

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»**

Институт дополнительного образования

«Утверждаю»

Проректор по непрерывному
профессиональному образованию
Тамбовского государственного
университета имени Г.Р. Державина

И.В. Аверина

«_6_» ноября 2019 г.



**Дополнительная профессиональная программа
повышения квалификации**

**«Подготовка операторов наземных средств управления беспилот-
ным летательным аппаратом самолетного и вертолетного типа»**

Документ о квалификации: удостоверение о повышении квалификации ус-
тановленного образца

Объем: 72 часа

Авторы - составители программы:

Киреев Артем Александрович, директор «Центр компетенций в сфере применения беспилотных авиационных систем ТГУ имени Г.Р. Державина»;

Кириллов Роман Александрович – специалист «Центра компетенции в сфере применения беспилотных авиационных систем»

Рецензент: Д.В. Рыбаков, директор Технопарка «Державинский»

Дополнительная профессиональная программа утверждена на заседании Ученого совета института математики, физики и информационных технологий «17» сентября 2019 года, протокол № 1.

1. Характеристика программы:

1.1 Нормативные правовые основания разработки программы

- Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации";

- Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 29 августа 2013 г. №1008;

- Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 18 апреля 2013 г. N 292 РФ "Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по основным программам профессионального обучения";

- Федеральный закон от 19 марта 1997 г. N 60-ФЗ "Воздушный кодекс Российской Федерации";

- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ «О введении в действие СанПиН 23.2. 1940-05;

- Распоряжение Правительства РФ №1726-р от 04.09.2014 г. «Концепция развития дополнительного образования»;

- Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 июля 2018 г. №447н «Об утверждении 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»;

1.2 Категория слушателей: люди, не имеющие опыта пилотирования летательных операторов; действующие пилоты-операторы БЛА; представители летного состава всех родов авиации, имеющие опыт летной работы.

1.3 Требования к слушателям: программа реализуется на базе высшего образования (уровень квалификации - бакалавриат, магистратура, специалитет) и / или среднего профессионального образования.

1.4 Форма освоения программы: очно-заочная.

1.5 Цель и планируемые результаты обучения: формирование компетенций, целостных знаний и навыков по таким дисциплинам, как аэродинамика и конструирование беспилотных летательных аппаратов; основы радиоэлектроники и схемотехники; программирование микроконтроллеров; лётная эксплуатация БАС (беспилотных авиационных систем), использование современного оборудования и его технических возможностей.

В результате освоения программы повышения квалификации слушатель должен приобрести следующие знания, умения, необходимые для качественного изменения или формирования следующих профессиональных компетенций:

Совершенствуемые и/или осваиваемые компетенции	Должен знать	Должен уметь	Формы контроля
Общие компетенции			
ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам	Актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить; основные источники информации и ресурсы для решения задач и проблем в профессиональном и/или социальном контексте. алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях; методы работы в профессиональной	Распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части; определять этапы решения задачи; выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы; составить план действия; опреде-	Тестовые, срезовые задания (устный опрос, письменный опрос, тестирование)

	и смежных сферах; структуру плана для решения задач; порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности.	лить необходимые ресурсы; владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах; реализовать составленный план; оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника).	
ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности	Номенклатуру информационных источников применяемых в профессиональной деятельности; приемы структурирования информации; формат оформления результатов поиска информации	определять задачи поиска информации; определять необходимые источники информации; планировать процесс поиска; структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации; оценивать практическую значимость результатов поиска; оформлять результаты поиска	
ОК 03. Планировать и реализовывать	содержание актуальной норматив-	определять актуальность норма-	

<p>вать собственное профессиональное и личностное развитие.</p>	<p>но-правовой документации; современная научная и профессиональная терминология; возможные траектории профессионального развития и самообразования</p>	<p>тивно-правовой документации в профессиональной деятельности; выстраивать траектории профессионального и личностного развития</p>	
<p>ОК 04. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности</p>	<p>современные средства и устройства информатизации; порядок их применения и программное обеспечение в профессиональной деятельности.</p>	<p>применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач; использовать современное программное обеспечение</p>	
<p>Профессиональные компетенции</p>			
<p>ПК 1.1. Организовывать и осуществлять предварительную и предполетную подготовку беспилотных авиационных систем самолетного и вертолетного типа в производственных условиях</p>	<p>основные типы конструкции беспилотных авиационных систем самолетного типа; порядок подготовки к эксплуатации беспилотной авиационной самолетного и вертолетного типа: станции внешнего пилота; планера беспилотного воздушного судна (фюзеляж,</p>	<p>организовывать и осуществлять подготовку к эксплуатации беспилотной авиационной системы самолетного и вертолетного типа</p>	<p>Тестовые, срезовые задания (устный опрос, письменный опрос, тестирование). Демонстрация полученных практических навыков.</p>

	<p>несущие поверхности, шасси); двигательная (силовая) установка беспилотного воздушного судна; бортовое энергетическое оборудование (система электроснабжения, гидравлические и газовые системы, силовые приводы); комплект бортового оборудования (радиоприемопередатчик, радиоприемопередатчик управления, пилотажно-навигационный комплекс, система объективного контроля); наземные комплексы транспортировки, обеспечения взлета, посадки и управления полетом.</p>		
<p>ПК 1.2. Организовать и осуществлять эксплуатацию беспилотных авиационных систем самолетного и вер-</p>	<p>законодательные и нормативные документы РФ в области эксплуатации БАС; правила и положе-</p>	<p>составлять полётные программы с учетом особенностей функционального оборудования полезной нагрузки,</p>	

<p>толетного типа с использованием дистанционно пилотируемых воздушных судов и автономных воздушных судов и их функциональных систем в ожидаемых условиях эксплуатации и особых ситуациях</p>	<p>ния, касающиеся обладателя свидетельства внешнего пилота; правила полетов, выполнения полетов в сегрегированном и несегрегированном воздушном пространстве; порядок планирования полетов с учетом их видов и выполняемых задач; соответствующие эксплуатационные данные из руководства по летной эксплуатации или другого содержащего эту информацию документа; влияния установки системы функционального оборудования полезной нагрузки и центровки на летные характеристики и на поведение дистанционно пилотируемого воздушного судна</p>	<p>установленного на беспилотном воздушном судне самолетного типа и характера перевозимого внешнего груза; управлять беспилотным воздушным судном самолетного и вертолетного типа в пределах его эксплуатационных ограничений; применять знания в области аэронавигации; планировать, подготавливать и выполнять полеты на дистанционно пилотируемом воздушном судне и автономном воздушном судне самолетного типа (с различными вариантами проведения взлета и посадки); применение основ авиационной метеорологии, получение и использование метеорологи-</p>	
---	---	---	--

	<p>и автономного воздушного судна самолетного и вертолетного типа в полете;</p> <p>связь человеческого фактора с безопасностью полетов;</p> <p>соответствующие меры предосторожности и порядок действий в аварийных ситуациях, включая действия, предпринимаемые с целью обхода опасных метеоусловий, турбулентности в следе и других опасных для полета явлений;</p> <p>порядок действий при потере радиосвязи;</p> <p>положения законодательных и нормативно правовых актов в области обеспечения транспортной (авиационной) безопасности.</p>	<p>ческой информации;</p> <p>использовать аэронавигационные карты;</p> <p>использовать аэронавигационную документацию.</p>	
--	--	--	--

<p>ПК 1.3. Осуществлять взаимодействие со службами организации и управления воздушным движением при организации и выполнении полетов дистанционно пилотируемых воздушных судов самолетного и вертолетного типа</p>	<p>соответствующие правила обслуживания воздушного движения; основ авиационной электросвязи, правил ведения радиосвязи и фразеологии применительно к полетам по правилам визуальных полетов и правилам полетов по приборам</p>	<p>осуществлять взаимодействие со службами организации и управления воздушным движением</p>
<p>ПК 1.4 Осуществлять обработку данных, полученных при использовании дистанционно пилотируемых воздушных судов самолетного и вертолетного типа</p>	<p>методы обработки данных, полученных при использовании дистанционно пилотируемых воздушных судов самолетного и вертолетного типа</p>	<p>обрабатывать данные, полученные при использовании дистанционно пилотируемых воздушных судов самолетного и вертолетного типа</p>
<p>ПК 1.5 Осуществлять комплекс мероприятий по проверке исправности, работоспособности и готовности дистанционно пилотируемых воздушных судов самолетного и вертолетного типа, станции внешнего</p>	<p>нормативно-технической документации по эксплуатации беспилотных авиационных систем самолетного и вертолетного типа; назначения и основных эксплуатационно-</p>	<p>осуществлять техническую эксплуатацию дистанционно пилотируемых воздушных судов самолетного и вертолетного типа, станции внешнего пилота, систем обеспечения полетов и их функцио-</p>

<p>него пилота, систем обеспечения полетов и их функциональных элементов к использованию по назначению</p>	<p>технических характеристик, решаемых задач дистанционно пилотируемых воздушных судов самолетного и вертолетного типа, станции внешнего пилота, систем обеспечения полетов и их функциональных элементов;</p> <p>правил технической эксплуатации дистанционно пилотируемых воздушных судов самолетного и вертолетного типа, станции внешнего пилота, систем обеспечения полетов и их функциональных элементов;</p> <p>назначения, основных измерительных приборов и контрольно-проверочной аппаратуры;</p> <p>правил наладки измерительных приборов и кон-</p>	<p>нальных элементов; осуществлять наладку измерительных приборов и контрольно-проверочной аппаратуры;</p> <p>проводить проверку исправности, работоспособности и готовности дистанционно пилотируемых воздушных судов самолетного и вертолетного типа, станции внешнего пилота, систем обеспечения полетов и их функциональных элементов;</p> <p>выполнять процедуры по предупреждению, выявлению и устранению прямых и косвенных причин снижения надежности дистанционно пилотируемых воздушных судов самолетного и вертолетного типа, станции внешнего пилота, систем обес-</p>	
--	---	--	--

