системы	Правил использования цифровых технологий при обновлении программного обеспечения и калибровке беспилотной авиационной системы
3.	Уметь: устанавливать прошивку пульта приемника БПЛА. Знать: алгоритм установки прошивки пульта приемника БПЛА	Обновление программного обеспечения и калибровка беспилотной авиационной системы, включающей в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее, с использованием цифровых технологий (при необходимости)	Использовать цифровые технологии при обновлении программного обеспечения и калибровке беспилотной авиационной системы	Правил использования цифровых технологий при обновлении программного обеспечения и калибровке беспилотной авиационной системы
4.	Уметь: подготавливать к эксплуатации двигательной (силовой) установки	Выполнение внешнего осмотра беспилотной авиационной системы, включающей в себя	Осуществлять подготовку и настройку элементов беспилотных	Перечня и содержания работ по видам технического обслуживания беспилотных

	<p>бортового энергетического оборудования БПЛА.</p> <p>Знать:</p> <p>алгоритм подготовки к эксплуатации двигательной (силовой) установки и бортового энергетического оборудования БПЛА</p>	<p>одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее, и выявление неисправностей.</p> <p>Контроль работоспособности систем, оборудования беспилотной авиационной системы, включающей в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее, и ее элементов в процессе выполнения технического обслуживания</p>	<p>авиационных систем.</p> <p>Выполнять техническое обслуживание элементов беспилотной авиационной системы в соответствии с эксплуатационной документацией.</p> <p>Использовать необходимые для работы инструменты, приспособления и контрольно-измерительную аппаратуру</p>	<p>авиационных систем, порядок их выполнения. Назначения, устройства и принципов работы элементов беспилотной авиационной системы. Порядка подготовки к работе инструментов, приспособлений и контрольно-измерительной аппаратуры для выполнения технического обслуживания беспилотной авиационной системы Порядка и технологии выполнения всех видов технического обслуживания беспилотной авиационной системы и ее элементов, а также специальных работ. Требований охраны труда и пожарной безопасности</p>
--	---	---	--	--

1.3. Категория слушателей:

Уровень образования: ВО/СПО, получающие ВО/СПО.

1.4. Форма обучения: очная с применением электронного обучения и ДОТ.

1.5. Режим занятий: в соответствии с календарным учебным графиком и круглосуточным доступом к образовательной платформе организации при соблюдении установленных сроков обучения.

1.6. Трудоемкость обучения: 89 часов.

Раздел 2. Содержание программы модуля 2 «Подготовка БПЛА к эксплуатации»

2.1. Учебный план модуля 2

№ п/п	Наименование разделов / тем	Аудиторные учебные занятия, учебные работы, час.				Формы контроля	Трудоемкость
		Всего ауд. часов	Лекции ³	Практические занятия	Внеаудиторная работа, самостоятельная работа		
	Раздел 1. Процессоры и программное обеспечение БПЛА как основание обеспечения эксплуатации БПЛА	35	13	22	4		39
1.1	Архитектура вычислительных систем БПЛА	12	4	8	1	Тест № 1	13
1.2	Работа с данными с сенсоров БПЛА	13	5	8	2	Тест № 2	15
1.3	Программное обеспечение управления полётом БПЛА	10	4	6	1	Тест № 3	11
	Раздел 2. Основные компоненты БПЛА и подготовка их к эксплуатации	50	24	26			50
2.1	Винтомоторная группа БПЛА: особенности и подготовка к эксплуатации	10	4	6		Практическая работа № 1	10
2.2	Полётный контроллер (FC) как основной компонент бортового комплекса управления беспилотного летательного аппарата	4	2	2			4
2.3	Настройка пульта управления и протоколов связи БПЛА	10	4	6		Практическая работа № 2	10
2.4	Прошивка пульта управления и протокола связи БПЛА	8	4	4		Практическая работа № 3	8
2.5	Подготовка двигательной (силовой) установки БВС и бортового энергетического оборудования к эксплуатации	7	3	4		Практическая работа № 4	7
2.6	Подготовка к эксплуатации станции внешнего пилотирования	5	3	2			5
2.7	Подготовка к эксплуатации полезной нагрузки и периферийных устройств беспилотных авиационных систем	4	2	2			4
2.8	Видеосистемы	2	2				2

³ Лекции – офлайн, интерактивные вебинары, презентации.

	Промежуточная аттестация по модулю 2					Зачет на основании совокупности результатов тестирования №№ 1 – 3, практических работ №№ 1 – 4	
	Итого:	85	37	48	4		89

2.2. Рабочая программа модуля 2

Наименование разделов / тем	Виды учебных занятий, учебных работ	Содержание			
		1	2	3	
Радел 1. Процессоры и программное обеспечение как этап обеспечения эксплуатации БПЛА					
Тема 1.1. Архитектура вычислительных систем БПЛА	Лекция, 1 час	Общая структура вычислительной системы БПЛА. Процессор, память, периферийные устройства, шины данных. Взаимодействие между компонентами; примеры архитектур: централизованная, распределенная			
	Практическая работа, 2 часа	Работа в малых группах. Тренинг № 1. 1. Разборка и идентификация основных компонентов демонстрационного БПЛА (или его модели). 2. Составление схемы взаимосвязей компонентов			
	Лекция, 1 час	Типы процессоров, используемых в БПЛА. Микроконтроллеры (ARM Cortex-M, AVR и др.). Одноплатные компьютеры (Raspberry Pi, NVIDIA Jetson и др.). Сравнение характеристик (производительность, энергопотребление, стоимость). Области применения			
	Практическая работа, 2 часа	Сравнение характеристик по таблицам данных (datasheets) различных процессоров. Сравнение по ключевым параметрам (тактовая частота, объем памяти, интерфейсы). Выбор оптимального процессора для заданной задачи (например, обработка видео в реальном времени, управление двигателями)			
	Лекция, 1 час	Операционная система реального времени (RTOS). Назначение RTOS. Принципы работы (планирование задач, приоритеты, прерывания). Примеры RTOS, используемых в БПЛА (FreeRTOS, NuttX)			

	Практическая работа, 2 часа	Работа в малых группах. Тренинг № 2. 1. Установка FreeRTOS на эмулятор. 2. Создание простейшей задачи и запуск ее в RTOS. 3. Наблюдение за работой планировщика RTOS
	Лекция, 1 час	Выбор процессора и ОС для конкретных задач: критерии выбора (производительность, энергопотребление, габариты, стоимость) в зависимости от поставленных задач. Примеры применения различных процессоров и ОС в БПЛА в зависимости от поставленных задач. Разные варианты использования систем виртуализации в зависимости от поставленных задач
	Практическая работа, 2 часа	Работа в малых группах. Тренинг № 3. 1. Подбор конфигурации вычислительной системы с учетом поставленных задач: – анализ требований к вычислительной системе для конкретного БПЛА (например, геодезическая съемка, разведка, доставка грузов и т.д.); – подбор оптимального процессора и RTOS с учетом этих требований; – обоснование выбора. 2. Обсуждение и анализ предложенных вариантов конфигураций
	Самостоятельная работа, 1 час	Систематизация содержания темы 1.1 и подготовка к разноуровневому тестированию. Тест № 1
Тема 1.2. Работа с данными с сенсоров БПЛА	Лекция, 1 час	Типы сенсоров, используемых в БПЛА: IMU (акселерометр, гироскоп, магнитометр). GPS/ГЛОНАСС. Барометр. Датчики расстояния (ультразвуковые, лазерные). Камеры (RGB, тепловизионные)
	Самостоятельная работа, 1 час	Изучение документации на несколько типов сенсоров (по выбору обучающегося). Определение принципов работы и основных характеристик. Составление таблицы с представлением преимуществ и недостатков каждого типа сенсора
	Лекция, 1 час	Принципы работы и характеристики сенсоров: точность, диапазон измерений, частота обновления данных. Основные типы ошибок сенсора IMU (смещение нуля, масштабная ошибка, неортогональность осей, шум измерений, температурные дрейфы и т.д.) Источники ошибок и методы их компенсации (калибровка, фильтрация).

		Разбор примеров ошибок и варианты их компенсации
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Работа в малых группах.</p> <p>Тренинг № 4.</p> <p>Калибровка сенсора IMU</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подключение IMU к микроконтроллеру. 2. Сбор данных с сенсора в статическом положении. 3. Проведение калибровки с использованием специального программного обеспечения. 4. Оценка точности показаний после калибровки
	Лекция, 1 час	<p>Протоколы передачи данных от сенсоров: I2C, SPI, UART, CAN.</p> <p>Форматы данных.</p> <p>Особенности использования различных протоколов.</p> <p>Алгоритм работы с протоколами обмена данными в рамках деятельности с БПЛА</p>
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Работа в малых группах.</p> <p>Тренинг № 5.</p> <p>Работа с протоколами обмена данными.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подключение сенсора к микроконтроллеру по выбранному протоколу. 2. Написание программы для чтения данных с сенсора или выбор из готовых программ с учетом выбранного протокола. 3. Анализ формата данных и преобразование их в физические величины
	Лекция, 1 час	<p>Фильтрация и обработка данных с сенсоров: необходимость и особенности фильтрации и обработки данных с сенсоров.</p> <p>Простейшие фильтры (скользящее среднее, медианный фильтр) их характеристики и отличия.</p> <p>Фильтр Калмана: принцип работы его характеристики и возможности</p>
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Работа в малых группах.</p> <p>Тренинг № 6.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Реализация фильтра Калмана (или другого по выбору обучающихся) для обработки данных с IMU или GPS. 2. Оценка эффективности фильтрации путем сравнения данных с фильтром и без него. 3. Визуализация результатов фильтрации
	Лекция, 1 час	<p>Программные и аппаратные методы обеспечения безопасности: алгоритм и примеры проверки целостности данных, резервирование сенсоров.</p> <p>Алгоритм и примеры диагностики неисправностей.</p> <p>Методы предотвращения отказов</p>
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Работа в малых группах.</p> <p>Тренинг № 7.</p>

		Обнаружение и компенсация созданных моделей, имитирующих неисправности сенсора. 1. Разработка алгоритма обнаружения неисправности. 2. Реализация алгоритма компенсации ошибки
	Самостоятельная работа, 1 час	Систематизация содержания темы 1.2 и подготовка к разноуровневому тестированию. Тест № 2
Тема 1.3. Программное обеспечение управления полётом БПЛА	Лекция, 1 час	Архитектура программного обеспечения управления полётом: модули управления (стабилизация, навигация, управление двигателями): основные функции и задачи; входные и выходные данные. Взаимодействие между модулями
	Практическое занятие, 2 часа	Работа в малых группах. Тренинг № 8. Разработка упрощенной схемы взаимодействия между модулями управления на основе определенной ответственности и входных/выходных данных
	Лекция, 1 час	Алгоритмы управления БПЛА: регуляторы положения и скорости (PID-регуляторы, LQR). Алгоритмы стабилизации и навигации. Алгоритмы планирования траектории
	Практическое занятие, 2 часа	Работа в малых группах. Тренинг № 9. Настройка PID-регулятора. 1. Использование симулятора для настройки PID-регулятора для стабилизации БПЛА. 2. Изучение влияния параметров PID-регулятора на поведение БПЛА. 3. Оптимизация параметров регулятора для достижения наилучшей стабильности
	Лекция, 2 часа	Управление энергопотреблением БПЛА: алгоритмы оптимизации энергопотребления. Уведомления о низком заряде батареи (Low Battery event). Система управления батареей (BMS)
	Практическое занятие, 2 часа	Работа в малых группах. Тренинг № 9. Моделирование энергопотребления БПЛА. 1. Создание модели энергопотребления БПЛА с учетом различных факторов (скорость, высота, вес груза). 2. Разработка алгоритма управления энергопотреблением для увеличения времени полёта. 3. Аварийное снижение БПЛА при критически низком заряде аккумулятора
	Самостоятельная работа, 1 час	Систематизация содержания темы 1.3 и подготовка к разноуровневому тестированию. Тест № 3

Раздел 2. Основные компоненты БПЛА и подготовка их к эксплуатации		
Тема 2.1. Винтомоторная группа БПЛА: особенности и подготовка к эксплуатации	Лекция, 4 часа	<p>Роль винтомоторной группы в БПЛА. Техника безопасности при работе с винтомоторными группами.</p> <p>Компоненты винтомоторной группы: типы двигателей (электрические, ДВС); особенности и характеристики электрических двигателей для БПЛА (KV, мощность, ток); регуляторы оборотов (ESC) (функции, типы, выбор, особенности подключения ESC к моторам). Выбор и расчёт ESC по максимальному току, разрешённому аккумулятору. Протоколы взаимодействия полётного контроллера и ESC. Виды и скорость протоколов передачи данных в ESC); воздушные винты (геометрия, материалы, характеристики, особенности крепления и соединения с регулятором оборотов); аккумуляторы (типы, характеристики, правила эксплуатации: системы крепления и сопряжения компонентов).</p> <p>Особенности эксплуатации винтомоторных групп: факторы, влияющие на ресурс винтомоторной группы (температура, влажность, вибрация, пыль); типичные неисправности и способы их выявления; методы диагностики и обслуживания компонентов (визуальный осмотр, проверка люфтов, измерение параметров).</p> <p>Алгоритм подготовки винтомоторной группы БПЛА к эксплуатации</p>
	Практическое занятие, 4 часа	<p>Инструктаж по технике безопасности при работе с оборудованием. Обзор инструментов и их назначение. Изучение характеристик, представленных БПЛА и их винтомоторных групп.</p> <p>Работа в малых группах.</p> <p>Тренинг № 10.</p> <p>Отработка деятельности по подготовке винтомоторной группы БПЛА к эксплуатации.</p> <p>1. Диагностика винтомоторной группы: визуальный осмотр компонентов на наличие повреждений; проверка люфтов в подшипниках двигателя; измерение сопротивления обмоток двигателя (выборочно); проверка состояния проводов и разъемов; тестирование аккумуляторов на предмет напряжения и емкости.</p> <p>2. Обслуживание винтомоторной группы: балансировка винтов с использованием балансировочного станка; очистка компонентов от загрязнений; замена поврежденных винтов; проверка и подтяжка креплений; смазка подшипников (при необходимости).</p>