	<p>трольно-проверочной аппаратуры;</p> <p>основных правил и процедур проведения проверок исправности, работоспособности и готовности дистанционно пилотируемых воздушных судов самолетного и вертолетного типа, станции внешнего пилота, систем обеспечения полетов и их функциональных элементов к использованию по назначению;</p> <p>процедур по предупреждению, выявлению и устранению прямых и косвенных причин снижения надежности дистанционно пилотируемых воздушных судов самолетного и вертолетного типа, станции внешнего пилота, систем</p>	<p>печения полетов и их функциональных элементов</p>	
--	---	--	--

	обеспечения полетов и их функциональных элементов.		
ПК 1.6. Вести учёт срока службы, наработки объектов эксплуатации, причин отказов, неисправностей и повреждений беспилотных воздушных судов самолетного и вертолетного типа	порядок ведения учёта срока службы, наработки объектов эксплуатации, причин отказов, неисправностей и повреждений беспилотных воздушных судов самолетного и вертолетного типа	ведение учёта срока службы, наработки объектов эксплуатации, причин отказов, неисправностей и повреждений беспилотных воздушных судов самолетного и вертолетного типа	

1.6 Трудоемкость программы: 72 часа (36 час – контактная работа с преподавателями, 36 часов – самостоятельная работа).

2. УЧЕБНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование учебных тем	Формы текущего контроля (при наличии)	Обязательные учебные занятия		Самостоятельная работа обучающегося (при наличии)		Практика (стажировка)	Всего (час.)
			Всего (час.)	в т. ч. лабораторные и практические занятия (час.)	Всего (час.)	в т. ч. Консультаций при выполнении самостоятельной работы (при наличии) (час.)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Модуль 1 Теория беспилотных авиационных систем								
1	Вводное занятие. История развития БЛА, основы применения. Правовые основы.	Тестирование	1	-	2	-	-	3
2	Теоретические основы материальной части. Устройство и принципы работы БЛА.		9	4	14	-	-	23

3	Безопасность полетов. Введение. Нормативно-правовые документы		1	-	4	-	-	5
Модуль 2. Сборка и настройка БЛА. Учебные полёты.								
1	Работа с комплексом БЛА самолетного типа. Правила эксплуатации комплекса в обычных и экстремальных условиях. Гарантийные обязательства. Основы пилотирования. Техническое обслуживание БЛА.	Собеседование. Демонстрация полученных практических навыков.	2	1	1	-	-	3
2	Учебные полёты.		9	8	7	-	-	16

	Практическая часть. Пилотирование. Управление БЛА. Программирование. Аэрофото-съемка.							
Модуль 3. Сборка и настройка БЛА вертолетного типа. Учебные полёты.								
1	Работа с комплексом БЛА вертолетного типа. Основы пилотирования. Техническое обслуживание БЛА.	Собеседование. Демонстрация полученных	3	1	1	-	-	4
2	Пилотирование. Управление БЛА. Программирование.	практических навыков.	7	5	7	-	-	14
Итоговая аттестация (зачет)			4	2	0			4

Всего по программе:	36		36			72
----------------------------	-----------	--	-----------	--	--	-----------

2.1 КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

программы повышения квалификации

«Подготовка операторов наземных средств управления беспилотным летательным аппаратом самолетного и вертолетного типа»

№ п/п	Наименование учебного модуля, темы	Объем нагрузки, часов	Учебные недели						
			1						
			1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день	
	Вводное занятие. История развития БЛА, основы применения. Правовые основы.	1	1						
	Теоретические основы материальной части. Устройство и принципы работы БЛА.	9	5	4					
	Безопасность полетов. Введение. Нормативно-правовые документы	1		1					
	Работа с комплексом БЛА самолетного типа. Правила эксплуатации комплекса в обычных и экстремальных условиях. Гарантийные обязательства. Основы пилотирования. Техническое обслуживание БЛА.	2		1	1				
	Учебные полёты. Практическая часть. Пилотирование. Управление БЛА. Программирование. Аэрофотосъемка.	9			5	4			
	Работа с комплексом БЛА вертолетного типа. Основы пилотирования. Техническое обслуживание БЛА.	3				2	1		

	Пилотирование. Управление БЛА. Программирование.	7					5	2
	Итоговая аттестация (зачет)	4						4

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ УЧЕБНЫХ ПРЕДМЕТОВ, КУРСОВ, ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ)

Учебно-тематический план рассчитан на теоретические и практические занятия, общее количество которых разрабатывается исходя из часовой нагрузки по каждой теме, включая итоговую работу. Количество занятий в день так же зависит от нагрузок на преподавателей, и объема изучаемого материала, а продолжительность реализации всей программы повышения квалификации может продолжаться от 14 дней до 21 дней. Продолжительность освоения программы (в общем объеме 72 часа) может зависеть от продолжительности учебного дня, скорости усвоения материала и достижения положительного результата от практических занятий.

Рабочая программа модуля 1.

Теория беспилотных авиационных систем

Цель и задачи модуля: изучить сферы применения беспилотных летательных аппаратов и перспективы развития беспилотных авиационных систем. Основной задачей занятий является знакомство обучающихся с: историей развития беспилотных летательных аппаратов в мировом сообществе и в частности в России, с правовыми основами, действующими законодательными нормами, проектом законов о БЛА, законодательством других стран в этой сфере, правилами техники безопасности при использовании БЛА, а также устройством и принципом работы БЛА.

Тематическое содержание модуля

1. *Вводное занятие. История развития БЛА, основы применения.*

Правовые основы.

№ п/п	Наименование тем	часы		
		всего	теория	практика
1	Вводное занятие.	0,5	0,5	-
2	История развития БЛА, основы применения.	0,5	0,5	-

	Правовые основы.			
	Самостоятельная работа обучающегося	2		
	Итого	3	1	-

2. *Теоретические основы материальной части. Устройство и принципы работы БЛА.*

№ п/п	Наименование тем	часы		
		всего	теория	практика
1.	Принципы работы БЛА. Введение. Классификация БЛА. Цели и задачи БЛА. Принципы управления и взаимодействия БЛА. Перспективы развития.	0,5	0,5	-
2.	Знакомство с комплексом, составные части. Аэродинамические схемы БЛА. Обзор по модельному ряду. Комплектация и составные части комплекса на примере одной модели. Функции составных частей комплекса. Устройство мультикоптеров. Основные базовые элементы коптера. Теория управления БЛА. Ручное управление коптером. Основы радиосвязи. Принцип работы радиоаппаратуры управления. Техника безопасности.	1	0,5	0,5
3.	Основные детали и узлы БЛА. Конструкция корпуса планера. Силовая установка. Компоновка внутренних элементов. Диагностика неисправностей конструкции планера. Комплектация ЗИПа. Назначение его элементов. Методы мелкого ремонта планера. Детали и узлы квадрокoptера. Приемник. Пульт управления. Полетный контроллер. Контроллеры двигателей. Типы двигателей.	1	0,5	0,5

	Меры безопасности при включении двигателя.			
4.	Установка, балансировка лопастей. Винт.	0,5		0,5
5.	Аккумуляторная батарея (АКБ). Устройство и состав АКБ. Технические характеристики АКБ. График разряда АКБ. Расчет продолжительности полета. Устройство зарядной станции. Правила работы с зарядной станцией. Заряд АКБ. Порядок проведения контрольного теста АКБ. Правила безопасности при обращении с Li-Po АКБ. Типы аккумуляторов, их устройство, назначение. Меры безопасности при зарядке, разрядке, утилизации.	1	0,5	0,5
6.	Полезная нагрузка (ПН). Состав ПН. Основные технические характеристики. Замена блоков ПН. Основы съемки с воздуха.	0,5	0,5	
7.	Парашют. Конструкция парашюта. Устройство парашютного отсека (открытие закрытие). Осмотр на повреждения. Предварительная укладка. Укладка парашюта в планер.	1	0,5	0,5
8.	Принцип работы системы автоматического управления (САУ). Устройство САУ. Функциональные возможности САУ. Характеристики САУ.	1	0,5	0,5
9.	ПО НСУ, Интерфейс. Основное меню программы. Боковая панель кнопок (состояние борта, режимы полета, полетное задание, полезная нагрузка, фигуры, карта высот). Компас. Информационная панель. Вспомогательная панель. Строка состояния. Авиагоризонт. Клавиши.	1	0,5	0,5

10.	ПО Video. Функциональное назначение программы. Команды контекстного меню. Настройки программы. Установка/удаление программы.	0,5	0,5	
11.	Работа с НСУ. Типы карт. Привязка карты. Расчет протяженности и продолжительности полета. Команды полетного файла. Составление полетного задания. Маршрутные точки. Проигрыватель полетных файлов. Настройки игрового манипулятора. Антенна. Маяк. Текстовый терминал. Передача управления сторонней НСУ.	1	0,5	0,5
Самостоятельная работа обучающегося		14		
	Итого	23	5	4

3. *Безопасность полетов. Введение. Нормативно-правовые документы.*

№ п/п	Наименование тем	часы		
		всего	теория	практика
1	Метеорология. Безопасность полетов. Общая терминология. Облака. Ветер. Обледенение. Гроза. Федеральные правила использования воздушного пространства.	0,5	0,5	-
2	Гарантийные обязательства сторон. Эксплуатационные ограничения. Срок службы. Гарантия. Состав эксплуатационной документации. Ведение эксплуатационной документации. Маркировка и пломбирование. Транспортировка. Хранение. Нормативно-правовые документы. Административное право. Гражданское право. Правовые основы охраны окружающей среды.	0,5	0,5	-

	Постановление Правительства РФ от 11 марта 2010 г. № 138.			
	Самостоятельная работа обучающегося	4		
	Итого	5	1	-

Требования к уровню освоения содержания модуля: слушатель должен знать законодательные и нормативные документы РФ в области эксплуатации БАС; соответствующие эксплуатационные данные из руководства по летной эксплуатации или другого содержащего эту информацию документа; основные типы конструкции беспилотных авиационных систем самолетного типа; порядок подготовки к эксплуатации беспилотной авиационной системы самолетного типа.

Формы контроля: текущий контроль в форме тестирования.

Оценочные материалы текущего контроля.

Примерный список вопросов:

Вопросы к тестированию

1. БЛА и его назначение.
2. Принципы управления БЛА.
3. Аэродинамические схемы БЛА.
4. Какие материалы применяются для постройки БЛА?
5. Функции составных частей комплекса.
6. Комплектация ЗИПа и назначение его элементов.
7. Какие нагрузки испытывает БЛА в полете?
8. Что такое траектория полета?
9. Физический принцип работы воздушного винта.
10. Устройство, состав и правила эксплуатации АКБ.
11. Профиль крыла и его влияние на аэродинамику летательного аппарата?
12. Геометрические характеристики крыла.
13. Центр тяжести и его влияние на летные характеристики.

14. Пикирование и калибрование.
15. Понятие «прочность».
16. Работа ДВС.
17. Что такое мощность двигателя? В каких единицах она выражается?
18. Принцип работы навигационной системы.
19. Устройство катапульта.
20. Физический смысл работы парашюта.
21. Программное обеспечение НСУ.
22. Федеральные правила использования воздушного пространства.
23. Эксплуатационные ограничения.
24. Нормативно-правовые документы.

Рабочая программа модуля 2.

Сборка и настройка БЛА самолетного типа. Учебные полёты.

Цели и задачи модуля: формирование у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности, приобретения новой квалификации «Оператор наземных средств управления беспилотным летательным аппаратом»; дать начальные знания по системам автоматического управления БЛА и способам навигации; выработать у учащегося практические навыки управления БЛА; получить опыт в пилотирование авиационной беспилотной модели.

Тематическое содержание модуля

І. Работа с комплексом БЛА самолетного типа. Правила эксплуатации комплекса в обычных и экстремальных условиях. Гарантийные обязательства.

№ п/п	Наименование тем	часы		
		всего	теория	практика
1	Работа с комплексом. Развертывание комплекса. Предполетная	1		1

	подготовка. Меры предосторожности при работе с БПЛА. Сворачивание комплекса.			
2	Правила эксплуатации комплекса в обычных условиях. Запуск БПЛА. Действия операторов при эксплуатации комплекса. Основные требования при выполнении полетного задания. Управление антеннами во время полета. Посадка БЛА.	0,5	0,5	-
3	Правила эксплуатации комплекса в экстремальных условиях. Полеты в условиях повышенной влажности. Полеты в условиях возможного обледенения. Потеря сигнала GPS. Потеря связи. Отключение двигателя в полете, потеря тяги. Разряд АКБ. Поиск БЛА при экстренной посадке вне зоны прямой видимости. Обработка ошибок.	0,5	0,5	-
Самостоятельная работа обучающегося		1		
	Итого	3	1	1

II. Учебные полёты. Практическая часть.

№ п/п	Наименование тем	часы		
		всего	теория	практика
1	Отработка запуска БЛА на макете. Выбор точки старта. Установка катапульты. Установка АФУ. Развертывание комплекса. Предполетная подготовка. Порядок запуска и действия операторов.	1	-	1
2	Полет по маршруту, посадка в автоматическом режиме. Полет	4	-	4

	перемещением круга, работа с видео, посадка в ручном режиме. Полет по маршруту, поиск объекта по видео, снятие его координаты. Полет по видео в полуавтоматическом режиме с использованием игрового манипулятора.			
3	Отработка действий оператора при возникновении внештатных ситуаций. Разбор и анализ полетов. Получение данных телеметрии полета. Получение фотоснимков с полета и их обработка.	2	0,5	1,5
4	Разбор ошибок во время выполнения полетов. Построение цифровой модели и ортофотоплана с помощью программы Agisoft Photoscan Professional (version 1.4.2). Уточнение модели с помощью опознаков. Экспорт данных.	2	0,5	1,5
Самостоятельная работа обучающегося		7		
	Итого	16	1	8

Требования к уровню освоения содержания модуля: соответствие уровня развития практических умений и навыков программным требованиям; свобода владения специальным оборудованием и оснащением; качество выполнения практического задания; технологичность практической деятельности.

Формы контроля: текущий контроль в форме собеседования и демонстрации полученных практических навыков управления БЛА.

Оценочные материалы текущего контроля.

Примерный список вопросов:

1. Техника безопасности при выполнении работ с БЛА.
2. Составные части БЛА.
3. Построение полетного задания.
4. Предполетные проверки.
5. Эксплуатационные ограничения.
6. Основные требования при выполнении полетного задания.
7. Правила эксплуатации комплекса в условиях повышенной влажности.
8. Порядок запуска и действия операторов.
9. Запуск БЛА с эластичной катапульты.
10. Управление камерой, работа режимами управления камерой.
11. Действия оператора при возникновении внештатных ситуаций.
12. Получение данных телеметрии полета.
13. Процесс работы с программой Agisoft Photoscan Professional.

Рабочая программа модуля 3.

Сборка и настройка БЛА вертолетного типа. Учебные полёты.

Цели и задачи модуля: формирование у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности, приобретения новой квалификации «Оператор наземных средств управления беспилотным летательным аппаратом»; дать начальные знания по системам автоматического управления БЛА и способам навигации; выработать у учащегося практические навыки управления БЛА; получить опыт в пилотирование авиационной беспилотной модели.

Тематическое содержание модуля

I. Работа с комплексом БЛА вертолетного типа. Основы пилотирования. Техническое обслуживание БЛА.

№ п/п	Наименование тем	часы		
		всего	теория	практика
1.	Знакомство с оборудованием. Брифинг по курсу.	0,5	0,5	

2.	Конструирование квадрокоптеров и настройки полетного контроллера.	1	0,5	0,5
3.	Основы пилотирования.	1	0,5	0,5
4.	Техническое обслуживание. Анализ.	0,5	0,5	
Самостоятельная работа обучающегося		1		
	Итого	4	2	1

II. Пилотирование. Управление БЛА. Аэрофотосъемка.

№ п/п	Наименование тем	часы		
		всего	теория	практика
1.	Обучение управления квадрокоптером в виртуальном симуляторе	1		1
2.	Техника безопасности при управлении БЛА. Инструктаж.	0,5	0,5	
3.	Теория ручного визуального пилотирования.	1	0,5	0,5
4.	Полеты на квадрокоптере. Изучение упражнений.	1,5		1,5
5.	Программирование. Основы работы в программной среде TRIK Studio. Создание автономных программ. Система позиционирования в помещении.	1,5		1,5
6.	Анализ ошибок и возможных неисправностей.	0,5	0,5	
7.	Аэрофотосъемка. Выбор оборудования. Изучение принципов аэрофотосъемки. 3D моделирование.	1	0,5	0,5
8.	Самостоятельная работа обучающегося	7		
	Итого	14	2	5

Требования к уровню освоения содержания модуля: соответствие уровня развития практических умений и навыков программным требованиям; свобода владения специальным оборудованием и оснащением; качество выполнения практического задания; технологичность практической деятельности.

Формы контроля: текущий контроль в форме собеседования и демонстрации полученных практических навыков управления БЛА.

Оценочные материалы текущего контроля.

Примерный список вопросов:

1. Техника безопасности при выполнении работ с БЛА.
2. Составные части БЛА.
3. Построение полетного задания.
4. Предполетные проверки.
5. Эксплуатационные ограничения.
6. Основные требования при выполнении полетного задания.
7. Правила эксплуатации комплекса в условиях повышенной влажности.
8. Порядок запуска и действия операторов.
9. Управление камерой, работа режимами управления камерой.
10. Действия оператора при возникновении внештатных ситуаций.
11. Получение данных телеметрии полета.
12. Процесс работы с программой Agisoft Photoscan Professional.

Итоговая аттестация (зачет).

п/п	Тема	часы		
		всего	теория	практика
1	Зачет. Управление БЛА по заданному маршруту. Видеозапись.	4	2	2
2	Итого	4	2	2

Итоговая работа

Защита проекта по управлению БЛА.

Итоговый проект состоит из комплекса теоретических знаний и практических навыков. Проводится в виде тестирования в форме практической экс-

плуатации БЛА, с применением полученных знаний и практических навыков по управлению БЛА.

4. ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

4.1. Формы аттестации

Система оценки результатов освоения образовательной программы

Осуществление текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, установление их форм, периодичности и порядка проведения относится к компетенции «Центра компетенции в сфере применения беспилотных авиационных систем»

Итоговая аттестация по дисциплине проводится в форме зачета в виде собеседования и демонстрации полученных практических навыков.