		<p>3. Подготовка к эксплуатации: настройка регуляторов оборотов (ESC) с использованием программного обеспечения (при необходимости); калибровка системы управления двигателями через полётный контроллер; проверка направления вращения двигателей; проверка работы винтомоторной группы на малых оборотах (без взлета)</p>
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Практическая работа № 1. Подготовка винтомоторной группы БПЛА к эксплуатации</p>
Тема 2.2. Полётный контроллер (FC) как основной компонент бортового комплекса управления беспилотного летательного аппарата	Лекция, 2 часа	<p>Назначение полётного контроллера. Поколения процессоров и скорость их работы. Синхронность работы микропроцессора и датчиков. Датчик MPU. Регулятор напряжения (BEC). Плата распределения питания. Варианты компоновки регуляторов напряжения, плат распределения питания полётного контроллера. Принцип работы трехосевого гироскопа, акселерометра, магнитометра. Три типа соединения полётного контроллера с периферией: пластиковый разъём, контактные площадки, сквозные отверстия</p>
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Изучение и идентификация основных компонентов FC (процессор, датчики, BEC, PDB, разъемы). Изучение маркировки и распиновки разъемов. Использование мультиметра для проверки напряжения на различных контактах FC. Подключение FC к периферии: приемнику; BEC и т.д. Настройка FC: подключение FC к компьютеру с использованием USB; краткий обзор программного обеспечения для настройки FC (Betaflight, Cleanflight и т.д.); настройка базовых параметров (тип приемника, протокол ESC и т.д.); визуализация данных с датчиков (гироскоп, акселерометр) в реальном времени</p>
Тема 2.3. Настройка пульта управления и протоколов связи БПЛА	Лекция, 4 часа	<p>Обзор пультов управления БПЛА и их классификация (по функциональности, дальности, протоколам связи). Роль пульта управления в системе БПЛА. Техника безопасности при работе с радиооборудованием. Компоненты и принципы работы пульта управления: аппаратная часть: передатчик, приемник, антенны, органы управления (стики, переключатели, кнопки); программная часть: прошивка, интерфейс пользователя, настройки; принципы радиосвязи: модуляция, девиация, частотный диапазон. Протоколы связи: обзор основных протоколов связи, используемых в БПЛА: PWM, PPM, SBUS,</p>

	<p>FrSky, Crossfire, ELRS (ExpressLRS); особенности каждого протокола: скорость передачи данных, количество каналов, дальность, помехоустойчивость; выбор протокола в зависимости от типа БПЛА и условий эксплуатации.</p> <p>Алгоритм настройки пульта управления и протоколов связи БПЛА.</p> <p>Настройка пульта управления: привязка (биндинг) пульта к приемнику БПЛА; настройка каналов управления: назначение функций стикам, переключателям, потенциометрам; калибровка стиков и потенциометров; настройка режимов полёта (например, стабилизированный, акробатический, GPS); настройка failsafe (действия при потере сигнала).</p> <p>Расширенные настройки и телеметрия; настройка телеметрии: отображение данных о состоянии БПЛА на экране пульта (напряжение аккумулятора, высота, скорость, GPS-координаты); настройка предупреждений и оповещений; использование дополнительных функций: тренеры, логирование данных</p>
Практическое занятие, 3 часа	<p>Обзор материалов и оборудования.</p> <p>Инструктаж по технике безопасности при работе с радиооборудованием.</p> <p>Установка и настройка программного обеспечения для работы с пультом управления (OpenTX Companion, EdgeTX).</p> <p>Работа в малых группах.</p> <p>Тренинг № 11.</p> <p>Отработка деятельности по настройке пульта управления и протоколов связи БПЛА.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Привязка (BIND) пульта управления к приемнику для различных протоколов (SBUS, FrSky, Crossfire, ELRS). Разбор типичных проблем при привязке и способы их решения. 2. Настройка каналов управления с уточнением назначения каналов управления стиками, переключателями, потенциометрами в программном обеспечении пульта управления. Настройка микшеров (Mixers) для реализации сложных функций управления (например, управление элеронами и рулём высоты одновременно). Калибровка стиков и потенциометров. 3. Настройка режимов полёта и Failsafe: создание и настройка различных режимов полёта (например, стабилизированный, акробатический, GPS) с использованием переключателей на пульте управления; настройка Failsafe для различных протоколов связи: установка действий, которые

		<p>должен выполнить БПЛА при потере сигнала (возврат домой, посадка, зависание).</p> <p>4. Настройка телеметрии: подключение телеметрии от полётного контроллера к пульту управления; настройка отображения данных телеметрии на экране пульта (напряжение аккумулятора, высота, скорость, GPS-координаты); настройка предупреждений и оповещений</p>
	Практическое занятие, 3 часа	<p>Практическая работа № 2.</p> <p>Настройка пульта управления и протоколов связи БПЛА</p>
Тема 2.4. Прошивка пульта управления и протокола связи БПЛА	Лекция, 4 часа	<p>Понятие «прошивка» (Firmware) – её определение и роль в работе пульта управления и протокола связи.</p> <p>Компоненты и архитектура прошивки: загрузчик (Bootloader) – первичная программа, обеспечивающая обновление; ядро (Kernel) – основная часть, управляющая ресурсами; драйверы – для работы с аппаратным обеспечением (дисплей, стики, радиомодуль); интерфейс пользователя (GUI).</p> <p>Производители и их прошивки (OpenTX, EdgeTX, проприетарные прошивки Spektrum, FrSky и др.).</p> <p>Протоколы связи и их прошивки (FrSky ACCST/ACCESS, Spektrum DSMX, Crossfire, Tracer, ELRS и др.). Влияние прошивки на работу протокола (дальность, телеметрия, биндинг).</p> <p>Необходимое оборудование и программное обеспечение для прошивки. Алгоритм и примеры выбора правильной версии прошивки с учетом совместимости с пультом управления и приемником, чтения Release Notes, стабильности версии.</p> <p>Алгоритм и примеры установки прошивки пульта и приемника БПЛА.</p> <p>Разбор типичных ошибок при прошивке и способы решения проблем</p>
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Работа в малых группах.</p> <p>Тренинг № 12.</p> <p>Отработка деятельности по установке прошивки пульта и приемника БПЛА.</p> <ol style="list-style-type: none"> Выбор прошивки (OpenTX/EdgeTX, ELRS и т.д.): проверка на совместимость: пульт, приемник, протокол; чтение Release Notes: нахождение критических изменений, которые затрагивают сетап. Создание резервной копии текущей прошивки и настроек. Подготовка оборудования: аккумулятора на пульте, кабели, данные. Прошивка пульта.

		5. Прошивка приемника Практическая работа № 3. Установка прошивки пульта и приемника БПЛА
Тема 2.5. Подготовка двигательной (силовой) установки БВС и бортового энергетического оборудования к эксплуатации	Лекция, 3 часа	<p>Типы силовых установок (ДВС, электро) для БПЛА их преимущества и недостатки.</p> <p>Бортовое энергетическое оборудование: аккумуляторы LiPo их преимущества.</p> <p>Электромоторы и регуляторы: устройство бесколлекторного электромотора – основные компоненты и принцип работы; регулятор оборотов (ESC): назначение, основные параметры (ток, напряжение), BEC (Battery Elimination Circuit); подбор электромотора и регулятора: соответствие по току и напряжению; последствия неправильного выбора.</p> <p>Аккумуляторы LiPo: характеристики LiPo аккумуляторов: напряжение (B), емкость (mAh), ток разряда (C-rating); влияние этих параметров на время полёта и мощность; заряд и разряд LiPo аккумуляторов: правила, ограничения, зарядные устройства (типы, режимы); балансировка; хранение LiPo аккумуляторов: оптимальные условия, подготовка к длительному хранению; техника безопасности: риски (возгорание, взрыв), меры предосторожности.</p> <p>Алгоритм подготовки к эксплуатации двигательной (силовой) установки и бортового энергетического оборудования БПЛА</p>
	Практическое занятие, 2 часа	Работа в малых группах. Тренинг № 12. Отработка деятельности по подготовке к эксплуатации двигательной (силовой) установки и бортового энергетического оборудования к эксплуатации
	Практическое занятие, 2 часа	Практическая работа № 4. Подготовка к эксплуатации двигательной (силовой) установки и бортового энергетического оборудования БПЛА
Тема 2.6. Подготовка к эксплуатации станции внешнего пилотирования	Лекция, 3 часа	<p>Компоненты станции внешнего пилотирования (СВП) их особенности и характеристики: аппаратное обеспечение; программное обеспечение; эргономика рабочего места оператора.</p> <p>Алгоритм подготовки к эксплуатации станции внешнего пилотирования БПЛА: проверка технического состояния; настройка программного обеспечения; подготовка полётной площадки; действия в случае неисправности оборудования</p>
	Практическое занятие, 2 часа	Работа в малых группах по каждому элементу подготовки СВП к эксплуатации. Тренинг № 13.

		<p>1. Подготовка к эксплуатации станции внешнего пилотирования БПЛА:</p> <p>1.1. Проверка технического состояния СВП.</p> <p>1.2. Аппаратная проверка СВП.</p> <p>1.3. Проверка программной конфигурации.</p> <p>1.4. Проверка связи и телеметрии.</p> <p>1.5. Обмен мнениями по готовности СВП к эксплуатации.</p> <p>2. Решение кейса по смоделированной внештатной ситуации</p>
Тема 2.7. Подготовка к эксплуатации полезной нагрузки и периферийных устройств беспилотных авиационных систем	Лекция, 2 часа	<p>Типы и характеристики полезной нагрузки: камеры и видеосистемы; датчики и сенсоры; системы лазерного сканирования.</p> <p>Подготовка полезной нагрузки к эксплуатации: проверка технического состояния; калибровка и настройка; установка и интеграция с БПЛА.</p> <p>Подготовка и эксплуатация периферийных устройств: оборудование СВП; системы передачи данных; оборудование для обработки данных</p>
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Работа в малых группах.</p> <p>Тренинг № 14.</p> <p>Подготовка к эксплуатации полезной нагрузки и периферийных устройств беспилотных авиационных систем</p>
Тема 2.8. Видеосистемы	Лекция, 2 часа	<p>Аналоговые и цифровые видеосистемы их достоинства и недостатки.</p> <p>Цифровые системы DJI, HDZero, Walksnail Avatar: характеристики, особенности и недостатки.</p> <p>Качество видео цифровых HD-систем. Дальность действия и проникновение HD-систем. Задержка сигнала HD-систем</p>
Промежуточная аттестация по модулю 2		Зачет на основании совокупности результатов тестирования №№ 1 – 3, практических работ №№ 1 – 4

2.3. Календарный учебный график модуля 2

№ п/п	Тема	Учебные недели/часы									
		1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя	5 неделя	6 неделя	7 неделя	8 неделя	9 неделя	10 неделя
1.1	Архитектура вычислительных систем БПЛА	T/4, П/9									
1.2	Работа с данными с сенсоров БПЛА		T/5, П/10								
1.3	Программное обеспечение управления полётом БПЛА			T/4, П/7							
2.1	Винтомоторная группа БПЛА: особенности и				T/4, П/6						

	подготовка к эксплуатации									
2.2	Полётный контроллер (FC) как основной компонент бортового комплекса управления беспилотного летательного аппарата				T,П/4					
2.3	Настройка пульта управления и протоколов связи БПЛА					T/4, П/6				
2.4	Прошивка пульта управления и протокола связи БПЛА						T,П/8			
2.5	Подготовка двигательной (силовой) установки БВС и бортового энергетического оборудования к эксплуатации							T/3, П/4		
2.6	Подготовка к эксплуатации станции внешнего пилотирования								T/3, П/2	
2.7	Подготовка к эксплуатации полезной нагрузки и периферийных устройств беспилотных авиационных систем									T,П/4
2.8	Видеосистемы									T/2
	Промежуточная аттестация по модулю 2									ПА

Условные обозначения:
 Т – теоретическая подготовка
 П – практическая работа, самостоятельная работа
 ПА – промежуточная аттестация (экзамен, зачет)

Раздел 3. Формы аттестации и оценочные материалы модуля 2

«Подготовка БПЛА к эксплуатации»

3.1. Промежуточная аттестация по модулю 2

Тест № 1 по теме 1.1

Форма проведения	Дистанционная
Виды оценочных материалов	1. Что из перечисленного является основной функцией полётного контроллера (Flight Controller) БПЛА? а) Управление камерой.

	<p>b) Сбор и обработка данных с сенсоров, управление двигателями для стабилизации и навигации.</p> <p>c) Передача видеосигнала на наземную станцию.</p> <p>d) Обеспечение электропитания всех компонентов.</p> <p>2. Почему для управления БПЛА необходимо использовать несколько типов сенсоров, а не только GPS. Выберите нужное объяснение.</p> <p>a) GPS недостаточно точен для удержания позиции вблизи препятствий.</p> <p>b) GPS перестает работать в закрытых помещениях.</p> <p>c) GPS потребляет слишком много энергии.</p> <p>3. Какие преимущества и недостатки имеет использование распределенной вычислительной архитектуры в БПЛА, где часть задач выполняется на борту, а часть – на наземной станции?</p> <p>a) Преимущества: повышенная безопасность, уменьшение стоимости БПЛА. Недостатки: сложность проектирования, повышенное энергопотребление.</p> <p>b) Преимущества: снижение вычислительной нагрузки на БПЛА, увеличение времени полёта. Недостатки: зависимость от канала связи, задержки в обработке данных.</p> <p>c) Преимущества: упрощение алгоритмов управления полётом, улучшение точности навигации. Недостатки: повышенная уязвимость к кибератакам, зависимость от GPS.</p> <p>d) Преимущества: простота тестирования, снижение веса БПЛА. Недостатки: ограниченная функциональность, низкая надежность</p>
Критерии оценивания	Тест оценивается положительно при правильном выполнении не менее 70% заданий из 12 предложенных. Предоставляется неограниченное число попыток
Оценка	Зачтено/не зачтено

Тест № 2 по теме 1.2

Форма проведения	Дистанционная
Виды оценочных материалов	<p>1. Какой фильтр используется для удаления выбросов (spikes) в данных с сенсора?</p> <p>a) Фильтр низких частот (Low-pass filter).</p> <p>b) Фильтр высоких частот (High-pass filter).</p> <p>c) Медианный фильтр.</p> <p>d) Скользящее среднее.</p> <p>2. Зачем необходимо калибровать сенсоры на БПЛА?</p> <p>a) Для продления срока службы сенсора.</p> <p>b) Для повышения точности измерений и компенсации систематических ошибок.</p> <p>c) Для снижения энергопотребления.</p> <p>d) Для шифрования данных с сенсоров.</p> <p>3. Опишите принцип работы фильтра Калмана и объясните, почему он является одним из самых популярных фильтров, используемых в системах управления полётом БПЛА</p>
Критерии	Тест оценивается положительно при правильном выполнении не менее 70% заданий из 12 предложенных. Предоставляется