К проведению итоговой аттестации привлекаются квалифицированные сотрудники «Центра компетенции в сфере применения беспилотных авиационных систем» имеющие соответственный уровень подготовки.

Проверка теоретических знаний при проведении итоговой аттестации проводится по следующим разделам предмета:

История развития БЛА;

Устройство и принципы работы БЛА;

Работа с комплексом БЛА;

Безопасность полетов.

Промежуточная аттестация и проверка теоретических знаний при проведении зачета проводятся с использованием методических материалов, утверждаемых руководителем «Центра компетенции в сфере применения беспилотных авиационных систем».

Практическая работа при проведении зачета проводится в полевых условиях с демонстрацией полученных навыков.

Результаты итоговой аттестации оформляются протоколом. По результатам итоговой аттестации выдается Удостоверение.

При отсутствии практических навыков управления наземными средствами управления беспилотным летательным аппаратом более трех месяцев удостоверение считается не действительным.

4.2. Оценочные средства

Оценочные материалы

Рекомендации по проведению итоговой аттестации.

Вопросы по теоретической части

1. Устройство БЛА.
2. Физические основы полёта.
3. Меры безопасности при управлении БЛА потенциально опасные манёвры.
4. Возможные неисправности БЛА и способы их устранения.
5. Видеокамера. Подвес камеры и режим работы.
6. Нештатные ситуации и способы их преодоления.
7. Управление БЛА вне визуального контакта.
8. Полёты при низкой температуре и других аномальных условиях.
9. Пульт управления, назначение различных кнопок, переключателей, джойстиков и индикаторов.
10. Аккумуляторная батарея, правила эксплуатации и безопасности при обращении с БЛА.
11. Принцип работы полетного контроллера. Основные элементы полетного контроллера.
12. Правовые основы использования БЛА.

Задания по практической части

1. Установка БЛА для полёта. Углы наклона при взлёте.
2. Создание полетного задания.
3. Порядок проведения предполетных проверок.
4. Взлёт. Базовые фигуры посадки.
5. Различные режимы полёта. Практическая обработка возможных действий для предотвращения поломки или потери БЛА.
4. Управление БЛА в различных условиях окружающей среды (времени суток, освещённости, местности, при дожде, снеге, ветре).

5. Управление БЛА при полёте на небольшой высоте.
6. Возможные неисправности БЛА и способы их устранения.
7. Команды полезной нагрузки.
8. Разборка и сборка БЛА, замена винтов.
9. Замена АКБ и её зарядка.
10. Съёмка с воздуха. Управление БЛА по видеотелефону.
11. Посадка в ручном режиме.
12. Составление видеороликов на заданную тему.

Формы и критерии оценки результативности определяются самим педагогом так, чтобы можно было определить отнесенность обучающихся к одному из трех уровней результативности освоения обучающей программы: высокий, средний, низкий. Это могут быть итоговые занятия в форме зачета с использованием бланков или протоколов, а так же тесты.

Критериями оценки результативности обучения также являются:

- критерии оценки уровня теоретической подготовки обучающихся: соответствие уровня теоретических знаний программным требованиям; широта кругозора; свобода восприятия теоретической информации; развитость практических навыков работы со специальной литературой, осмысленность и свобода использования специальной терминологии;

- критерии оценки уровня практической подготовки обучающихся: соответствие уровня развития практических умений и навыков программным требованиям; свобода владения специальным оборудованием и оснащением; качество выполнения практического задания; технологичность практической деятельности.

Критерии оценки экзамена

оценка	Дескрипторы (уровни) - основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«отлично»	Слушатель показывает не только высокий уровень теоретических знаний по дисциплине, но и прослеживает междисциплинарные связи. Умеет увязывать знания, полученные

	<p>при изучении различных дисциплин, анализировать практические ситуации, принимать соответствующие решения. Ответ, построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано, уместно используется информационный и иллюстративный материал (примеры из практики, таблицы, графики и т.д.). На вопросы отвечает кратко, аргументировано, уверенно, по существу.</p>
«хорошо»	<p>Слушатель показывает достаточный уровень профессиональных знаний, свободно оперирует понятиями, методами оценки принятия решений, имеет представление о междисциплинарных связях, увязывает знания, полученные при изучении различных дисциплин, умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком, привлекается информативный и иллюстрированный материал, но при ответе допускает некоторые погрешности. Вопросы, задаваемые преподавателем, не вызывают существенных затруднений.</p>
«удовлетворительно»	<p>Слушатель показывает не достаточный уровень знаний учебного и лекционного материала, не в полном объеме владеет практическими навыками, чувствует себя неуверенно при анализе междисциплинарных связей. В ответе не всегда присутствует логика, аргументы привлекаются недостаточно веские. На поставленные вопросы затрудняется с ответами, показывает не достаточно глубокие знания.</p>

«неудовлетворительно»	Слушатель показывает слабый уровень профессиональных знаний, затрудняется при анализе практических ситуаций. Не может привести примеры из реальной практики. Не уверенно и логически непоследовательно излагает материал. Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом.
-----------------------	--

5. ОРГАНИЗАЦИОННО – ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

5.1. Требования к квалификации педагогических кадров, представителей предприятий и организаций, обеспечивающих реализацию образовательного процесса.

Организационно-педагогические условия реализации образовательной программы должны обеспечивать реализацию программы в полном объеме, соответствие качества подготовки обучающихся установленным требованиям, соответствие применяемых форм, средств, методов обучения и воспитания возрастным, психофизическим особенностям, склонностям, способностям, интересам и потребностям обучающихся.

Теоретическое обучение проводится в оборудованных учебных кабинетах с использованием учебно-материальной базы, соответствующей установленным требованиям.

Наполняемость учебной группы не должна превышать 20 человек.

Продолжительность учебного часа теоретических и практических занятий составляет 1 академический час (45 минут).

Обучение управлению проводится инструкторами индивидуально с каждым обучаемым в соответствии с очередностью обучения управлению (на макете и учебном БЛА). При этом инструктор может обучать на макете одновременно до четырех обучаемых. Обучение управлению состоит из первоначального обучения управлению на макете самолета в учебном классе и обучения практическому управлению БЛА в полевых условиях.

Первоначальное обучение управлению БЛА в полевых условиях должно проводиться в удаленной от жилых массивов местности.

К обучению практическому управлению БЛА допускаются лица, имеющие первоначальные знания об управлении БЛА и прошедшие инструктаж на макете БЛА в учебном классе.

Обучение практическому управлению проводится как на учебном БЛА, так и на собственном БЛА, укомплектованном в установленном порядке.

На обучение практическому управлению БЛА в полевых условиях отводится 17 часов. При отработке упражнений по управлению БЛА предусматривается выполнение работ по контрольному осмотру учебного БЛА.

Для проверки навыков управления БЛА предусматривается проведение контрольного занятия.

Контрольное занятие проводится на площадке для учебных полетов. В ходе занятия проверяется качество приобретенных навыков управления БЛА путем выполнения соответствующих упражнений.

Педагогические работники, реализующие программу профессионального обучения, должны удовлетворять квалификационным требованиям, указанным в квалификационных справочниках по соответствующим должностям и (или) профессиональных стандартах.

Преподаватель теоретического курса подготовки операторов наземных средств управления беспилотным летательным аппаратом должен иметь высшее техническое образование и стаж работы преподавателем не менее 3 лет.

Инструкторы практического обучения операторов наземных средств управления беспилотным летательным аппаратом должны иметь не ниже среднего профессионального образования, удостоверение оператора БЛА, подтверждающее непрерывный стаж управления БЛА не менее 1 года.

Преподаватели и инструкторы проходят повышение квалификации не реже 1 раза в 3 года.

Информационно-методические условия реализации образовательной программы включают: рабочую программу; учебный план; методические материалы и разработки; расписание занятий.

Материально-технические условия реализации образовательной программы включает Перечень учебных материалов для подготовки Операторов наземных средств управления беспилотным летательным аппаратом.

5.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

В процессе чтения лекций преподаватель должен формировать у слушателей системное представление об изучаемой дисциплине, формировать профессиональные интересы.

В процессе обучения используются следующие учебно-методические материалы:

- рекомендуемая основная и дополнительная литература для организации самостоятельной работы слушателей;

- электронные версии федеральных законов, учебников и методических рекомендаций для подготовки к практическим занятиям;

Реализация программы требует наличия аудиторий.

Наименование аудиторий, кабинетов	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Учебная аудитория с возможностью группировки рабочих мест	Лекции, практические занятия	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска, флип-чарт
Учебная аудитория для групповой работы	Практические занятия	Компьютер, флип-чарт

5.3. Перечень используемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Нормативно-правовые документы:

1. Конвенция о правах ребенка, одобренная Генеральной Ассамблеей ООН 20.11.1989г.
2. Конституция РФ.
3. Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»
4. Приказ Минобрнауки РФ от 29.08.2013 № 1008 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеразвивающим программам».
5. Концепцией развития дополнительного образования детей в Российской Федерации до 2020 года;
6. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 04.07.2014 №41 «О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.4.43172-14»
7. Письмо Департамента молодежной политики, воспитания и социальной поддержки Минобрнауки России от 11.12.2006г. №06-1844//Примерные требования к программам дополнительного образования детей.