оценивания	неограниченное число попыток
Оценка	Зачтено/не зачтено

Тест № 3 по теме 1.3

Форма проведения	Дистанционная
Виды оценочных материалов	<p>1. Что такое PID-регулятор, для чего он используется в системе управления полётом?</p> <p>a) Это тип батареи, используемый в БПЛА.</p> <p>b) Это алгоритм управления, используемый для стабилизации и контроля положения БПЛА, путем регулирования входного сигнала на основе пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих ошибки.</p> <p>c) Это протокол беспроводной связи.</p> <p>d) Это стандартный формат данных для записи полётных логов.</p> <p>2. Какие основные преимущества имеет использование операционной системы реального времени (RTOS) в системе управления полётом БПЛА?</p> <p>a) RTOS увеличивает срок службы батареи.</p> <p>b) RTOS обеспечивает предсказуемое время выполнения задач, что критически важно для управления полётом в реальном времени.</p> <p>c) RTOS упрощает разработку пользовательского интерфейса.</p> <p>d) RTOS автоматически исправляет ошибки в коде</p>
Критерии оценивания	Тест оценивается положительно при правильном выполнении не менее 70% заданий из 12 предложенных. Предоставляется неограниченное число попыток
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 1 по теме 2.1

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Подготовка винтомоторной группы БПЛА к эксплуатации
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании алгоритма подготовки винтомоторной группы БПЛА к эксплуатации
Критерии оценивания	<p>1. Все шаги алгоритма выполнены правильно и в полном объеме.</p> <p>2. Отчет по диагностике винтомоторной группы составлен верно, выявлены и исправлены все недостатки.</p> <p>3. Правильно проведено обслуживание винтомоторной группы с фиксацией в отчете всех видов деятельности.</p> <p>4. Корректно осуществлены: настройка регуляторов оборотов (ESC) с использованием программного обеспечения; калибровка системы управления двигателем через полётный контроллер; проверка направления вращения двигателей; проверка работы винтомоторной группы на малых оборотах</p>

Оценка	Зачтено/не зачтено
--------	--------------------

Практическая работа № 2 по теме 2.3

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Настройка пульта управления и протоколов связи БПЛА
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании алгоритма настройки пульта управления и протоколов связи БПЛА
Критерии оценивания	<p>1. Все шаги алгоритма выполнены правильно и в полном объеме.</p> <p>2. Правильно подобрано оборудование для настройки пульта управления и протоколов связи.</p> <p>3. Адекватно подключен приемник к полётному контроллеру (FC) с учетом протоколов связи, поддерживающих приемник и FC к компьютеру.</p> <p>4. Должным образом настроен пульт управления с учетом модели, протокола связи.</p> <p>5. Корректно настроен приемник и соединен с пультом (Binding).</p> <p>6. Адекватно проведена настройка полётного контроллера.</p> <p>7. Правильно проведена проверка и отладка</p>
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 3 по теме 2.4

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Установка прошивки пульта и приемника БПЛА
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании алгоритма установки прошивки пульта и приемника БПЛА
Критерии оценивания	<p>1. Все шаги алгоритма выполнены правильно и в полном объеме.</p> <p>2. Правильно проведена подготовка к процессу прошивки.</p> <p>3. Правильно выбрана прошивка с учетом совместимости пульта, приемника, протокола.</p> <p>4. Произведено резервное копирование и проверено необходимое оборудование.</p> <p>5. Корректно проведена прошивка пульта, его повторная привязка к управлению БПЛА, калибровка и тестирование.</p> <p>6. Должным образом проведены: подготовка к прошивке приемника; процесс прошивки; повторная привязка приемника к управлению БПЛА; тестирование</p>

Оценка	Зачтено/не зачтено
--------	--------------------

Практическая работа № 4 по теме 2.5

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Подготовка к эксплуатации двигательной (силовой) установки и бортового энергетического оборудования БПЛА
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании алгоритма подготовки к эксплуатации двигательной (силовой) установки и бортового энергетического оборудования БПЛА
Критерии оценивания	<p>1. Все шаги алгоритма выполнены правильно и в полном объеме.</p> <p>2. Выполнены все пункты общего осмотра БПЛА с проверкой надежности креплений и очисткой компонентов при необходимости.</p> <p>3. Правильно осуществлена подготовка двигательной установки:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проверка электромотора: вращение электромотора; проверка люфта; наличие звуков; целостность проводов и соединений; проверены регуляторы оборотов; проверены пропеллеры на целостность, балансировку, надежность креплений; проверена надежность подключения электромотора к регуляторам; – проверка двигателя (ДВС при наличии): наличие утечек масла, повреждений и загрязнений; состояние свечи зажигания, топливных шлангов и фильтров; проверка топливной системы (ДВС при наличии): наличие топлива в баке; отсутствие трещин в топливных шлангах, и они не пережаты; пригодность топливного фильтра; карбюратор чистый и правильно отрегулирован; проверено состояние свечи зажигания; проверен запуск двигателя на холостом ходу. <p>4. Корректно проведена подготовка бортового энергетического оборудования БПЛА: проверка целостности и напряжения каждой ячейки аккумулятора; при необходимости правильно произведена зарядка аккумулятора; проверена емкость аккумулятора и надежность соединения с разъемами питания БПЛА</p>
Оценка	Зачтено/не зачтено

3.2. Промежуточная аттестация по модулю 2

Форма промежуточной аттестации	Дистанционно
Требования к промежуточной аттестации	Выполнение всех форм контроля

Критерии оценивания	Слушатель считается аттестованным по модулю 2 при положительном оценивании тестов №№ 1 – 3, практических работ №№ 1 – 4
Оценка	Зачтено/не зачтено

Раздел 4. Организационно-педагогические условия реализации программы модуля 2 «Подготовка БПЛА к эксплуатации» (п. 4.1. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение, п. 4.2. Материально-технические условия реализации, 4.3. Кадровые условия реализации программы модуля 1) отражены в разделе 4 программы профессиональной переподготовки на стр. 82 – 85.

Рабочая программа модуля 3

«Подготовка и управление полётом БПЛА»

Раздел 1. Характеристика программы модуля 3 «Подготовка и управление полётом БПЛА»

1.1. Цель реализации модуля 3

Получение компетенций в области подготовки и управления полётом БПЛА, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности «Эксплуатация беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее».

1.2. Планируемые результаты обучения по модулю 3

№ п/п	Уметь / Знать	Профессиональный стандарт Специалист по эксплуатации БПЛА		
		трудовое действие	необходимые	
			умения	знания
1.	Уметь: подготавливать наземную станцию внешнего пилота. Знать: алгоритм подготовки	Подготовка плана полета беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее и представление его соответствующему	Использовать специализированные цифровые платформы полетно-информационного обслуживания и сервисы цифрового	Порядка планирования полета беспилотного воздушного судна и построения маршрута полета. Порядка подготовки программы полета и загрузки ее в бортовой

	наземной станции внешнего пилота	органу Единой системы организации воздушного движения, в том числе с использованием цифровых технологий	журналирования операций	навигационный комплекс (автопилот) беспилотного воздушного судна
2.	Уметь: планировать миссию полета БВС для выполнения задач. Знать: стратегию планирования миссии полета БВС для выполнения задач	Изучение полетного задания, отработка порядка его выполнения и действий при управлении беспилотным воздушным судном с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее. Ознакомление с ограничениями в районе выполнения полета по маршруту (трассе). Оценка метеорологической, орнитологической и аэронавигационной обстановки в районе выполнения полетов беспилотным воздушным судном с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее	Читать аэронавигационные материалы. Анализировать метеорологическую, орнитологическую и аэронавигационную обстановку	Основы воздушной навигации, аэродинамики и метеорологии в объеме, необходимом для подготовки и выполнения полета беспилотным воздушным судном максимальной взлетной массой до 30 кг в ожидаемых условиях эксплуатации. Порядка планирования полета беспилотного воздушного судна и построения маршрута полета
3.	Уметь: разрабатывать маршрут полета БПЛА с учетом метеорологических условий на примере конкретных сценариев. Знать: стратегию разработки маршрута полета БПЛА с учетом метеорологических условий	Изучение полетного задания, отработка порядка его выполнения и действий при управлении беспилотным воздушным судном с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее. Ознакомление с ограничениями в районе выполнения полета по маршруту (трассе). Оценка метеорологической, орнитологической и аэронавигационной обстановки в районе выполнения полетов	Читать аэронавигационные материалы. Анализировать метеорологическую, орнитологическую и аэронавигационную обстановку	Основы воздушной навигации, аэродинамики и метеорологии в объеме, необходимом для подготовки и выполнения полета беспилотным воздушным судном максимальной взлетной массой до 30 кг в ожидаемых условиях эксплуатации. Порядка планирования полета беспилотного воздушного судна и построения маршрута полета

		беспилотным воздушным судном с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее. Подбор и подготовка картографического материала		
4.	Уметь: демонстрировать в авиасимуляторе/ виртуальном полигоне элементы и полет БПЛА в заданных условиях. Знать: алгоритмы демонстрации в авиасимуляторе/ виртуальном полигоне элементов и полет БПЛА в заданных условиях	Принятие решения на взлет беспилотного воздушного судна с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее Запуск беспилотного воздушного судна с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее. Дистанционное управление полетом беспилотного воздушного судна с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее и (или) контроль параметров полета. Выполнение полета беспилотным воздушным судном с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее в соответствии с полетным заданием. Выполнение послеполетного осмотра беспилотного воздушного судна с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее	Осуществлять запуск беспилотного воздушного судна Осуществлять дистанционное пилотирование и (или) контроль параметров полета беспилотного воздушного судна. Распознавать и контролировать факторы угроз и ошибок при выполнении полетов. Определять пространственное положение беспилотного воздушного судна с использованием элементов наземной станции управления. Принимать меры по обеспечению безопасного выполнения полета беспилотным воздушным судном. Выполнять послеполетные работы	Порядка производства полетов беспилотными воздушными судами в сегрегированном воздушном пространстве. Основ аэронавигации, аэродинамики, метеорологии в объеме, необходимом для выполнения безопасного полета беспилотным воздушным судном. Порядка проведения послеполетных работ
5.	Уметь: планировать полет БВС различных типов. Знать: алгоритмы планирования полета БВС различных типов	Изучение полетного задания, отработка порядка его выполнения и действий при управлении беспилотным воздушным судном с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее.	Читать аэронавигационные материалы. Анализировать метеорологическую, орнитологическую и аэронавигационную обстановку	Основ воздушной навигации, аэродинамики и метеорологии в объеме, необходимом для подготовки и выполнения полета беспилотным воздушным судном максимальной взлетной массой до 30 кг в ожидаемых

		<p>Ознакомление с ограничениями в районе выполнения полета по маршруту (трассе).</p> <p>Оценка метеорологической, орнитологической и аэронавигационной обстановки в районе выполнения полетов беспилотным воздушным судном с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее</p>		<p>условиях эксплуатации.</p> <p>Порядка планирования полета беспилотного воздушного судна и построения маршрута полета</p>
--	--	--	--	---

1.3. Категория слушателей:

Уровень образования: ВО/СПО, получающие ВО/СПО.

1.4. Форма обучения: очная с применением электронного обучения и ДОТ.

1.5. Режим занятий: в соответствии с календарным учебным графиком и круглосуточным доступом к образовательной платформе организации при соблюдении установленных сроков обучения.

1.6. Трудоемкость обучения: 77 часов.

Раздел 2. Содержание программы модуля 3 «Подготовка и управление полётом БПЛА»

2.1. Учебный план модуля 3

№ п/п	Наименование разделов / тем	Аудиторные учебные занятия, учебные работы, час.			Формы контроля	Трудоемкость
		Всего ауд. часов	Лекции ⁴	Практические занятия		

⁴ Лекции – офлайн, интерактивные вебинары, презентации.

3.1	Подготовка наземной станции внешнего пилота	6	2	4		Практическая работа № 1	6
3.2	Разработка полётной миссии с учетом типа БВС и текущей задачи	4	4		2	Практическая работа № 2	6
3.3	Карты полётов и топографические карты как основа разработки полётного маршрута	6	4	2			6
3.4	Использование метеорологических сводок при разработке маршрута полёта БПЛА	4	2	2	1	Практическая работа № 3	5
3.5	Фотограмметрия: предварительная обработка результатов аэрофотосъемки	4	2	2			4
3.6	Создание 3D-модели и ортофотоплана на основе полученных аэрофотоснимков	2	2				2
3.7	Авиасимулятор: взлёт и мягкая посадка	4	1	3		Практическая работа № 4	4
3.8	Авиасимулятор: удержание высоты	4	1	3		Практическая работа № 5	4
3.9	Авиасимулятор: полёты крестом без «рысканья» и с посадкой в крайних точках	4	1	3		Практическая работа № 6	4
3.10	Авиасимулятор: пролёт квадратом, используя визуальные ориентиры	4	1	3		Практическая работа № 7	4
3.11	Авиасимулятор: полёт змейкой с обходом препятствий	4	1	3		Практическая работа № 8	4
3.12	Обеспечение безопасности полёта	1	1				1
3.13	Виртуальный полигон: управление БВС	7	2	5		Практическая работа № 9	7
3.14	Планирование и предполётная подготовка БВС различных типов	5	1	4		Практическая работа № 10	5
3.15	Подготовка БВС и выполнение полётов в FPV-режиме	8	2	6			8
3.16	Автономное пилотирование БВС	5	1	4			5
3.17	Подготовка к реальному полёту БВС	2		2			2
	Промежуточная аттестация по модулю 3					Зачет на основании совокупности результатов практических работ №№ 1 – 10	
	Итого:	74	28	46	3		77

2.2. Рабочая программа модуля 3

Наименование разделов / тем	Виды учебных занятий, учебных работ	Содержание		
		1	2	3

Тема 3.1. Подготовка наземной станции внешнего пилота	Лекция, 2 часа	<p>Понятие «наземная станция внешнего пилота» (НСУ). Функциональность и аппаратное обеспечение НСУ. Примеры интерфейса НСУ и типичного рабочего процесса с НСУ. Конфигуратор полётного контроллера (ПК): типы; настройка и параметризация. Понятие «миссия полёта». Стратегия планирования миссии полёта. Демонстрация практической работы с конфигуратором. Алгоритм подготовки наземной станции внешнего пилота</p>
	Практическая работа, 2 часа	<p>Работа в малых группах. Тренинг № 1. Подготовка наземной станции внешнего пилота.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выбор НСУ (из имеющихся в наличии с распределением по группам). 2. Изучение интерфейса выбранной НСУ. 3. Планирование простой миссии полёта. 4. Выбор конфигуратора ПК (из имеющихся в наличии с распределением по группам). 5. Подключение ПК. 6. Калибровка сенсоров. 7. Настройка приемника. 8. Настройка режимов полёта
	Практическая работа, 2 часа	<p>Практическая работа № 1. Подготовка наземной станции внешнего пилота</p>
Тема 3.2. Разработка полётной миссии с учетом типа БВС и текущей задачи	Лекция, 4 часа	<p>Ключевые этапы планирования миссии с учетом типа БВС: определение целей и задач миссии; выбор подходящего типа БВС; анализ ограничений и рисков; планирование маршрута полёта; разработка плана действий во внештатных ситуациях; подготовка к полёту и проверка оборудования.</p> <p>Классификация БВС (мультироторные, самолетного типа, гибридные) и их основные характеристики.</p> <p>Примеры задач, оптимальных для различных типов БВС:</p> <ul style="list-style-type: none"> – мультироторные: аэросъёмка, инспекция, доставка на короткие расстояния;

		<ul style="list-style-type: none"> – самолетного типа: картография, мониторинг протяженных объектов, доставка на большие расстояния; – гибридные: комбинация преимуществ обоих типов. <p>Ограничения, связанные с типом БВС. Влияние типа задачи на планирование миссии:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выбор оптимальной высоты полёта (для получения необходимого разрешения снимков, для обеспечения безопасного расстояния до объектов и т.д.); – определение необходимого перекрытия снимков (для создания качественных ортофотопланов и 3D-моделей); – выбор оптимальной скорости полёта (для обеспечения четкости снимков, для увеличения времени полета); – планирование маршрута полёта (для обследования заданного участка, для поиска объектов). <p>Факторы, ограничивающие выполнение миссии. Оценка рисков и разработка мер по их снижению. Разработка и примеры плана действий во внештатных ситуациях. Стратегия и примеры планирования миссии полёта БВС для выполнения задач</p>
	Самостоятельная работа, 2 часа	<p>Практическая работа № 2.</p> <p>Планирование миссии полёта БВС для выполнения задач (условия задает преподаватель)</p>
Тема 3.3. Карты полётов и топографические карты как основа разработки полётного маршрута	Лекция, 4 часа	<p>Карты полетов (аэронавигационные карты) их виды и отличия: VFR (Visual Flight Rules) и IFR (Instrument Flight Rules). Особенности информации, отображаемой на аэронавигационных картах.</p> <p>Примеры чтения аэронавигационной карты.</p> <p>Использование аэронавигационных карт для планирования полета БПЛА: выбор маршрута полёта с учетом ограничений воздушного пространства; определение безопасной высоты полёта над препятствиями; определение частот связи для получения разрешения на полёт (если необходимо); планирование запасных маршрутов в случае изменения погодных условий или других факторов.</p> <p>Определение топографических карт и их основные характеристики. Информация, отображаемая на топографических картах.</p>

		<p>Чтение топографических карт. Использование топографических карт для планирования полёта БПЛА: выбор маршрута полёта с учетом рельефа местности (избежание крутых подъемов и спусков); определение зон с повышенным риском столкновения с препятствиями (горы, леса); планирование полётов вблизи водных объектов (учет возможности падения БПЛА в воду); определение подходящих мест для взлета и посадки БПЛА.</p> <p>Специализированные карты и электронные ресурсы для БПЛА</p>
	<p>Практическое занятие, 2 часа</p>	<p>Работа в малых группах.</p> <p>Тренинг № 2 (задания определяет преподаватель).</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отработка умения работать с аэронавигационной картой. 2. Планирование маршрута полёта с использованием аэронавигационной карты. 3. Отработка умения работать с топографической картой. 4. Планирование маршрута полёта с учетом рельефа местности. 5. Отработка умения работать с электронными картами. 6. Отработка умения поиска информации о воздушном пространстве в приложениях
<p>Тема 3.4. Использование метеорологических сводок при разработке маршрута полёта БПЛА</p>	<p>Лекция, 2 часа</p>	<p>Значение метеорологической информации для безопасности полётов БПЛА. Основные источники метеорологической информации для БПЛА. Расшифровка и интерпретация метеорологических сводок METAR и TAF. Ветер и его влияние на полёты БПЛА. Осадки и видимость. Их влияние на работу БПЛА и безопасность полётов. Обледенение и турбулентность: оценка рисков и меры предосторожности. Грозы и электрическая активность. Защита БПЛА и оператора.</p> <p>Стратегия и примеры разработки маршрута полёта БПЛА с учетом метеорологических условий на примере конкретных сценариев</p>
	<p>Практическое занятие, 2 часа</p>	<p>Работа в малых группах.</p> <p>Тренинг № 2 (задания определяет преподаватель).</p>

		Разработка маршрута полёта БПЛА с учетом метеорологических условий на примере конкретных сценариев
	Самостоятельная работа, 1 час	Практическая работа № 3. Разработка маршрута полёта БПЛА с учетом метеорологических условий на примере конкретных сценариев (сценарии задает преподаватель)
Тема 3.5. Фотограмметрия: предварительная обработка результатов аэрофотосъемки	Лекция, 2 часа	<p>Фотограмметрия: основные понятия, принципы, виды, программное обеспечение. Значение предобработки изображений в фотограмметрии. Основные критерии и методы оценки качества изображений как результата аэрофотосъемки для фотограмметрии. Коррекция геометрических искажений: дисторсия объектива и перспектива. Улучшение контраста и освещенности изображений: методы гистограммной и адаптивной эквализации. Подавление шума на изображениях: фильтрация и усреднение. Коррекция цветового баланса и колориметрия. Удаление движущихся объектов и артефактов: размытие, замена пикселей.</p> <p>Программные инструменты для предобработки изображений и экспорт данных для фотограмметрической обработки. Алгоритм и примеры предобработки изображений, экспорт данных для фотограмметрической обработки</p>
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Работа в малых группах.</p> <p>Тренинг № 3 (задания определяет преподаватель).</p> <p>Предобработка изображений и экспорт данных для фотограмметрической обработки</p>
Тема 3.6. Создание 3D-модели и ортофотоплана на основе полученных аэрофотоснимков	Лекция, 2 часа	Особенности процесса создания 3D-модели и ортофотоплана на основе аэрофотоснимков. Основные термины и определения. Импорт и ориентирование изображений: внутреннее и внешнее ориентирование. Построение плотного облака точек: алгоритмы SfM и MVS. Классификация и фильтрация облака точек: устранение шумов и артефактов. Создание цифровой модели местности (ЦММ/DTM) или цифровой модели рельефа (ЦМР/DEM). Создание и примеры 3D-модели: текстурирование и

		<p>оптимизация. Создание и примеры ортофотоплана: ортотрансформирование и мозаика.</p> <p>Методы контроля качества 3D-моделей и ортофотопланов. Экспорт данных в различные форматы и системы координат, поддерживаемые программным обеспечением. Примеры применения 3D-моделей и ортофотопланов в различных областях</p>
Тема 3.7. Авиасимулятор: взлёт и мягкая посадка	Лекция, 1 час	<p>Особенности популярных авиасимуляторов (Microsoft Flight Simulator, X-Plane, Prepar3D).</p> <p>Основные компоненты управления и интерфейс авиасимулятора.</p> <p>Алгоритмы и демонстрации:</p> <ol style="list-style-type: none"> Подготовка к взлёту: чек-лист и предполётные процедуры. Взлёт: управление самолетом и набор высоты. Подготовка к посадке: снижение, выход на глиссаду и предпосадочный чек-лист. Посадка: выравнивание, касание и торможение
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Тренинг № 4.</p> <p>Отработка в авиасимуляторе взлета и мягкой посадки БПЛА</p>
	Практическое занятие, 1 час	<p>Практическая работа № 4.</p> <p>Демонстрация в авиасимуляторе взлета и мягкой посадки БПЛА (условия задает преподаватель)</p>
Тема 3.8. Авиасимулятор: удержание высоты	Лекция, 1 час	<p>Значение точного удержания высоты в авиации. Основные факторы, влияющие на высоту. Практическое удержание высоты: влияние рычага тяги (РУД) и руля высоты (джойстика) на высоту.</p> <p>Удержание высоты в условиях ветра: влияние попутного, встречного и бокового ветра, компенсация. Техника удержания высоты при выполнении разворотов.</p> <p>Стратегии и демонстрации в авиасимуляторе удержания высоты с учетом особенностей полёта</p>
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Тренинг № 5.</p> <p>Отработка в авиасимуляторе удержания высоты с учетом особенностей полёта (условия задает преподаватель)</p>
	Практическое занятие, 1 час	<p>Практическая работа № 5.</p> <p>Демонстрация в авиасимуляторе удержания высоты с учетом особенностей полёта (условия задает преподаватель)</p>

Тема 3.9. Авиасимулятор: полёты крестом без «рысканья» и с посадкой в крайних точках	Лекция, 1 час	Специфика и значение полетов крестом на БПЛА. Планирование полёта: ориентиры, высота, дистанция и режимы полёта. Алгоритм, техника и демонстрация выполнения полёта крестом (первая линия): удержание курса, минимизация «рысканья» и высоты. Алгоритм, техника и демонстрация выполнения разворота на 90 градусов: координированные движения и контроль положения. Алгоритм, техника и демонстрация в авиасимуляторе выполнения полёта крестом без «рысканья» и посадкой в крайних точках: снижение, выравнивание и мягкое приземление
	Практическое занятие, 2 часа	Тренинг № 6. Отработка в авиасимуляторе выполнения полёта крестом без «рысканья» и с посадкой в крайних точках (условия задает преподаватель)
	Практическое занятие, 1 час	Практическая работа № 6. Демонстрация в авиасимуляторе выполнения полёта крестом без «рысканья» и с посадкой в крайних точках (условия задает преподаватель)
Тема 3.10. Авиасимулятор: пролёт квадратом, используя визуальные ориентиры	Лекция, 1 час	Специфика и значение полётов квадратом на БПЛА с использованием визуальных ориентиров. Принципы визуальной навигации при полёте квадратом с учетом влияния ветра и компенсации его воздействия. Выбор и использование визуальных ориентиров с использованием базовых приборов БПЛА. Методика, алгоритмы и демонстрация выполнения пролёта квадратом с использованием визуальных ориентиров: планирование полёта; подготовка к полёту на симуляторе; выполнение полёта с учетом особенностей пилотирования при ветре. Типичные ошибки и способы их предотвращения
	Практическое занятие, 2 часа	Тренинг № 7. Отработка в авиасимуляторе выполнения пролёта квадратом с использованием визуальных ориентиров (условия задает преподаватель)
	Практическое занятие, 1 час	Практическая работа № 7. Демонстрация в авиасимуляторе выполнения пролёта квадратом с использованием визуальных ориентиров (условия задает преподаватель)

Тема 3.11. Авиасимулятор: полёт змейкой с обходом препятствий	Лекция, 1 час	Определение и особенности траектории полёта змейкой. Использование данных с датчиков для обхода препятствий. Алгоритм и демонстрация примеров планирования и выполнения полёта змейкой с обходом различных типов препятствий. Типичные ошибки и способы их предотвращения
	Практическое занятие, 2 часа	Тренинг № 8. Отработка в авиасимуляторе деятельности по планированию и выполнению полёта змейкой с обходом различных типов препятствий (условия задает преподаватель)
	Практическое занятие, 1 час	Практическая работа № 8. Демонстрация в авиасимуляторе планирования и выполнения полёта змейкой с обходом различных типов препятствий (условия задает преподаватель)
Тема 3.12. Обеспечение безопасности полёта	Лекция, 1 час	Мероприятия по обеспечению безопасности полёта. Соответствующие меры предосторожности и порядок действий в аварийных ситуациях, включая действия, предпринимаемые с целью обхода опасных метеоусловий, турбулентности в среде и других опасных для полёта явлений
Тема 3.13. Виртуальный полигон: управление БВС	Лекция, 1 час	Понятие «виртуальный полигон» его характеристики и возможности. Основные приёмы управления БВС самолётного и мультироторного типа. Выполнение полётов по виртуальному полигону в свободном режиме. Типичные ошибки и способы их предотвращения
	Практическое занятие, 2 часа	Тренинг № 9. 1. Отработка приемов управления БВС мультироторного типа на виртуальном полигоне. 2. Отработка приемов управления БВС самолетного типа на виртуальном полигоне. 3. Отработка выполнения полётов по виртуальному полигону в свободном режиме на разных типах БВС
	Лекция, 1 час	Особенности и стратегия выполнения визуальных полётов по виртуальному полигону с препятствиями за ограниченное время
	Практическое занятие, 2 часа	Тренинг № 10.