Литература:

1. 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. – ISBN 978-5-4386-0697-0.
2. Беспилотные авиационные системы. (БАС). URL:http://www.aviadocs.net/icaodocs/Cir/328_ru.pdf
3. Кошкин Р.П. Беспилотные авиационные системы. – М.: Изд-во «Стратегические приоритеты», 2016. 676 с. URL: <https://freedocs.xyz/pdf-462626549>
4. Карташкин, А.С. Авиационные радиосистемы. Учебное пособие[Текст] / А.С. Карташкин. – М.: РадиоСофт. 2015, – 303 с. – ISBN978-5-93037-225-0
5. Скрыпник, О.Н. Радионавигационные системы воздушных судов. Учебник[Текст] / О.Н.Скрыпник. – М.: Инфра-М, 2014. – 343 с. – ISBN978-5-16-006610-3

6. История развития беспилотных летательных аппаратов // Научно-популярные новости. URL: <http://www.sciencedebate2008.com/development-of-unmanned-aerial-vehicles/>
7. Основные характеристики Supercam-s100. Беспилотные системы. URL: <http://unmanned.ru/uav/supercam-100.htm>
8. Основные характеристики Геоскан // Беспилотные технологии для профессионалов. URL: <https://www.geoscan.aero/ru/products/geoscan201/base/>
9. Управление БПЛА // Текнол. URL: <http://www.teknol.ru/analytics/BLA2>
10. Зинченко О.Н. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования. М.: Ракурс, 2011. 12 с. URL: <http://www.racurs.ru/?page=681>
11. Государственная программа обеспечения безопасности полетов воздушных судов гражданской авиации, 2008. URL: <http://www.ato.ru/content/gosudarstvennaya-programma-obespecheniya-bezopasnosti-poletov-vozdushnyh-sudov-grazhdanskoj>
12. Кокодеева Н.Е. О проблемах обеспечения экологической безопасности в дорожном хозяйстве. // Искусство строить мосты. URL: <http://www.bridgeart.ru/article/ekologiya/1134-o-problemakh-obespecheniya-ekologicheskoy-bezopasnosti-v-dorozhnom-khozyajstve.html>

5.4. Материально-технические условия реализации программы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска). Программное обеспечение: Microsoft Windows 10, Microsoft Office Professional, Agisoft photoscan.

Перечень учебных материалов для подготовки операторов наземных средств управления беспилотным летательным аппаратом

№ п/п	Наименование учебных материалов	Единица измерения	Количество
(1)	(2)	(3)	(4)
Учебно-наглядные пособия			
1.	НСУ	Комплект	1
2.	БЛА «Supercam-S 100»	Комплект	1
3.	Антенная система	Комплект	1
4.	Руководство по эксплуатации «Supercam-S 100»	Брошюра	1
5.	Формуляр на БЛА «Supercam-S 100»	Брошюра	1
6.	Паспорт БЛА «Supercam-S 100»	Брошюра	1
7.	БЛА «Геоскан Пионер»	Комплект	3
8.	Ультразвуковая локальная система навигации	Комплект	1
9.	Руководство по эксплуатации «Геоскан Пионер»	Брошюра	3
10.	Формуляр на БЛА «Геоскан Пионер»	Брошюра	3
11.	Паспорт БЛА «Геоскан Пионер»	Брошюра	1
12.	Ведомость зарядки АКБ	Брошюра	1
Информационные материалы			

13.	<p>Информационный стенд</p> <ul style="list-style-type: none"> – Закон Российской Федерации от 7 февраля 1992 г. N 2300-1 "О защите прав потребителей" – Копия лицензии с соответствующим приложением – Примерная программа профессиональной подготовки операторов наземных средств управления беспилотным летательным аппаратом. – Рабочая программа профессиональной подготовки операторов наземных средств управления беспилотным летательным аппаратом. <p>Учебный план</p> <p>Календарный учебный график (на каждую учебную группу)</p> <p>Расписание занятий (на каждую учебную группу)</p> <p>Книга жалоб и предложений</p> <p>Адрес официального сайта в сети "Интернет"</p>	шт.	1
-----	--	-----	---

5.5. Методические рекомендации по реализации программы

Основным дидактическим средством для предлагаемого курса является оборудование для беспилотного управления летательными аппаратами, мультимедиа ресурсы. Для реализации программы необходимо воспользоваться печатными и/или электронными образовательными и информационными ресурсами, рекомендуемые для использования в образовательном процессе.

Печатные издания

1. В. С. Фетисов, Л. М. Неугодникова, В.В. Адамовский, Р. А. Красноперов. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние. / Под редакцией В. С. Фетисова, Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 с. - (Научное издание) - ISBN 978-5-9903144-3-6

2. Гребенников А.Г., Мялица А.К., Парфенюк В.В. и др. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов / ОИЦ «Академия», 2015 (6-ое изд.)

3. Завалов О.А. Современные винтокрылые беспилотные летательные аппараты: учебное пособие / ОИЦ «Академия», 2015 (6-ое изд.)

Электронные издания (электронные ресурсы)

1. Куликов А. Беспилотные летательные аппараты: невыполнимых задач нет [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://army.lv/...](http://army.lv/)

2. Зачем нужны ударные БПЛА или азы современного воздушного боя [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://alternathistory.org.ua/...](http://alternathistory.org.ua/) 78

3. А.Е.Семенов: ТороAxis – Склейка карт в автоматическом режиме — ProSystems CCTV, 2008,стр. 14-18

4. Tietz Dale, Scientific UAS Applications, PROCEEDINGS of the Third Moscow International Forum «Unmanned multipurpose vehicle systems», 27-29 January 2009

5. Marco Lukovic, The Future of Military UAS in Europe A Market Perspective. Proceedings Unmanned Air Systems'09/

6. Peter van Blyenburgh , Unmanned Aircrafts Systems : The Global Perspective, PROCEEDINGS of the Third Moscow International 1. В.В.Воронов: БЛА НА ВЫСТАВКЕ LAAD 2009, http://www.uav.ru/articles/LAAD-2009_report.pdf

7. Электронная информационно-правовая система нормативных и методических документов в области ГА-БД «Авиатор».

1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ КУРСА

Данная программа рассчитана для обучающихся, имеющих образование не ниже среднего профессионального образования специальностей технической направленности и предполагает знакомство с современными технологиями и оборудованием в области беспилотных аппаратов (БПЛА). Беспилотная техника является, активно развивающимся направлением. Методика проведения занятий построена на ознакомление с теоретическими основами и практико-ориентированном подходе в области беспилотного управления. Практические занятия построены на обучении навыков пилотирования беспилотных летательных аппаратов, а также получения навыков конструирования и обслуживания данного вида технических устройств. Дополнительный эффект от изучения курса достигается на основе взаимодействия слушателей с наставниками из числа преподавательского состава ТГУ им. Г.Р. Державина. Наставники формируют тематику самостоятельной индивидуальной работы, практическая часть которой взаимосвязана с тематикой курса.

2. ЛЕКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО КАЖДОЙ ТЕМЕ КУРСА

Содержание модуля 1.

Теория беспилотных авиационных систем

В модуль включены следующие разделы:

II. Вводное занятие. История развития БЛА, основы применения. Правовые основы.

1. Вводное занятие.
2. История развития БЛА, основы применения.
3. Правовые основы.

Развитие технологий набирает обороты с каждым годом. Одним из ярких примеров является разработка беспилотных летательных аппаратов (БЛА). В целом историю БЛА можно условно разделить на четыре временных этапа: 1) 1849 год – начало XX века – попытки и экспериментальные опыты

по созданию БЛА, формирование теоретических основ аэродинамики, теории полета и расчета самолета в работах ученых. 2) Начало XX века – 1945 год – разработка БЛА военного назначения (самолетов-снарядов с небольшой дальностью и продолжительностью полета). 3) 1945-1960 годы – период расширения классификации БЛА по назначению и созданию их преимущественно для разведывательных операций. 4) 1960 годы – наши дни – расширение классификации и усовершенствование БЛА, начало массового использования для решения задач невоенного характера.

Весь мир уже осознал, какую пользу и экономию могут принести беспилотные летательные аппараты не только в военной, но и в гражданской сфере. За последнее десятилетие в мире количество вылетов БЛА значительно выросло. Главное преимущество таких самолетов – это безопасность. Сам по себе БЛА - лишь часть сложного многофункционального комплекса. Как правило, основная задача, возлагаемая на комплексы БЛА, – проведение разведки труднодоступных районов, в которых получение информации обычными средствами, включая авиаразведку, затруднено или же подвергает опасности здоровье и даже жизнь людей. Помимо военного использования применение комплексов БЛА открывает возможность оперативного и недорогого способа обследования труднодоступных участков местности, периодического наблюдения заданных районов, цифрового фотографирования для использования в геодезических работах и в случаях чрезвычайных ситуаций. Полученная бортовыми средствами мониторинга информация в режиме реального времени передается на пункт управления для обработки и принятия адекватных решений.

В современных условиях наблюдается стремительный рост заинтересованности в применении беспилотной техники различными министерствами и ведомствами, которые уже осуществляют ее закупки и подготовку подразделений для ее эксплуатации. В связи с этим приобретает актуальность проблема организации и проведения полетов беспилотной авиации, обеспечения безопасности полетов.

ИСТОРИЯ БПЛА



История беспилотников начинается в далеком XIX веке, если быть точными, то в 1899 году, небезызвестный изобретатель, физик и инженер Никола Тесла сконструировал и продемонстрировал общественности первый в мире радиоуправляемый кораблик, повинуюсь радиосигналам, небольшая лодка плавает по бассейну, на ней загораются разноцветные лампочки.... Тесла называл этот корабль " автоматический дьявол". И уже тогда (!) он знал, что такое изобретение может быть использовано для проведения боев на расстоянии. Спустя два месяца уже большой корабль уходит на 25 миль от порта, повинуюсь радиосигналам с берега. А в конце года Тесла сообщает, что им создан полностью радиоуправляемый человекоподобный робот, способный повторять все движения оператора. Но это изобретение, как и многие другие, уничтожает пожар, внезапно случившийся в его лаборатории. Сейчас многие считают эти разработки «рождением робототехники». Эти достижения не остались незамеченным в ученой среде и дали свой толчок развитию сферы управляемых объектов.