		Отработка выполнения визуальных полётов по виртуальному полигону с препятствиями за ограниченное время
	Практическое занятие, 1 час	Практическая работа № 9. Демонстрация выполнения визуальных полётов по виртуальному полигону с препятствиями за ограниченное время (условия задает преподаватель)
Тема 3.14. Планирование и предполётная подготовка БВС различных типов	Лекция, 1 час	Алгоритмы и примеры планирования полёта БВС различных типов. Алгоритмы и демонстрация предполётной подготовки БВС с учетом его типа
	Практическое занятие, 2 часа	Работа в малых группах. Тренинг № 11. 1. Отработка планирования полёта БВС различных типов. 2. Отработка предполётной подготовки БВС с учетом его типа
	Практическое занятие, 2 часа	Практическая работа № 10. Планирование полёта БВС различных типов (условия задает преподаватель)
Тема 3.15. Подготовка БВС и выполнение полётов в FPV-режиме	Лекция, 1 час	Особенности и стратегия управления БВС в FPV-режиме в пределах его эксплуатационных ограничений. Алгоритм выполнения послеполётного осмотра БВС
	Практическое занятие, 3 часа	Тренинг № 12. 1. Управление БВС в FPV-режиме в пределах его эксплуатационных ограничений. 2. Выполнение послеполётного осмотра БВС
	Лекция, 1 час	Особенности и алгоритм планирования полёта и предполётной подготовки БВС мультироторного типа, совместимой с системой FPV
	Практическое занятие, 3 часа	Работа в малых группах. Тренинг № 13. 1. Планирование полёта БВС мультироторного типа, совместимой с системой FPV. 2. Предполётная подготовка БВС мультироторного типа, совместимой с системой FPV
Тема 3.16. Автономное пилотирование БВС	Лекция, 1 час	Автономное пилотирование БВС его особенности. Алгоритм управления БВС в пределах его эксплуатационных ограничений в FPV-режиме при автономном пилотировании

	Практическое занятие, 4 часа	Тренинг № 14. Управление БВС в пределах его эксплуатационных ограничений в FPV-режиме при автономном пилотировании
Тема 3.17. Подготовка к реальному полёту БВС	Практическое занятие, 2 часа	Создание полётной миссии под определённую задачу. Оформление плана полёта и подготовка разрешительной документации
Промежуточная аттестация по модулю 3		Зачет на основании совокупности результатов практических работ №№ 1 – 10

2.3. Календарный учебный график модуля 3

№ п/п	Тема	Учебные недели/часы						
		1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя	5 неделя	6 неделя	7 неделя
3.1	Подготовка наземной станции внешнего пилота	T, П/6						
3.2	Разработка полётной миссии с учетом типа БВС и текущей задачи	T, П/6						
3.3	Карты полётов и топографические карты как основа разработки полётного маршрута		T, П/6					
3.4	Использование метеорологических сводок при разработке маршрута полёта БПЛА		T, П/5					
3.5	Фотограмметрия: предварительная обработка результатов аэрофотосъемки			T, П/4				
3.6	Создание 3D-модели и ортофотоплана на основе полученных аэрофотоснимков			T/2				
3.7	Авиасимулятор: взлёт и мягкая посадка			T, П/4				
3.8	Авиасимулятор: удержание высоты			T, П/4				

3.9	Авиасимулятор: полёты крестом без «рысканья» и с посадкой в крайних точках				T, П/4			
3.10	Авиасимулятор: пролёт квадратом, используя визуальные ориентиры				T, П/4			
3.11	Авиасимулятор: полёт змейкой с обходом препятствий				T, П/4			
3.12	Обеспечение безопасности полёта				T/1			
3.13	Виртуальный полигон: управление БВС				T, П/7			
3.14	Планирование и предполётная подготовка БВС различных типов				T, П/5			
3.15	Подготовка БВС и выполнение полётов в FPV-режиме					T, П/8		
3.16	Автономное пилотирование БВС					T, П/5		
3.17	Подготовка к реальному полету БВС						П/2	
	Промежуточная аттестация по модулю 3						ПА	
Условные обозначения:								
Т – теоретическая подготовка; П – практическая работа, самостоятельная работа;								
ПА – промежуточная аттестация (экзамен, зачет)								

Раздел 3. Формы аттестации и оценочные материалы модуля 3 «Подготовка и управление полетом БПЛА»

3.1. Текущий контроль по модулю 3 «Подготовка и управление полетом БПЛА»

Практическая работа № 1 по теме 3.1

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Подготовка наземной станции (НС) внешнего пилота
---	--

Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании алгоритма подготовки наземной станции внешнего пилота
Критерии оценивания	<ol style="list-style-type: none"> 1. Все шаги алгоритма выполнены правильно и в полном объеме. 2. Правильно осуществлена и задокументирована: проверка оборудования НС; проверка связи между НС и БПЛА. 3. Корректно подготовлено программное обеспечение управления БПЛА. 4. Разработан план простой миссии полёта. 5. Правильно произведена настройка параметров НС: калибровка датчиков (при необходимости); настройка каналов управления; настройка параметров безопасности; загрузка плана полёта
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 2 по теме 3.2

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Планирование миссии полёта БВС для выполнения задач (условия задает преподаватель)
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании стратегии планирования миссии полёта БВС для выполнения задач
Критерии оценивания	<ol style="list-style-type: none"> 1. Все шаги стратегии выполнены правильно и в полном объеме. 2. Определена цель миссии и задачи с учетом заданных условий. 3. Собрана и проанализирована информация о: районе полёта; погодных условиях; возможных рисках; требованиях к БВС и оборудованию. 4. Разработан маршрут полёта с учетом цели, миссии, задач, собранной информации. 5. Определены параметры полёта. 6. Запланированы действия в чрезвычайных ситуациях. 7. Произведена подготовка оборудования
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 3 по теме 3.4

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Разработка маршрута полёта БПЛА с учетом метеорологических условий на примере конкретных сценариев (сценарии задает преподаватель)
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании стратегии разработки маршрута полёта БПЛА с учетом метеорологических условий
Критерии оценивания	<ol style="list-style-type: none"> 1. Все шаги стратегии выполнены правильно и в полном объеме. 2. Собрана и проанализирована информация: о рельефе местности; от официальных метеорологических служб; с авиационных

	метеорологических бюллетеней (METAR/TAF); метеорологических карт; с датчиков на БПЛА и наземной станции (если есть). 3. Зафиксированы метеорологические параметры, которые необходимо учитывать при разработке маршрута: ветер; видимость; облачность; осадки; температура; обмерзание; турбулентность. 4. При разработке маршрута с учетом определенных метеорологических параметров выбрано наиболее оптимальное время полёта, высота полёта, ориентация маршрута относительно ветра
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 4 по теме 3.7

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Демонстрация в авиасимуляторе взлёта и мягкой посадки БПЛА
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется в авиасимуляторе на основании алгоритма взлёта и мягкой посадки БПЛА
Критерии оценивания	1. Все шаги алгоритма выполнены правильно и в полном объеме. 2. Правильно произведена подготовка к взлёту: проверка систем; установка режима взлёта. 3. Корректно запущен двигатель и увеличена тяга с сохранением стабильности. 4. По достижению скорости отрыва плавно увеличен угол подъёма до набора заданной высоты взлёта. 5. После движения на заданной высоте с учетом места посадки начато снижение выход на глиссаду с правильно выбранным углом. 6. Правильно произведена фаза выравнивания: уменьшение скорости; увеличение угла атаки; точное выравнивание. 7. Должным образом произведено мягкое касание посадочной площадки со сбросом тяги двигателей до минимального после касания, торможение и выключение их. 8. Правильно произведены послепосадочные процедуры
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 5 по теме 3.8

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Демонстрация в авиасимуляторе удержания высоты с учетом особенностей полёта (условия задает преподаватель)
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется в авиасимуляторе на основании стратегии удержания высоты с учетом особенностей полёта
Критерии оценивания	1. Все шаги стратегии выполнены правильно и в полном объеме. 2. Правильно осуществлялся сбор данных с датчиков (высота, скорость и направление ветра и т.д.)

	<p>3. Корректно производилось вычисление между целевой и текущей высотой.</p> <p>4. Адекватно выполнялась регулировка тяги двигателей с помощью ПИД-регулятора для минимизации ошибки.</p> <p>5. Своевременно повторялись шаги 1 – 3 с учетом типа БПЛА, внешних воздействий (ветер, турбулентность), ограничений системы и точности датчиков</p>
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 6 по теме 3.9

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Демонстрация в авиасимуляторе выполнения полёта крестом без «рысканья» и с посадкой в крайних точках (условия задает преподаватель)
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется в авиасимуляторе на основании алгоритма выполнения полёта крестом без «рысканья» и с посадкой в крайних точках
Критерии оценивания	<p>1. Все шаги алгоритма выполнены правильно и в полном объеме.</p> <p>2. Правильно заданы координаты точек креста с учетом заданных условий.</p> <p>3. Четко осуществляется последовательное перемещение между точками креста напрямую по кратчайшему пути, не отклоняясь от курса за счет использования системы координат, связанную с БПЛА, для учета локальных отклонений.</p> <p>4. Корректно используется компас/GPS и стабилизируется высота против «рысканья».</p> <p>5. В конечных точках плавно снижается до поверхности</p>
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 7 по теме 3.10

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Демонстрация в авиасимуляторе выполнения пролёта квадратом с использованием визуальных ориентиров (условия задает преподаватель)
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется в авиасимуляторе на основании алгоритма выполнения пролёта квадратом с использованием визуальных ориентиров (условия задает преподаватель)
Критерии оценивания	<p>1. Все шаги алгоритма выполнены правильно и в полном объеме.</p> <p>2. Правильно осуществлено планирование: на карте выбраны четыре визуальных ориентира, соответствующих углам квадрата с учетом задания; определены высота полёта, скорость и курс для каждой стороны квадрата.</p> <p>3. Корректно произведена подготовка к пролёту: карта местности загружена в симулятор и визуальные ориентиры четко видны.</p> <p>4. После запуска двигателя и набора высоты БПЛА направлен на первый ориентир.</p>

	5. По достижению первого ориентира БПЛА четко выполнил разворот на 90 градусов по направлению ко второму ориентиру. Аналогично относительно третьего и четвертого ориентира. 6. БПЛА четко придерживался выбранной высоты и скорости
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 8 по теме 3.11

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Демонстрация в авиасимуляторе планирования и выполнения полёта змейкой с обходом различных типов препятствий (условия задает преподаватель)
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется в авиасимуляторе на основании алгоритма выполнения полёта змейкой с обходом различных типов препятствий
Критерии оценивания	<p>1. Все шаги алгоритма выполнены правильно и в полном объеме.</p> <p>2. Правильно проведено планирование и подготовка к полету: проложен маршрут «змейкой» на карте местности с учетом заданных условий; идентифицированы препятствия; произведен расчет безопасной высоты полёта относительно каждого препятствия; определена оптимальная траектория обхода каждого препятствия; настроены необходимы параметры полета.</p> <p>3. Должным образом произведен запуск БПЛА и набор высоты.</p> <p>4. Используя систему GPS или другие навигационные инструменты БПЛА направлен к первому препятствию, которое обходится по выбранной траектории в направлении следующего препятствия. Аналогично далее.</p> <p>5. В процессе полёта адекватно корректируется курс, скорость и высота для компенсации ветра, изменения погодных условий или других факторов.</p> <p>6. По завершению маршрута «змейка» БПЛА направлен на точку старта и выполнил посадку</p>
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 9 по теме 3.13

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Демонстрация выполнения визуальных полётов по виртуальному полигону с препятствиями за ограниченное время (условия задает преподаватель)
Форма проведения	Дистанционно

Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании стратегии выполнения визуальных полётов по виртуальному полигону с препятствиями за ограниченное время
Критерии оценивания	<p>1. Все шаги алгоритма выполнены правильно и в полном объеме.</p> <p>2. Правильно осуществлено планирование с учетом заданных условий: изучена карта полигона; определен оптимальный маршрут; выбрана скорость и высота перемещения по полигону; настроено оборудование.</p> <p>3. Правильно с началом отсчета времени произведен старт, набор высоты в направлении первой контрольной точки.</p> <p>4. Должным образом и с нужной скоростью на заданной высоте производился обход визуально наблюдаемых препятствий в направлении следующих контрольных точек.</p> <p>5. После последней контрольной точки заблаговременно начато снижение и подготовка к посадке.</p> <p>6. Посадка произведена мягко и полёт уложился в отведенное время</p>
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 10 по теме 3.14

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Планирование полёта БВС различных типов (условия задает преподаватель)
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании алгоритмов планирования полёта БВС различных типов
Критерии оценивания	<p>1. Все шаги алгоритма выполнены правильно и в полном объеме.</p> <p>2. Определен район полёта и вид деятельности с учетом заданных условий (например, аэрофотосъёмка, патрулирование, разведка и т.д.)</p> <p>3. Определены: рельеф местности, метеорологические условия и т.д.</p> <p>4. Разработан маршрут: точки взлёта и посадки, высота полёта, скорость полёта с учетом: заданного времени, технических возможностей и условий полета (информация шага 3) .</p> <p>5. Создан план полёта в программном обеспечении</p>
Оценка	Зачтено/не зачтено

3.2. Промежуточная аттестация по модулю 3

Форма промежуточной аттестации	Дистанционно
Требования к промежуточной аттестации	Выполнение всех форм контроля

Критерии оценивания	Слушатель считается аттестованным по модулю 3 при положительном оценивании результатов практических работ №№ 1 – 10
Оценка	Зачтено/не зачтено

Раздел 4. Организационно-педагогические условия реализации программы модуля 3 «Подготовка и управление полетом БПЛА» (п. 4.1. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение, п. 4.2. Материально-технические условия реализации, 4.3. Кадровые условия реализации программы модуля 1) отражены в разделе 4 программы профессиональной переподготовки на стр. 82 – 85.

Рабочая программа модуля 4 «Ремонт и обслуживание БПЛА»

Раздел 1. Характеристика программы модуля 4 «Ремонт и обслуживание БПЛА»

1.1. Цель реализации модуля 4

Получение компетенций в области ремонта и обслуживания БПЛА, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности «Эксплуатация беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее».

1.2. Планируемые результаты обучения по модулю 4

№ п/п	Уметь / Знать	Профессиональный стандарт Специалист по эксплуатации БПЛА		
		трудовое действие	необходимые	
			умения	знания
1.	Уметь: осуществлять паяльные работы и электромонтаж. Знать: алгоритмы осуществления	Подготовка к работе инструментов, контрольно-измерительных приборов и приспособлений	Использовать инструменты, контрольно-измерительные приборы и приспособления в процессе ремонта	Порядка подготовки к работе рабочего места, инструментов, приспособлений и контрольно-измерительной аппаратуры

	паяльных работ и электромонтажа		элементов беспилотной авиационной системы	
2.	Уметь: распаивать и восстанавливать контактные площадки. Знать: алгоритмы распайки и восстановление контактных площадок	Выполнение текущего ремонта элементов беспилотной авиационной системы, включающей в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее. Диагностика и контроль работоспособности элементов беспилотной авиационной системы, включающей в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее, выявление отклонений, отказов, неисправностей и повреждений	Использовать инструменты, контрольно-измерительные приборы и приспособления в процессе ремонта элементов беспилотной авиационной системы	Классификации и признаков отказов, неисправностей беспилотной авиационной системы, методов их обнаружения и устранения
3.	Уметь: диагностировать и ремонтировать поврежденные дорожки. Знать: алгоритмы диагностики и ремонта поврежденных дорожек	Диагностика и контроль работоспособности элементов беспилотной авиационной системы, включающей в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее, выявление отклонений, отказов, неисправностей и повреждений.	Оценивать техническое состояние беспилотных авиационных систем. Выявлять и устранять отказы и неисправности при функционировании элементов беспилотной авиационной системы	Технологии выполнения текущего и контрольно-восстановительного ремонта

		Выполнение текущего ремонта элементов беспилотной авиационной системы, включающей в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее		
4.	Уметь: выполнять электромонтаж при работе с проводами. Знать: алгоритмы выполнения электромонтажа при работе с проводами	Выполнение текущего ремонта элементов беспилотной авиационной системы, включающей в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее	Выявлять и устранять отказы и неисправности при функционировании элементов беспилотной авиационной системы	Технологии выполнения текущего и контрольно-восстановительного ремонта
5.	Уметь: проводить диагностику, ремонт и сборку БПЛА. Знать: общий алгоритм диагностики, ремонта и сборка БПЛА	Выполнение внешнего осмотра и проверка технического состояния элементов беспилотной авиационной системы, включающей в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее. Диагностика и контроль работоспособности элементов беспилотной авиационной системы, включающей в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с	Оценивать техническое состояние беспилотных авиационных систем. Выявлять и устранять отказы и неисправности при функционировании элементов беспилотной авиационной системы. Использовать инструменты, контрольно-измерительные приборы и приспособления в процессе ремонта элементов беспилотной авиационной системы	Классификации и признаков отказов, неисправностей беспилотной авиационной системы, методов их обнаружения и устранения. Технологии выполнения текущего и контрольно-восстановительного ремонта

		максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее, выявление отклонений, отказов, неисправностей и повреждений. Выполнение контрольно-восстановительного ремонта элементов беспилотной авиационной системы, включающей в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее		
--	--	--	--	--

1.2. Категория слушателей:

Уровень образования: ВО/СПО, получающие ВО/СПО.

1.4. Форма обучения: очная с применением электронного обучения и ДОТ.

1.5. Режим занятий: в соответствии с календарным учебным графиком и круглосуточным доступом к образовательной платформе организации при соблюдении установленных сроков обучения.

1.6. Трудоемкость обучения: 50 часов.

Раздел 2. Содержание программы модуля 4 «Ремонт и обслуживание БПЛА»

2.1. Учебный план модуля 4

№ п/п	Наименование разделов / тем	Аудиторные учебные занятия, учебные работы, час.	Внекурите- рная	Формы контроля	Удоемкость
----------	-----------------------------	--	--------------------	-------------------	------------

			Всего ауд. часов	Лекции ⁵	Практические занятия		
4.1	Особенности ремонта и обслуживания БПЛА	2	2				2
4.2	Обслуживание и работа с аккумуляторами и зарядными устройствами	4	4		2	Тест № 1	6
4.3	Особенности паяльных работ и электромонтажа	12	4	8		Практическая работа № 1	12
4.4	Углубленные техники пайки	4	1	3		Практическая работа № 2	4
4.5	Распайка и восстановление контактных площадок	5	1	4		Практическая работа № 3	5
4.6	Диагностика и ремонт поврежденных дорожек	4	1	3		Практическая работа № 4	4
4.7	Замена компонентов и восстановление BGA	4	1	3		Практическая работа № 5	4
4.8	Электромонтаж и работа с проводами	3		3		Практическая работа № 6	3
4.9	Диагностика и ремонт электроники БПЛА	4	1	3			4
4.10	Сборка БПЛА	6	1	5		Практическая работа № 7	6
	Промежуточная аттестация по модулю 4					Зачет на основании совокупности результатов практических работ №№ 1 – 7	
	Итого:	48	16	32	2		50

2.2. Рабочая программа модуля 4

Наименование разделов / тем	Виды учебных занятий, учебных работ	Содержание		
		1	2	3
Тема 4.1. Особенности ремонта и обслуживания БПЛА	Лекция, 2 часа	Ремонт и обслуживание БПЛА как основа безопасности полётов, сохранение точности выполнения задач. Периодичность технического обслуживания. Перечень работ по каждому виду технического		

⁵ Лекции – офлайн, интерактивные вебинары, презентации.

		<p>обслуживания. Ведение журнала технического обслуживания.</p> <p>Инструменты и оборудование для ремонта БПЛА: основные инструменты; специализированное оборудование; расходные материалы.</p> <p>Техника безопасности при ремонте и обслуживании БПЛА: общие правила безопасности; безопасность при работе с LiPo-батареями, электроникой, вращающимися частями</p>
Тема 4.2. Обслуживание и работа с аккумуляторами и зарядными устройствами	Лекция, 4 часа	<p>Состав, типы аккумуляторов. Параллельное последовательное соединение ячеек аккумуляторов. Разъёмы аккумулятора – силовые и балансировочные. Виды штекеров. Ёмкость аккумуляторов. Ток отдача аккумулятора.</p> <p>Базовые принципы работы с зарядным устройством и его функции: зарядка, разрядка, разрядка для хранения. Допустимый зарядный ток. Максимальная мощность зарядного устройства. Выбор блока питания для зарядного устройства. Выходное напряжение зарядного устройства. Определение деградации ячеек через внутреннее сопротивление батареи</p>
	Самостоятельная работа, 2 часа	<p>Систематизация содержания лекций 4.1, 4.2 и подготовка к тестированию.</p> <p>Тест № 1</p>
Тема 4.3. Особенности паяльных работ и электромонтажа	Лекция, 4 часа	<p>Значение пайки и электромонтажа в ремонте и обслуживании электроники и БПЛА.</p> <p>Инструменты и материалы для пайки:</p> <ul style="list-style-type: none"> – паяльники (типы, выбор в зависимости от задач, уход, настройка температуры); – припой (тип, выбор, диаметры и состав припоя); – флюс (назначение, типы, выбор, особенности работы); – вспомогательные инструменты. <p>Основы техники пайки: подготовка к пайке; технология пайки различных компонентов; оптимальная температура пайки для разных типов припоеv и компонентов; основные ошибки при пайке и способы их устранения.</p> <p>Электромонтаж и работа с проводами.</p> <p>Типы проводов и кабелей, используемых в электронике и БПЛА. Зачистка, обжим и соединение проводов. Работа с разъемами с учетом их типов. Прокладка проводов и кабелей в корпусе устройства.</p> <p>Изоляция соединений (термоусадочная трубка, изолента).</p> <p>Техника безопасности при паяльных работах и электромонтаже.</p>

		Алгоритмы осуществления паяльных работ и электромонтажа
	Практическое занятие, 4 часа	<p>Тренинг № 1.</p> <p>1. Подготовка рабочего места с соблюдением техники безопасности.</p> <p>2. Пайка DIP-компонентов.</p> <p>3. Пайка SMD-компонентов.</p> <p>4. Работа с проводами и разъемами.</p> <p>5. Демонтаж компонентов</p>
	Практическое занятие, 4 часа	<p>Практическая работа № 1.</p> <p>Осуществление паяльных работ и электромонтажа.</p> <p>1. Пайка DIP-компонентов: установить и припаять все DIP-компоненты на плате, соблюдая полярность и ориентацию.</p> <p>2. Пайка SMD-компонентов: установить и припаять все SMD-компоненты на плате, соблюдая полярность и ориентацию.</p> <p>3. Работа с проводами и разъемами: подключить провода к указанным разъемам, используя необходимые инструменты. Убедиться в надежности и правильности соединений.</p> <p>4. Демонтаж компонентов: демонтировать указанный компонент (DIP или SMD) с платы, не повредив плату и компонент</p>
Тема 4.4. Углубленные техники пайки	Лекция, 1 час	Повторение основ пайки, типы припоев и флюсов, их применение. Углубленное изучение температурных режимов для разных компонентов. Влияние температуры и времени на качество пайки. Зоны температурной деформации
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Тренинг № 2.</p> <p>Пайка DIP-компонентов с использованием различных техник (обычная, с формовкой ножек, с использованием шаблонов).</p> <p>Пайка SMD-компонентов с различным шагом выводов (крупные, мелкие, QFN).</p> <p>Использование паяльной пасты и трафарета для SMD-компонентов.</p> <p>Пайка компонентов с термоподушками.</p> <p>Разбор типичных ошибок при пайке и способы их устранения.</p> <p>Алгоритм пайки тестовой платы с DIP- и SMD-компонентами разного типа</p>
	Практическое занятие, 1 час	<p>Практическая работа № 2.</p> <p>Осуществление пайки тестовой платы с DIP- и SMD-компонентами разного типа</p>
Тема 4.5. Распайка и восстановление контактных площадок	Лекция, 1 час	Продвинутые методы распайки компонентов (с использованием термофена, инфракрасных станций, специальных сплавов). Техники сохранения компонентов при распайке. Важность использования правильного оборудования. Выбор

		оптимального метода распайки в зависимости от типа компонента и платы. Алгоритмы распайки и восстановление контактных площадок
	Практическое занятие, 2 часа	Тренинг № 3. Распайка компонентов с использованием различных методов (оплетка, вакуумный отсос, фен). Очистка платы от остатков припоя. Восстановление поврежденных контактных площадок (с использованием лужения, проводников, эпоксидной смолы). Использование донорских плат для восстановления площадок
	Практическое занятие, 2 часа	Практическая работа № 3. Демонтаж заданного SMD-компонента с платы и восстановление одной поврежденной контактной площадки
Тема 4.6. Диагностика и ремонт поврежденных дорожек	Лекция, 1 час	Методы диагностики обрывов и коротких замыканий на печатных платах (визуальный осмотр, мультиметр, тепловизор). Способы восстановления дорожек (проводники, токопроводящий клей, лак). Усиление восстановленных дорожек
	Практическое занятие, 2 часа	Тренинг № 4. Поиск обрывов и коротких замыканий на платах с искусственными повреждениями. Восстановление дорожек с использованием различных материалов и техник. Усиление восстановленных дорожек с помощью компаунда или лака. Проверка целостности и сопротивления восстановленных дорожек. Алгоритмы диагностики и ремонта поврежденных дорожек
	Практическое занятие, 1 час	Практическая работа № 4. Нахождение и устранение трех имитированных повреждений дорожек на предоставленной плате
Тема 4.7. Замена компонентов и восстановление BGA	Лекция, 1 час	Методы замены поврежденных компонентов (DIP, SMD, BGA). Особенности работы с BGA-компонентами. Необходимое оборудование (инфракрасные станции, трафареты, реболлинг). Важность правильного профиля нагрева. Алгоритмы замены компонентов и восстановление BGA
	Практическое занятие, 2 часа	Тренинг № 5. Замена DIP- и SMD-компонентов на платах. Демонтаж и установка BGA-компонента. Реболлинг BGA-компонента
	Практическое занятие, 1 час	Практическая работа № 5.

		На тестовой плате заменить SMD-резистор с мелким шагом, а также DIP-микросхему (с сохранением ее работоспособности)
Тема 4.8. Электромонтаж и работа с проводами	Практическое занятие, 2 часа	<p>Тренинг № 6.</p> <p>Зачистка проводов с использованием различных инструментов (стриппер, нож). Обжим проводов с использованием различных инструментов (клещи, пресс). Пайка проводов с использованием различных техник (скрутка, внахлест). Подключение проводов к разъемам (JST, XT60, Molex). Изоляция соединений с помощью термоусадочной трубки и изоленты. Проверка надежности и правильности соединений. Алгоритм электромонтажа при работе с проводами</p>
	Практическое занятие, 1 час	<p>Практическая работа № 6.</p> <p>Выполнить монтаж жгута проводов с подключением к трем различным разъемам, соблюдая заданную схему</p>
Тема 4.9. Диагностика и ремонт электроники БПЛА	Лекция, 1 час	<p>Типичные неисправности электроники БПЛА (проблемы с питанием, моторами, ESC, полётным контроллером, камерой, видеопередатчиком). Методы диагностики (визуальный осмотр, мультиметр, осциллограф (если есть), подключение к компьютеру). Чтение и анализ полётных логов</p>
	Практическое занятие, 3 часа	<p>Работа в малых группах.</p> <p>Тренинг № 7.</p> <p>Диагностика неисправного БПЛА (или его части). Определение причины неисправности. Замена поврежденных компонентов (моторы, ESC, полетный контроллер, камеру, видеопередатчик). Калибровка и настройка полётного контроллера. Тестирование отремонтированного БПЛА</p>
Тема 4.10. Сборка БПЛА	Лекция, 1 час	Алгоритм сборки БПЛА из комплекта (рама, моторы, ESC, полётный контроллер, камера, видеопередатчик)
	Практическое занятие, 3 часа	<p>Тренинг № 8.</p> <p>Сборка БПЛА из комплекта (рама, моторы, ESC, полётный контроллер, камера, видеопередатчик). Настройка полётного контроллера. Калибровка ESC. Тестирование и отладка БПЛА. Общий алгоритм диагностики, ремонта и сборки БПЛА</p>
	Практическое занятие, 2 часа	<p>Практическая работа № 7.</p> <p>Диагностика, ремонт и сборка предоставленного БПЛА с конкретной неисправностью</p>

Промежуточная аттестация по модулю 4		Зачет на основании совокупности результатов практических работ №№ 1 – 7
--------------------------------------	--	---

2.3. Календарный учебный график модуля 3

№ п/п	Тема	Учебные недели/часы			
		1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя
4.1	Особенности ремонта и обслуживания БПЛА	T/2			
4.2	Обслуживание и работа с аккумуляторами и зарядными устройствами	T, П/6			
4.3	Особенности паяльных работ и электромонтажа	T /4	П/10		
4.4	Углубленные техники пайки		T, П/4		
4.5	Распайка и восстановление контактных площадок			T, П/5	
4.6	Диагностика и ремонт поврежденных дорожек			T, П/4	
4.7	Замена компонентов и восстановление BGA			T, П/4	
4.8	Электромонтаж и работа с проводами				П/3
4.9	Диагностика и ремонт электроники БПЛА				T, П/4
4.10	Сборка БПЛА				T, П/6
	Промежуточная аттестация по модулю 4				ПА

Условные обозначения:
 Т – теоретическая подготовка
 П – практическая работа, самостоятельная работа
 ПА – промежуточная аттестация (экзамен, зачет)

Раздел 3. Формы аттестации и оценочные материалы модуля 4 «Ремонт и обслуживание БПЛА»