Нужно упомянуть, что 17 декабря 1903 г. состоялся первый полет самолета, пилотируемого Орвиллом Райтом. Это был день рождения авиации. Воздушное судно продержалось в воздухе 12 секунд и, преодолев 40 м, упало на землю. Завершил испытания в этот день Уилбур, он поставил рекорд — почти 260 метров 59 секунд в воздухе. Когда оттащили «Флайер» (так назывался самолет) к ангару, порыв ветра качнул самолет, он стал крениться. Алюминиевая стойка, державшая двигатель, лопнула. Картер раскололся, упав на землю, приводы и основы пропеллеров разлетелись, почти все стойки были переломаны. Джон Дэниелс из службы спасения был ранен, когда изо всех сил пытался удержать самолет. Кстати, ему братья Райт доверили сделать фотографии полета. Позже он шутил, что не только отснял первый полет самолета, но и стал первой жертвой авиации.

Несмотря на общий посыл Николы Тесла, следующим «беспилотником» оказалось не судно, а самый обыкновенный летательный аппарат. Военный инженер и изобретатель Чарльз Кеттеринг в 1910 году, вдохновленный успехами братьев Райт, предложил создать летательный аппарат управляемый не человеком, а часовым механизмом, способный осуществлять полеты без пилота по прямой, который в определенное время сбрасывал свои крылья и падал на врага. Идея Кеттеринга была проста, однако технически в то время реализовать ее было сложно. Удивительно, но, несмотря на инновационную и экстравагантную идею, Кеттерингу дали зеленый свет и с помощью финансирования из армии США ему удалось создать 45 таких беспилотников, названных «летающими торпедами». Увы, после нескольких испытательных полетов, прошедших с переменным успехом, проект по не многу сошел на нет и в боевых действиях во время Первой Мировой войны разработка участия не принимала.

Впрочем, по-настоящему прорывным для беспилотников XX века стал 1933 год, который официально считается родоначальником всех дальнейших разработок. Именно в этот год, силами инженеров Великобритании был разработан первый БПЛА, который, к слову сказать, был ко всему прочему многократного использования. Проект получил название Queen Bee, и представляли собой отреставрированные модели бипланов Fairy Queen, которыми дистанционно управляли с корабля по радио. И именно этому беспилотнику было суждено стать самолетом-мишенью для будущих асов и зенитчиков. Такая мишень была лучшим вариантом для подготовки еще не опытных пилотов. БПЛА позволяли оттачивать мастерство стрелка в полете, не подвергая жизни других пилотов (рассказать о преимуществах этого решения) Queen Bee служил ВВС(военно-воздушным силам) ее Величества с 1934 года по 1943.

Естественно, мимо подобного новшества во время Второй Мировой войны не могли пройти ни Германия, ни США, ни СССР. В Советском Союзе в 1933 году в Подмосковье состоялись перелеты автопилотируемого, а затем радиоуправляемого самолета ТБ-3 конструкции Рубена Григорьевича Чачикяна. 1935 году осуществлен проект планера с торпедой, которая подвешивалась под крыло самолета ТБ-3, но в 1940 году проект был закрыт.

Работы по созданию БПЛА в СССР продолжались в 1940-1941 годах, когда были созданы и проводились испытания самолета с телеуправлением ТБ-3 «Бомба» (Р.Г. Чачикян), СБ (конструктор Неопалимый), УТ-3 (конструктор Никольский). На их основе предполагалось наладить производство телемеханических самолетов-мишеней и бомбардировщиков. Но началась война. В 1941 году радиоуправляемые бомбардировщики применялись в качестве беспилотников для уничтожения мостов и других стратегических объектов.

На протяжении Второй мировой войны Германия вела разработку нескольких радиоуправляемых типов беспилотников: бомбы Хеншей Аш с293 и Fritz X, ракеты Инзиан и самолет с большим количеством взрывчатого вещества на борту. Однако настоящий прорыв был совершен в 1941 году, когда немецкие инженеры Роберт Луссер и Фритц Госслау разработали самолет V-1, позднее известный как Фау-1. Этот самолет стал первым в мире прототипом крылатой ракеты.

В Фау-1 использовался пульсирующий воздушно-реактивный двигатель, позволявший устройству развивать скорость до 800 километров в час, дальностью полета до 240 км, высотой полета до 3050 м. "Ракета" оснащалась боеголовкой массой 847 килограммов. Управление самолетом осуществлялось автопилотом, который удерживал аппарат на заданном курсе и высоте. Фау-1 поступила на вооружение Германии в 1944 году, тогда же аппарат был впервые использован против Великобритании - при бомбардировке Лондона. В конце Второй мировой войны несколько ударов при помощи Фау-1 были нанесены по Льежу и Парижу.

А вот США пошли по стопам Великобритании и запустили в массовое производство беспилотники Radioplane QQ-2, которые использовали как самолеты-мишени. Более того, за время Второй Мировой, фирма Radioplane создала для ВВС США почти 15 тысяч подобных БПЛА, в том числе модели QQ-3 и QQ-14. Однако наиболее успешной разработкой США можно считать беспилотный ударный бомбардировщик Interstate TDR-1, который сравним лишь с Фау-1 и может считаться первым в мире беспилотным летательным аппаратом подобного типа и специализации. По 1944 год было выпущено множество модификаций, однако в серийный выпуск попали лишь сам TDR-1 – более 180 штук и TD3R-1 – заказ в 40 штук, который, впрочем, позже был отменен.

В это время Военно-морские силы США для нанесения ударов по базам немецких подводных лодок пытались использовать дистанционно-пилотируемые системы палубного базирования. После Второй мировой войны в США продолжились разработки некоторых видов БПЛА, и уже во время войны в Корее для уничтожения мостов успешно применялась радиоуправляемая бомба Tarzon.

В послевоенные годы работы по проектированию БПЛА в передовых странах мира продолжились.

Активным созданием различных типов беспилотных аппаратов начал заниматься СССР. В конце 1950-х - начале 1960-х годов конструкторское бюро имени Туполева разработало беспилотники Ту-123 "Ястреб", Ту-141 "Стриж" и Ту-143 "Рейс". При этом Ту-141 и Ту-143 поставлялись на экспорт в Румынию, Чехословакию, Ирак и Сирию. Ту-143 состоит на вооружении Украины и России в настоящее время. На основе этого комплекса также разработан модернизированный вариант - Ту-243 "Рейс-Д", принятый на вооружение в 1999 году. С 1955 и до конца 1990-х годов беспилотники использовались, в основном, для сбора разведанных, фотосъемок.

В этот период в США созданы беспилотники Райн Файерби JB-2 "Loon", Локхед Мартин M-21 и D-21, "Pioneer" RQ-2A, MQ-1 «Predator» (предатор) и их модификации.

Во время войны во Вьетнаме с ростом потерь американской авиации от ракет вьетнамских ЗРК (Зенитных ракетных комплексов) возросло использование БПЛА. В основном они использовались для ведения фоторазведки, иногда в целях

РЭБ (Радиоэлектронной борьбы). В частности, для ведения радиотехнической разведки применялись БПЛА 147E. Несмотря на то, что, в конечном счёте, беспилотник был сбит, он передавал на наземный пункт характеристики вьетнамского ЗРК С-75 в течение всего своего полёта. Ценность этой информации была соизмерима с полной стоимостью программы разработки беспилотного летательного аппарата. Она также позволила сохранить жизнь многим американским лётчикам, а также самолётам в течение последующих 15 лет, вплоть до 1973 г. В ходе войны американские БПЛА совершили почти 3500 полётов, причём потери составили около четырёх процентов(!). Аппараты применялись для ведения фоторазведки, ретрансляции (прием сигналов на

промежуточном пункте, их усиление и передача в прежнем или другом направлении, предназначена для увеличения дальности связи) сигнала, разведки радиоэлектронных средств, РЭБ и в качестве ложных целей для усложнения воздушной обстановки. Но полная программа БПЛА была окутана тайной настолько, что её успех, который должен был стимулировать развитие БПЛА после конца военных действий, в значительной степени остался незамеченным.

Беспилотные летательные аппараты применялись Израилем во время арабо-израильского конфликта в 1973 г. Они использовались для наблюдений и разведки, а также в качестве ложных целей. В 1982 г. БПЛА использовались во время боевых действий в долине Бекаа в Ливане.

Упомянуть: войны в Персидском заливе 1991 г, операция по поддержанию мира силами ООН в бывшей Югославии.

В 2000-х годах получило дальнейшее развитие создание беспилотников нового поколения. Среди них – беспилотные вертолеты, а также беспилотники различного назначения: от небольших малозаметных самолетов-разведчиков до ударных истребителей – бомбардировщиков с увеличенным размахом крыльев, способных осуществлять взлет и посадку с современных авианосцев. Такие БПЛА способны осуществлять запуск неуправляемых ракет со своего борта.

Серьезные разработки БПЛА осуществляются в России. Одновременно все более широкое развитие получают беспилотники, используемые в различных, в том числе, мирных целях.