3.1. Текущий контроль по модулю 4

Тест № 1 по темам 4.1, 4.2

Форма проведения	Дистанционная
Виды оценочных материалов	<p>1. Какие риски возникают при игнорировании технического обслуживания БПЛА, помимо непосредственной поломки? Выберите все подходящие ответы.</p> <p>a) Снижение точности позиционирования и навигации. b) Увеличение времени полёта. c) Некорректная работа датчиков и сенсоров. d) Потеря контроля над БПЛА во время полёта.</p>

	<p>2. В каких случаях целесообразно использовать осциллограф при ремонте БПЛА?</p> <p>a) Для проверки целостности проводов. b) Для измерения напряжения батареи. c) Для анализа формы сигнала в электронных схемах и выявления неисправностей компонентов. d) Для калибровки полётного контроллера.</p> <p>3. Какие действия следует предпринять при возгорании LiPo-аккумулятора?</p> <p>a) Залить аккумулятор водой. b) Использовать специальный огнетушитель класса D или песок. c) Накрыть аккумулятор одеялом. d) Выбросить аккумулятор в мусорное ведро.</p> <p>4. Какая функция НЕ является базовой для зарядного устройства LiPo-аккумуляторов?</p> <p>a) Зарядка. b) Разрядка. c) Очистка аккумулятора. d) Разрядка для хранения</p>
Критерии оценивания	Тест оценивается положительно при правильном выполнении не менее 70% заданий из 20 предложенных. Предоставляется неограниченное число попыток
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 1 по теме 4.3

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Осуществление паяльных работ и электромонтажа
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании алгоритмов осуществления паяльных работ и электромонтажа
Критерии оценивания	1. Все шаги алгоритмов выполнены правильно и в полном объеме. 2. Результаты оцениваются по таблице 1
Оценка	<p>Зачтено</p> <p>24-30 баллов: отлично, 16-23 баллов: хорошо, 8-15 баллов: удовлетворительно.</p> <p>Не зачтено</p> <p>0-7 баллов: неудовлетворительно</p>

Таблица 1

Критерии оценивания результатов практической работы № 1 по теме 4.3

Критерий	Отлично (3 балла)	Хорошо (2 балла)	Удовлетворительно (1 балл)	Неудовлетворительно (0 баллов)
1. Пайка DIP-компонентов (макс. 9 баллов)	<ul style="list-style-type: none"> - Аккуратные паяные соединения, без излишков припоя. - Правильно установлены все компоненты (полярность, ориентация). - Надежный электрический контакт (подтверждено мультиметром) 	<ul style="list-style-type: none"> - Паяные соединения удовлетворительного качества, небольшие излишки припоя. - Большинство компонентов установлены правильно, возможны незначительные ошибки. - Хороший электрический контакт (подтверждено мультиметром) 	<ul style="list-style-type: none"> - Небрежные паяные соединения, много излишков припоя. - Некоторые компоненты установлены неправильно (полярность, ориентация). - Неустойчивый электрический контакт (подтверждено мультиметром) 	<ul style="list-style-type: none"> - Неаккуратные паяные соединения, перегрев, повреждение компонентов. - Множество ошибок в установке компонентов. - Отсутствует электрический контакт (между компонентами или компонентом и платой)
2. Пайка SMD-компонентов (макс. 9 баллов)	<ul style="list-style-type: none"> - Аккуратные и ровные паяные соединения, без перемычек. - Компоненты расположены точно на площадках. - Надежный электрический контакт (подтверждено мультиметром) 	<ul style="list-style-type: none"> - Паяные соединения удовлетворительного качества, небольшие отклонения от идеала. - Компоненты расположены близко к площадкам. - Хороший электрический контакт (подтверждено мультиметром) 	<ul style="list-style-type: none"> - Небрежные паяные соединения, с небольшими перемычками. - Компоненты расположены неточно. - Неустойчивый электрический контакт (подтверждено мультиметром) 	<ul style="list-style-type: none"> - Неаккуратные паяные соединения, много перемычек, перегрев. - Компоненты расположены с большим смещением или отсутствуют. - Отсутствует электрический контакт (между компонентами или компонентом и платой)

Критерий	Отлично (3 балла)	Хорошо (2 балла)	Удовлетворительно (1 балл)	Неудовлетворительно (0 баллов)
3. Работа с проводами и разъемами (макс. 6 баллов)	<ul style="list-style-type: none"> - Провода правильно защищены и обжаты (или запаяны). - Надежное механическое и электрическое соединение в разъемах. - Правильная распиновка разъемов (подтверждено мультиметром) 	<ul style="list-style-type: none"> - Зачистка или обжим проводов выполнены не идеально. - Соединение в разъемах достаточно надежное. - Есть мелкие ошибки (мультиметром проверяется) 	<ul style="list-style-type: none"> - Плохая зачистка/обжим проводов. - Слабое соединение в разъемах. - Есть серьезные ошибки в распиновке разъемов 	<ul style="list-style-type: none"> - Поврежденные провода, сломанные разъемы. - Невозможно соединить провода и разъемы. - Соединение отсутствует или короткое замыкание
4. Демонтаж компонентов (макс. 6 баллов)	<ul style="list-style-type: none"> - Компонент демонтирован без повреждения платы и компонента. - Отсутствуют остатки припоя на плате. - Плата после демонтажа готова к установке нового элемента 	<ul style="list-style-type: none"> - Компонент демонтирован с небольшими повреждениями платы или компонента. - Незначительные остатки припоя на плате 	<ul style="list-style-type: none"> - Компонент демонтирован с повреждениями платы и/или компонента. - Заметные остатки припоя на плате 	<ul style="list-style-type: none"> - Сильные повреждения платы и/или компонента. - Значительные остатки припоя, плата не пригодна для дальнейшего использования
5. Соблюдение техники безопасности	<ul style="list-style-type: none"> - Полное соблюдение ТБ 	<ul style="list-style-type: none"> - Незначительные нарушения 	<ul style="list-style-type: none"> - Замечания по ТБ 	<ul style="list-style-type: none"> - Грубые нарушения

Практическая работа № 2 по теме 4.4

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Осуществление пайки тестовой платы с DIP- и SMD-компонентами разного типа
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании алгоритма пайки тестовой платы с DIP- и SMD-компонентами разного типа
Критерии оценивания	<ol style="list-style-type: none"> 1. Все шаги алгоритма выполнены правильно и в полном объеме. 2. Высокое качество пайки.

	3. Правильная установка компонентов, соблюдение полярности и ориентации. 4. Проведена инструментальная проверка каждого паяного соединения
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 3 по теме 4.5

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Демонтаж заданного SMD-компонентта с платы и восстановление одной поврежденной контактной площадки
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании алгоритмов распайки и восстановление контактных площадок
Критерии оценивания	1. Все шаги алгоритмов выполнены правильно и в полном объеме. 2. Четко и аккуратно произведен демонтаж. 3. Качество восстановления площадки и ее электропроводность. подтверждена инструментальным контролем
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 4 по теме 4.6

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Нахождение и устранение трех имитированных повреждений дорожек на предоставленной плате
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании алгоритмов диагностики и ремонта поврежденных дорожек
Критерии оценивания	1. Все шаги алгоритмов выполнены правильно и в полном объеме. 2. Правильно проведена диагностика и найдены повреждения дорожек. 3. Качество восстановления и надежность соединения подтверждена инструментальным контролем
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 5 по теме 4.7

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	На тестовой плате заменить SMD-резистор с мелким шагом, а также DIP-микросхему (с сохранением ее работоспособности)
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании алгоритмов замены компонентов и восстановление BGA
Критерии оценивания	1. Все шаги стратегии выполнены правильно и в полном объеме. 2. Высокое качество пайки. 3. Проведена инструментальная проверка работоспособности компонентов после установки

Оценка	Зачтено/не зачтено
--------	--------------------

Практическая работа № 6 по теме 4.8

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Выполнить монтаж жгута проводов с подключением к трем различным разъемам, соблюдая заданную схему
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании алгоритма электромонтажа при работе с проводами
Критерии оценивания	1. Все шаги алгоритма выполнены правильно и в полном объеме. 2. Правильно произведено подключение. 3. Высокое качество обжима/пайки и аккуратность выполнения. 4. Правильно проведен инструментальный контроль
Оценка	Зачтено/не зачтено

Практическая работа № 7 по теме 4.10

Название (проекта, разработки, сценария и т.д.)	Диагностика, ремонт и сборка предоставленного БПЛА с конкретной неисправностью
Форма проведения	Дистанционно
Требования к структуре и содержанию	Работа выполняется на основании общего алгоритма диагностики, ремонта и сборки БПЛА
Критерии оценивания	1. Все шаги общего алгоритма выполнены правильно и в полном объеме. 2. Быстро и точно проведена диагностика и найдена неисправность. 3. Качественно осуществлен ремонт. 4. Правильно произведена сборка БПЛА и проверена проверка его работоспособности. 5. Во время работы соблюдалась техника безопасности
Оценка	Зачтено/не зачтено

3.2. Промежуточная аттестация по модулю 4

Форма промежуточной аттестации	Дистанционно
Требования к промежуточной аттестации	Выполнение всех форм контроля
Критерии оценивания	Слушатель считается аттестованным по модулю 4 при положительном оценивании результатов практических работ №№ 1 – 7
Оценка	Зачтено/не зачтено

Раздел 4. Организационно-педагогические условия реализации модуля 4 «Ремонт и обслуживание БПЛА» (п. 4.1. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение, п. 4.2. Материально-технические условия реализации, 4.3. Кадровые условия реализации программы модуля 1) отражены в разделе 4 программы профессиональной переподготовки на стр. 82 – 85.

РАЗДЕЛ 3. «ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

3.1. Итоговая аттестация – экзамен (проверка теоретических знаний в форме тестирования и билетов, проверка практических умений).

3.2. Примеры экзаменационных заданий

1. Воспроизведите последовательность действий в случае удара БВС о землю или жесткой посадки:

1. прекратить полёт, посадить коптер на землю;
2. Disarm (стик YAW влево вниз на 3 секунды);
3. отключить Li-Po (Li-Ion) аккумулятор на коптере;
4. отключить пульт;
5. выполнить аварийное отключение моторов (например, функцию killswitch);
6. осмотреть коптер и при необходимости отремонтировать.

Критерии оценки:

Правильно и корректно выполнена вся последовательность действий – «Отлично».

Правильно выполнены не все, но более половины действий в нужной последовательности – «Хорошо».

Неправильно выполнено более половины действий, нужная последовательность нарушена, более двух действий выполнены правильно в нужной последовательности – «Удовлетворительно».

Правильно выполнены не более двух действий, нужная последовательность нарушена – «Не удовлетворительно».

2. Соберите БВС из комплектующих, выполнив последовательно 12 шагов. Начните со сборки рамы и завершите сборкой пропеллеров.

Критерии оценки:

Правильно и корректно выполнены все этапы – «Отлично».

Неправильно выполнено менее половины этапов – «Хорошо».

Правильно выполнена половина или менее половины этапов – «Удовлетворительно».

Правильно не выполнен ни один из этапов – «Не удовлетворительно».

3. Практическое задание позволит оценить следующие навыки слушателей программы «Оператор наземных средств управления беспилотным летательным аппаратом»:

1. Установка FPV-оборудования на беспилотные воздушные суда (далее – БВС).
2. Выполнение предполётной подготовки БВС с использованием FPV- оборудования.
3. Основные приёмы пилотирования БВС.
4. Точное прохождение трассы БВС с использованием FPV- оборудования на время.

Виды практических заданий

1) Установка FPV-оборудования на БВС.

Установить на БВС камеру, настроить камеру и видео передатчик, демонтировать камеру.

Этапы:

1. Установить камеру на БВС.

2. Настроить камеру.
3. Настроить видеопередатчик.
4. Демонтировать камеру.

Критерии оценки:

Правильно и корректно выполнены все этапы – «Отлично».

Неправильно выполнено менее половины этапов – «Хорошо».

Правильно выполнена половина или менее половины этапов – «Удовлетворительно». Правильно не выполнен ни один из этапов – «Не удовлетворительно».

2) Предполетная подготовка БВС с использованием FPV-оборудования.

Осуществить предполётную подготовку БВС.

Этапы:

1. Предполётный визуальный осмотр БВС.
2. Проверка целостности узлов и надёжности креплений.
3. Проверка системы передачи данных.
4. Подготовка наземного пункта дистанционного управления.
5. Занесение данных в лист предполётной подготовки.

Критерии оценки:

Правильно и корректно выполнены все этапы – «Отлично».

Неправильно выполнено менее половины этапов – «Хорошо».

Правильно выполнено менее половины этапов – «Удовлетворительно».

Правильно не выполнен ни один из этапов – «Не удовлетворительно».

3) Основные приемы пилотирования БВС.

Изобразить схематично на листе бумаги пульт управления и его основные элементы, отметить их функционал.

Критерии оценки:

Правильно и корректно указаны все элементы пульта управления БВС и их функционал – «Отлично».

Правильно указано более 8-ми элементов и функциональных значений элементов – «Хорошо».

Правильно указано менее 8-ми, но не менее 4-х элементов и функциональных значений элементов – «Удовлетворительно».

Правильно указано менее 4-х элементов и функциональных значений элементов – «Не удовлетворительно».

4) Точное прохождение трассы БВС с использованием FPV оборудования на время.

Задание заключается в прохождении трассы на время. Нужно быстро и аккуратно пройти заданный маршрут по траектории «восьмёрка», не касаясь элементов трассы. После пролёта по трассе осуществить приземление в квадрат размерами 1x1 м, после чего осуществить взлёт и повторный полет по трассе.

Расположение элементов трассы показано на рисунке 1.

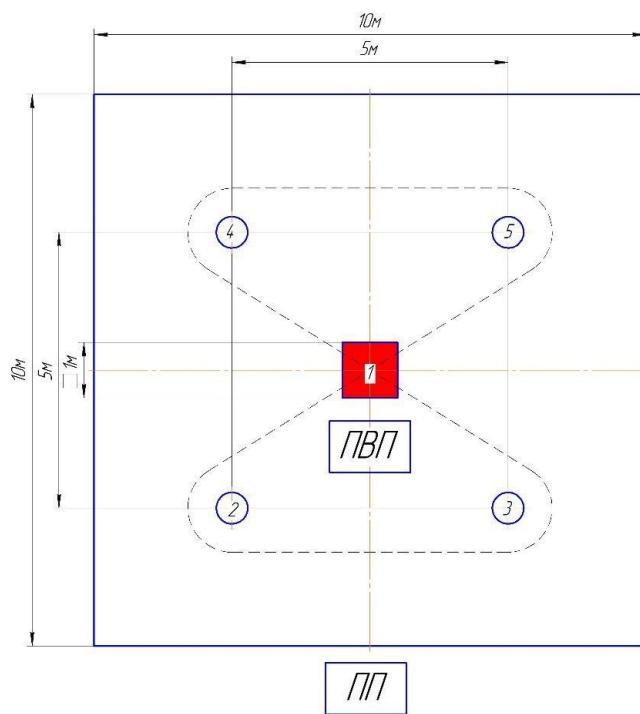


Рисунок 1. Полётное задание.