Правовые основы использования воздушного пространства Российской Федерации и деятельности в области авиации, а также общий порядок выполнения полетов гражданской, государственной и экспериментальной авиации в воздушном пространстве Российской Федерации устанавливаются рядом нормативных и правовых актов. Основными из них являются Воздушный кодекс Российской Федерации, Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации, Федеральные авиационные правила полетов в воздушном пространстве Российской Федерации, Федеральные правила выполнения полетов воздушных судов по воздушным трассам, местным воздушным линиям и в районах авиационных работ, Федеральные авиационные правила производства полетов государственной авиации,

Федеральные авиационные правила производства полетов гражданской авиации.

Порядок использования воздушного пространства в целях удовлетворения потребностей различных пользователей воздушного пространства регламентируются соответствующими инструкциями.

III. Теоретические основы материальной части. Устройство и принципы работы БЛА.

1. Принципы работы БЛА.

Введение. Основы применения БЛА, назначение, цели и задачи. Классификация БЛА. Принципы управления и взаимодействия БЛА. Перспективы развития.

Для решения задач мониторинга территорий и объектов, как в военной, так и в гражданской сфере применяются сверхлегкие беспилотные летательные аппараты. Главным критерием гарантии выполнения поставленной задачи является точность его позиционирования в пространстве. Как правило, основным оборудованием для определения местоположения беспилотного летательного аппарата является GPS/ГЛОНАСС приёмник. Использование автономной системы ориентирования и методов обработки изображений и распознавания объектов, являются альтернативой спутниковым системам и технологиям навигации и наведения.

Сегодня беспилотные машины строятся с использованием разнообразных аэродинамических схем и функциональных компонентов. В зависимости от используемой системы управления они подразделяются на два класса: БЛА с автоматизированным радиокомандным управлением и БЛА с системами программного управления. Особенностью аппаратов с дистанционным управлением (1 класса) является участие в процессе управления полётом человека-оператора, который располагается, как правило, в наземном пункте управления. Программно-пилотируемые БЛА (2 класса) — автономные воздушные роботы. Они способны совершать полёт и решать задачи по заранее составленной программе без участия человека-оператора.

Существует очень большое количество различных классификаций беспилотных летательных аппаратов таких как: назначение; тип системы управления; принцип полета; классификация по летным параметрам; тип крыла; направление взлета/посадки; тип взлета/посадки; тип двигателя; топливная система. По принципу полёта БЛА можно разделить: на БЛА с жёстким крылом (самолётного типа); с гибким крылом; с вращающимся крылом (вертолётного типа); с машущим крылом; аэростатического типа, а также на различные гибридные подклассы аппаратов, которые трудно однозначно отнести к какой-либо из перечисленных групп.

Виды беспилотных летательных аппаратов

Различают беспилотные летательные аппараты:

1. беспилотные неуправляемые; (шары-зонды, свободные аэростаты)
2. беспилотные автоматические;
3. беспилотные дистанционно-пилотируемые летательные аппараты (ДПЛА). БПЛА принято делить по таким взаимосвязанным параметрам, как масса, время, дальность и высота полёта.

По способу старта:

- а) с помощью шасси (собственного или сбрасываемого) – аэродромный старт;
- б) с помощью пускового устройства(катапульты), с платформы и т.д. – без аэродромный старт.

По способу возвращения:

- а) свободным спуском на парашюте в определенном районе;
- б) падением на уловители;
- в) возвратом на парашюте частей летательных
- г) посадкой на нужный аэродром на шасси и др.

БПЛА подразделяются на:

- 1.«микро» (условное название) — массой до 10 килограммов, временем полёта около 1 часа и высотой до 1 километра;
- 2.«мини» — массой до 50 килограммов, временем полёта в несколько часов и высотой до 3—5 километров;
- 3.средние («миди») — до 1 000 килограммов, временем 10—12 часов и высотой до 9—10 километров;

4.тяжёлые — с высотами полёта до 20 километров и временем полёта 24 часа и более.

Основные типы БЛА: (аэростатические, аэродинамические, реактивные)
Аэростатические.

1.Аэростаты (упрощенно и не очень точно – воздушный шар)

Аэростат - летательный аппарат легче воздуха, использующий для полёта подъёмную силу заключённого в оболочке газа (или нагретого воздуха) с плотностью меньшей, чем плотность окружающего воздуха (согласно закону Архимеда) газовые — шарльеры. Для наполнения шарльеров применялись и применяются водород и (реже) светильный газ; но эти газы горючи, а их смеси с воздухом взрывоопасны, что требует дополнительных мер предосторожности. Данного недостатка лишён инертный гелий, который также используется в шарльерах; однако гелий достаточно дорог, что препятствует его повсеместному применению в воздухоплавании.

Тепловые — монгольфьеры;

Комбинированные (газовые и тепловые одновременно) — розьеры.

2.Дирижабли

Дирижабль - летательный аппарат легче воздуха, представляющий собой комбинацию аэростата с двигателем, либо винтовым электрическим, либо внутреннего сгорания и системы управления ориентацией (рули управления), благодаря которой дирижабль сможет двигаться в любом направлении независимо от направления воздушных потоков.

Преимущества:

Большие грузоподъёмность и дальность беспосадочных полётов.

В принципе достижимы более высокая надёжность и безопасность, чем у самолётов и вертолётот. (Даже в самых крупных катастрофах дирижабли показали высокую выживаемость людей.)

Меньший, чем у вертолётот, удельный расход топлива и, как следствие, меньшая стоимость полёта в расчёте на единицу массы перевозимого груза. Размеры внутренних помещений могут быть очень велики.

Длительность нахождения в воздухе может измеряться неделями.

Дирижаблю не требуется взлётно-посадочной полосы (но зато требуется причальная мачта) — более того, он может вообще не приземляться, а просто «зависнуть» над землёй (что, впрочем, осуществимо только при отсутствии сильного бокового ветра).

Недостатки:

Относительно малая скорость по сравнению с самолётами и вертолётами (как правило, до 160 км/ч) и низкая маневренность. Сложность приземления из-за низкой манёвренности. Зависимость от погодных условий (особенно при сильном ветре). Очень большие размеры требуемых ангаров (эллингов), сложность хранения и обслуживания на земле. Относительно высокая стоимость обслуживания дирижабля, особенно больших размеров. Как правило, для современных малых дирижаблей требуется так называемая причально-стартовая команда, составляющая от 2 до 6 человек. Американские военные дирижабли 1950—1960-х годов требовали усилий около 50 матросов для надёжной посадки, и поэтому после появления надёжных вертолётов они были сняты с вооружения. Низкая надёжность и долговечность оболочки.

Аэродинамические.

1. Гибкое крыло - воздушные змеи и аналоги безмоторных/с мотором аппаратов сверхлегкой авиации (паропланы, дельтапланы и др.).

2. Фиксированное крыло - планеры (без мотора) и БПЛА самолетного типа (с мотором).

Летательный аппарат с неподвижным крылом способен летать благодаря подъёмной силе, создаваемой аэродинамической формой фиксированного крыла при движении вперёд с определённой скоростью, развитие которой достигается различными способами (чаще за счёт двигателя либо благодаря рациональному использованию восходящих воздушных потоков). (как же они все-таки летают, пример с руками) Воздушные суда с неподвижным крылом являются летательными аппаратами тяжелее воздуха и отличаются от винтокрылых воздушных судов, в которых лопасти-крылья образуют ротор, или птиц, способных к машущему полёту.

3. Вращающееся крыло – БПЛА вертолетного типа.

Разберем основные принципы работы летательных аппаратов вертолетного типа. Подъемная сила и тяга для поступательного движения у вертолета

создается с помощью несущего винта. В работе несущего винта вертолета и воздушного винта самолета есть много общего, но имеются и отличия. Тяга несущего винта в значительной степени зависит от его диаметра и числа оборотов. Так, при увеличении диаметра винта вдвое тяга его увеличивается приблизительно в 16 раз; при увеличении числа оборотов вдвое — примерно в 4 раза. Несущий винт вертолета обладает исключительно важным свойством — способностью создавать подъемную силу в режиме самовращения (авторотации) в случае остановки двигателя, что позволяет вертолету совершать безопасный планирующий или парашютирующий (вертикальный) спуск и посадку. При зависании и при вертикальном подъеме несущий винт (ротор) вертолета работает подобно воздушному винту.

К вертолетному типу относят следующие типы летательных аппаратов:

Автожир (зарубежные названия гирокоптер, гироплан, ротоплан) — схема подобная самолёту, у которого в качестве крыла установлен свободно вращающийся винт (полёт в режиме авторотации). Из-за отсутствия вращающего момента передаваемого на несущий винт не требует рулевого винта. Допустима вертикальная посадка, а при предварительной раскрутке несущего винта на земле возможен и взлёт подскоком. Исторически первый взлетевший тип винтокрылого летательного аппарата. (Дело в том, что если будет 1 винт, вращающийся, скажем, по часовой стрелке, то вертолет будет в полете медленно вращаться в обратную сторону (силой отдачи) . Поэтому ставят либо второй винт поменьше на хвосте, он смотрит вбок и толкает машину так, чтобы она не вертелась, либо ставят 2 винта наверху, один над другим, и один вращается по часовой стрелке, а другой против, так что взаимно друг друга нейтрализуют.)

Винтокрыл (зарубежные названия гелиплан, гиродин) —летательный аппарат с приводным несущим винтом и отдельным двигателем для горизонтального полёта, чаще всего также оснащён рулевым оперением самолётного типа.

Оперение (оперение летательного аппарата, ракеты) — аэродинамические поверхности, обеспечивающие устойчивость, управляемость и балансировку самолёта в полёте. Оно состоит из горизонтального и вертикального оперения. При горизонтальном полёте в крейсерском режиме несущие винты обычно работают в режиме авторотации (К.р. режим полёта летательного ап-

парата с постоянной скоростью и высотой). Исторически наиболее ранняя разработанная схема, отсюда и название подобное всему классу винтокрылых летательных аппаратов.