Принятые обозначения:

- ПВП - площадка взлета и посадки;

- ПП - площадка пилота.

Этапы полётного задания:

1. Взлёт из точки 1 ПВП на заданной высоте 1 м.
2. Пролёт в точку 2 с облетом имитации элемента трассы (препятствия) на заданной высоте 1 м.
3. Пролёт в точку 3 с облетом имитации элемента трассы (препятствия) на заданной высоте 1 м.
4. Пролёт в точку 4 с облетом имитации элемента трассы (препятствия) на заданной высоте 1 м.
5. Пролёт в точку 5 с облетом имитации элемента трассы (препятствия) на заданной высоте 1 м.
6. Пролёт в точку 1 на заданной высоте 1 м и приземление в квадрат размерами 1x1 м.

Полётное задание необходимо выполнить 2 раза подряд.

Критерии оценки:

Выполнение фигуры «восьмёрка»:

- 5 баллов - без касания элемента трассы (препятствия);
- 3 балла - с одним касанием элемента трассы (препятствия);
- 0 баллов - с двумя и более касаниями элемента трассы (препятствия) или нарушено направление облета.

Каждая посадка в ПВП:

- 2 балла - все стойки БВС находятся в квадрате размерами 1x1 м;
- 0 баллов - остальные случаи.

Время выполнения 2 полетных заданий:

- 5 баллов - 1 результат в команде;
- 3 балла - 2 результат в команде;
- 2 балла - 3 результат в команде.

Итоговая оценка:

- более 18-ти баллов - «Отлично»;
- 12-18 баллов - «Хорошо»;

- 6-14 баллов - «Удовлетворительно»;
- менее 6 баллов - «Не удовлетворительно».

РАЗДЕЛ 4. «ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ»

4.1.1. Нормативные документы (в актуальной редакции):

1. Федеральный закон «О внесении изменений в воздушный кодекс Российской Федерации в части использования беспилотных воздушных судов» от 30.12.2015 г. № 462-ФЗ (ред. от 03.04.2023).
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 14.09.2022 № 526н «Об утверждении профессионального стандарта «профессионального стандарта «Специалист по эксплуатации беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 кг и менее».
3. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 № 60-ФЗ (ред. от 04.11.2025).

4.1.2. Основная литература:

1. Беспилотники на дорогах России (уголовно-правовые проблемы) : монография / под редакцией А. И. Чучаева. — Москва : Проспект, 2021. — 520 с. — ISBN 978-5-392-32846-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/227933>.
2. Беспилотные летательные аппараты : учебное пособие / С. Н. Денисенко, А. Ю. Смирнов, А. М. Хрусталев, И. Г. Штеренберг. — Санкт-Петербург : СПбГТИ (ТУ), 2023. — 115 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/365894>.
3. Ковалёв, М. А. Беспилотные летательные аппараты вертикального взлета: сборка, настройка и программирование : учебное пособие / М. А. Ковалёв, Д. Н. Овакимян. — Самара : Самарский университет, 2024. — 96 с. —

ISBN 978-5-7883-2031-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/480347>.

4. Степанов, С. А. Перевод англоязычных специальных текстов на тему «Беспилотные летательные аппараты» : учебное пособие / С. А. Степанов, М. Н. Овсянникова. — Москва : МАИ, 2024. — 149 с. — ISBN 978-5-00244-540-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>.

4.1.3. Дополнительная литература:

1. Антти, С. Беспилотники: автомобили, дроны, мультикоптеры / С. Антти. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 120 с. — ISBN 978-5-97060-662-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107894>.

2. Биард, Р. У. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Р. У. Биард, Т. У. МакЛайн. — Москва : Техносфера, 2015. — 312 с. — ISBN 978-5-94836-393-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/76159>.

4.2. Материально-технические условия реализации программы

Для эффективной реализации программы необходимо следующее материально-техническое обеспечение:

- система дистанционного обучения образовательной организации;
- средства ВКС;
- компьютерные презентации, учебно-методические и оценочные материалы.

Наименование специализированных оборудований аудиторий для проведения занятий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Аудитория в образовательной организации	лекции	Лекционная аудитория, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, оснащенная комплектом мебели для учебного процесса, учебной доской, персональным компьютером, плазменной панелью

Аудитория в образовательной организации	практические занятия	Аудитория для проведения практических и семинарских занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом мебели для учебного процесса, учебной доской, персональным компьютером, плазменной панелью
Аудитория в образовательной организации	самостоятельная работа	Аудитория для самостоятельной работы, оснащенная комплектом мебели для учебного процесса, учебной доской, персональными компьютерами с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде Университета

Перечень оборудования для реализации программы

1. DJI Mavic 3- Базовый набор или аналог.
2. DJI Mavic 3, Химера, Whoop- Бортовой модуль навигации GPS/ГЛОНАСС или аналог.
3. DJI Mavic 3, Химера, Whoop – FPV камера или аналог.
4. Skyzone 04 v2 – FPV шлем или аналог.
5. DJI Mavic 3, Химера, Whoop - Приемник для пульта ДУ (ЗИП) или аналог.
6. DJI Mavic 3, Химера, Whoop - Комплект воздушных винтов (ЗИП) или аналог.
7. DJI Mavic 3, Химера, Whoop - Комплект деталей рамы (ЗИП) или аналог Whoop - Комплект защиты воздушных винтов (ЗИП) или аналог.
12. DJI Mavic 3, Химера, Whoop - Мотор левого вращения / правого вращения (ЗИП) или аналог.
13. DJI Mavic 3, Химера, Whoop - Аккумуляторная батарея 1S-6S или аналог.
14. Ноутбук ASUS TUF Gaming Процессор AMD Ryzen 7 7735HS with Radeon Graphics, 3201 МГц, ядер: 8, логических процессоров: 16
Установленная оперативная память (RAM) 16,0 ГБ,
Полный объем физической памяти 15,2 ГБ,
Доступно физической памяти 8,16 ГБ,
Всего виртуальной памяти 19,5 ГБ, 6 шт.

15. FPV очки skyzone Cobra X v4, 8 шт.
16. HUAWEI LAPTOP-5GELJ6 Core i3 3.00Ghz 2995МГц, 4 шт
17. Пульт управления Radiomaster BOXER, 5 шт.
18. Пульт управления TX12, 5 шт.
19. 3D принтер Flashforge Adventure5M, 2 шт.
20. МФУ HP LaserJet Pro M130x, 1шт.
21. Лабораторный блок IRBIS, 1 шт.
22. FIMI X8Tele., 1 шт.
23. FPV-дрон, 13 шт.
24. Выстрел имитация РПГ-7В, 1 шт.
25. Паяльная станция МЕГЕОН DO 000363, 2 шт.
26. Паяльные коврики, 2 шт.
27. Осциллограф FNIRSI 1012T, 1 шт.
28. Электронный микроскоп, 2 шт.
29. LIPO АКБ, 20 шт.
30. экран FPV Skyzone, 1 шт.
31. AC Adapter Model ADP-240EB, 6 шт.
32. Зарядное устройство ToolkitRC MD6, 2 шт.
33. Блок питания для з/у 240V, 1 шт.
34. Ноутбук MSI Catana GF76, 1 шт.
35. Пульт управления Radiomaster TX16S, 1 шт.
36. Очки FPV Skyzone 04XPro, 1 шт.
37. Зарядное устройство ViFlywhoopstore3, 1 шт.

4.3. Кадровые условия реализации рабочей программы

Требования к квалификации профессорско-преподавательского состава: высшее образование или дополнительное профессиональное образование в области организации деятельности с БПЛА.

Требования к квалификации специалистов, сопровождающих программу: высшее образование.

Перечень литературы для самостоятельной подготовки

1. ГОСТ Р 57258-2016 утвержден приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 ноября 2016 г. № 1674 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200141433>.
2. Беспилотные авиационные системы. Общие сведения и основы эксплуатации [Текст] /С.А. Кудряков, В.Р. Ткачев, Г.В. Трубников и др. /Под ред. Кудрякова С.А. – СПб: «Свое издательство», 2015. – 121 с.
3. Беспилотный летательный аппарат БПЛА (дрон) Государство. Бизнес. Технология URL: <https://www.tadviser.ru/index>.
4. Карташкин, А. С. Авиационные радиосистемы. Учебное пособие [Текст] / А. С. Карташкин.– М.: РадиоСофт. 2015, – 303 с.
5. Кошкин, Р. П. Беспилотные авиационные системы. – М.: Изд-во «Стратегические приоритеты», 2016. 676 с. URL: <https://freedocs.xyz/pdf462626549>.
6. Основные характеристики Геоскан // Беспилотные технологии для профессионалов. URL: <https://www.geoscan.aero/ru/products/geoscan201/base/>
7. Парафесь, С. Г. Проектирование конструкции и САУ БПЛА с учетом аэроупругости [Текст]: постановка и методы решения задачи / С. Г. Парафесь, В. И. Смыслов. – М.: Техносфера, 2018. - 181 с.
8. Рэндал У. Биард, Тимоти У. МакЛЭйн. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2015. – 312 с.
9. Канатникова, А. Н. Управление плоским движением квадрокоптера / А. Н. Канатникова, К. Р. Акопян // Математика и математическое моделирование. - 2015. - № 2. – С. 23-36. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24278292>.
10. Кузьменко, Е. Л. Трехмерное моделирование рамы квадрокоптера в системе SOLIDWORKS/ Е. Л. Кузьменко, Р. Л. Жуков, А. С. Полозов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика.

– 2019. – Т. 7. – № 1 (44). – С. 224 –228. – Режим доступа:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38586028>.

11. Десницкий, В. А. Подход к обеспечению доступности в беспроводных сетях управления в чрезвычайных ситуациях / В. А. Десницкий, И. В. Котенко, Н. Н. Рудавин // Проблемы управления рисками в техносфере. — 2018. — № 3. — С. 92-96. — Режим доступа:
<https://e.lanbook.com/reader/journalArticle/528203/#1>.

12. Федосеева, Н. А. Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов / Н. А. Федосеева, М. В. Загвоздкин // Научный журнал. – 2017. - № 9 (22). – С. 26 – 29. – Режим доступа:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30561991>.

13. Беспилотные летательные аппараты, их электромагнитная стойкость и математические модели систем стабилизации : монография / В. А. Крамарь, А. Н. Володин, Е. В. Евтушенко, В. П. Макогон, А. И. Харланов. — М.: ИНФРАМ, 2021. — 180 с. — (Научная мысль). – Режим доступа:
<https://znanium.com/catalog/document?id=362113>.

14. Скрыпник, О. Н. Радионавигационные системы воздушных судов. Учебник [Текст] / О. Н. Скрыпник. – М.: Инфра-М, 2014. – 343 с.

15. Бейктал, Д. Конструируем роботов от А до Я. Полное руководство для начинающих / Д. Бейктал. – М.: Лаборатория знаний, 2018. - 397 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=336006>.

16. Быков, А. И. Риски, вызванные массовым использованием беспилотных летательных аппаратов, для уголовно-исполнительной системы / А. И. Быков // Вестник института: преступление, наказание, исправление. — 2018. — № 42. — С. 66 – 70. — Режим доступа:
<https://e.lanbook.com/reader/journalArticle/486903/#1>.

17. Никишев В. К. БПЛА – беспилотные летательные аппараты. Книга 1. Теория.- Чебоксары: Изд-во Чуваш. Ун-та, 2020.-113с.

18. Сфера применения БАС URL:
<https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/base-module/sphere/sphere.html>

19. Российские беспилотники. Russian Drone Сайт
URL: <http://unmanned.ru/uav/supercam-100.htm>
20. Основные характеристики Геоскан // Беспилотные технологии для профессионалов. URL: <https://www.geoscan.aero/ru/products/geoscan201/base/>
21. Tadviser. Государство. Бизнес. Технологии. Беспилотный летательный БПЛА (дрон) [Электронный ресурс] [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Беспилотный_летательный_аппарат_\(дрон,_БПЛА\)#](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Беспилотный_летательный_аппарат_(дрон,_БПЛА)#).

КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

1.2	Работа с данными с сенсоров БПЛА						T/ 5, П/ 10										
1.3	Программное обеспечение управления полетом БПЛА						T/ 4, П/ 7										
№ п/п	Дисциплина / раздел/тема (Раздел 2)							9 неделя	10 неделя	11 неделя	12 неделя	13 неделя	14 неделя	15 неделя	16 неделя	17 неделя	18 неделя
2.1	Винтомоторная группа БПЛА: особенности и подготовка к эксплуатации						T/ 4, П/ 6										
2.2	Полетный контроллер (FC) как основной компонент бортового комплекса управления беспилотного летательного аппарата						T, П/ 4										
2.3	Настройка пульта управления и протоколов связи БПЛА						T/ 4, П/ 6										
2.4	Прошивка пульта управления и протокола связи БПЛА						T, П/ 8										
2.5	Подготовка двигательной (силовой) установки БВС и бортового энергетического оборудования к эксплуатации												T/ 3, П/ 4				
2.6	Подготовка к эксплуатации станции внешнего пилотирования												T/ 3, П/ 2				
2.7	Подготовка к эксплуатации полезной нагрузки и периферийных устройств беспилотных авиационных систем												T, П/ 4				
2.8	Видеосистемы												T/ 2				
	Промежуточная аттестация												П А				

4.9	Диагностика и ремонт электроники БПЛА								T, П/ 4									
4.10	Сборка БПЛА								T, П/ 6									
	Промежуточная аттестация по модулю 4								П А									
	Итоговая аттестация								И А/ 2									

Условные обозначения:
 Т – теоретическая подготовка; П – практическая работа, самостоятельная работа, тестирование; ПА – промежуточная аттестация; ИА – итоговая аттестация