Вертолёт (зарубежное название геликоптер) — летательный аппарат с приводным несущим винтом. Самая совершенная в весовом отношении схема, так как в ней нет дополнительных «самолётных» элементов: рулевого оперения, тянущих или толкающих винтов (если даже есть рулевой винт, то он намного легче и проще), зачастую колёсного шасси. На сегодня наиболее распространённый тип винтокрылой техники.

Конвертоплан — летательный аппарат осуществляющий взлёт на несущих винтах, которые в горизонтальном полёте поворачиваются и используются в качестве тянущих. Самый близкий к самолётам вариант, так как в горизонтальном полёте удерживается крылом самолётного типа. Принято относить к винтокрылой технике только из-за большого относительного размера винтов, сравнимого с размахом крыла. Если конвертоплан способен взлетать и садиться с неполным разворотом (или вообще без разворота) винтов в положение с вертикальной осью, то его принято считать самолётом вертикального взлёта и посадки (СВВП).

Последний подтип БПЛА вертолетного типа:

X-крыло — концепция винтокрылого летательного аппарата, винт которого в полёте на большой скорости фиксируется, выполняя роль крыла самолёта. На сегодня реализована в единственном концепте Сикорски S-72.

Реактивные. Космические реактивные аппараты.

Ракета - летательный аппарат,двигающийся в пространстве за счёт действия реактивной тяги, возникающей только вследствие отброса части собственной массы (рабочего тела) аппарата и без использования вещества из окружающей среды. Поскольку полёт ракеты не требует обязательного наличия окружающей воздушной или газовой среды, то он возможен не только в атмосфере, но и в вакууме. Словом ракета обозначают широкий спектр летающих устройств от праздничной петарды до космической ракеты-носителя.

В военной терминологии слово ракета обозначает класс, как правило, беспилотных летательных аппаратов, применяемых для поражения удалённых целей и использующих для полёта принцип реактивного движения. В связи с разнообразным применением ракет в вооружённых силах, различны-

ми родами войск, образовался широкий класс различных типов ракетного оружия.

Архитектура построения навигационного комплекса беспилотных летательных аппаратов может быть различной, в зависимости от требований и выполняемой задачи. Как показывает опыт разработки БЛА, в контуре управления БЛА существуют два основных элемента. Первый — исполнительный, т.е. это сам планер с силовой установкой и рулевые механизмы. Второй - командный. Это тот элемент, который ставит задачу на полёт, принимает решение в случае необходимости изменить программу полёта, выполняет коррекцию движения летательного аппарата при его отклонениях от заданной траектории движения.

БЛА вертолетного типа известен также как БЛА с вращающимся крылом (англ.: rotary-wing UAV, rotorcraft UAV, helicopter UAV). Часто их называют также VTOL UAV (Vertical Take-off and Landing UAV) – БЛА с вертикальным взлетом и посадкой. Подъемная сила у аппаратов этого типа также создается аэродинамически, но не за счет крыльев, а за счет вращающихся лопастей несущего винта (винтов). Крылья либо отсутствуют вовсе, либо играют вспомогательную роль. Очевидными преимуществами БЛА вертолетного типа являются способность зависания в точке и высокая маневренность, поэтому их часто используют в качестве воздушных роботов.

Беспилотные устройства уже меняют наше отношение к техническому обслуживанию и функциям мониторинга. Можно ожидать, что при помощи дронов можно будет не только выявлять проблемы, связанные с разрушением инфраструктурных объектов (например, трещины на асфальте, мостах и фасадах зданий), но и проводить соответствующий ремонт. В будущем для технического обслуживания и ремонта инфраструктуры будет использоваться технология 3D-печати в сочетании с беспилотными летательными аппаратами.

Дроны позволят сельскому хозяйству стать отраслью экономики, в значительной степени основанной на использовании различных данных, что в конечном итоге приведет к повышению производительности и урожайности. Благодаря легкости использования и низкой стоимости, дроны могут применяться для получения серий кадров, демонстрирующих фактическое развитие растений. Такой анализ позволил бы выявить область с низкой эффективно-

стью производственного процесса и улучшить управление развитием насаждений.

До настоящего момента вертолеты отличались от самолетов более широкими возможностями. Беспилотные устройства обладают такими же характеристиками, но при этом у них есть преимущества, связанные с небольшим размером летальных аппаратов и исключением риска гибели пилота. Еще одним большим плюсом дронов является их стоимость и, следовательно, высокая доступность. В связи с этим возникает справедливое предположение о том, что развитие беспилотных летательных аппаратов приведет к снижению спроса на вертолеты, так как дроны можно будет использовать для выполнения операций, которые в случае привлечения вертолетов оказались бы слишком дорогими или опасными. С другой стороны, слияние этих двух секторов может открыть новые возможности.

2. Знакомство с комплексом, составные части.

Аэродинамические схемы БЛА. Обзор по модельному ряду. Комплектация и составные части комплекса на примере одной модели. Функции составных частей комплекса. Устройство мультикоптеров. Основные базовые элементы коптера. Теория управления БЛА. Ручное управление коптером. Основы радиосвязи. Принцип работы радиоаппаратуры управления. Техника безопасности.

В этом разделе рассматриваются различные аэродинамические схемы применяемых БЛА. В связи с близким сходством конструкций БЛА и пилотируемых летательных аппаратов (далее ЛА), предусматривается обзор различных типов ЛА взлетным весом до 500 кг. Аэродинамическая схема БЛА влияет практически на все его характеристики, не только аэродинамические, но и динамические, весовые, прочностные, показатели заметности, а через них, в свою очередь, определяет показатели стоимости и эффективности применения БЛА. Обучающиеся приобретают знания о профиле крыла, спектре обтекания, качестве, устойчивости и динамике летательного аппарата.

БЛА функционирует не абсолютно самостоятельно, а в составе комплекса. Такой комплекс называют беспилотной авиационной системой – БАС

(Unmanned Vehicle System – UVS). В БАС входит не только сам летательный аппарат (аппараты), но также вся инфраструктура и средства обеспечения: транспортно-пусковое устройство, средства связи, наземный пункт управления, диспетчерские пункты, ретрансляционные узлы, станции подзарядки, средства транспортирования, запуска, посадки и т. д. Знакомство с комплексом БЛА «Supercam-S 100».

Беспилотный летательный аппарат мультикоптер (англ. *Multirotor, multicopter, многороторный вертолёт, многолёт*) – это автономно или дистанционно управляемый летательный аппарат, который может иметь три (трикоптер), четыре (квадрокоптер), шесть (гексакоптер) или восемь (октокоптер) двигателей и винтов (далее винтомоторная пара). Мультикоптеры с большим количеством винтомоторных пар применяются редко. Винтомоторные пары крепятся к раме. На борту мультикоптер может иметь различные типы и марки оборудования, которое в основном применяется для одних и тех же целей: управление и балансировка мультикоптера, сбор текущих данных полета и связь с землей.

Основные компоненты мультикоптеров: аккумуляторная батарея (литий полимерная или литий-ионная); бесколлекторные либо коллекторные двигатели на редкоземельных элементах; контроллер дистанционного управления (пульт управления / аппаратура / трансмиттер).

Принцип действия современного мультикоптера прост. В зависимости от схемы применения (3 / 4 / 6 / 8-мь несущих винтов) каждый несущий винт приводится во вращение эл. двигателем (эл. мотором). Одна половина моторов осуществляет вращение винтов по часовой стрелки, а вторая против. Благодаря такому подходу для осуществления управления мультикоптером не требуется применение в конструкции дрона хвостового винта и сложного в работе автомата перекося.

В теории полета (аэродинамике) принято выделять три угла (или три оси вращения), которые задают ориентацию и направление вектора движения летательного аппарата. Их принято называть крен, тангаж и рыскание.

Микропроцессорная система переводит команды радиоуправления в команды двигателям. Чтобы обеспечить стабильное зависание, мультикоптеры в обязательном порядке снабжают тремя гироскопами, фиксирующими крен аппарата. Как вспомогательный инструмент, иногда, также используется ак-

селерометр, данные от которого позволяют процессору устанавливать абсолютно горизонтальное положение, и бародатчик, который позволяет фиксировать аппарат на нужной высоте. Также, применяют сонар для автоматической посадки и удержания небольшой высоты, а также для облёта препятствий. И самое главное — GPS-приемник, позволяющий записывать маршрут полёта заранее, с компьютера, а также, возвращать аппарат в точку взлёта, в случае потери управляющего радиосигнала, или снимать параметры полёта оперативно или потом.

По принципу управления мультикоптеры бывают:

- автономные
- дистанционно-управляемые (беспилотные)

Многие квадрокоптеры имеют, по крайней мере, три различных режима полета: удержания полета с использованием функции GPS, удержания полета, и ручной. Каждый из этих режимов будет более или менее оказывать влияние на стабильность модели во время полета. Когда использовать тот или иной режим, будет зависеть от летных навыков пилота и обстоятельств. При ручном режиме полета мультикоптер имеет наименьшую стабильность. Управлять дроном при таких характеристиках непросто. Здесь требуются навыки и большая внимательность от пилота - контролировать беспилотник придется в любой точке его нахождения, где бы он не был.

3. Основные детали и узлы БЛА.

Конструкция корпуса планера. Силовая установка. Компоновка внутренних элементов. Диагностика неисправностей конструкции планера. Комплектация ЗИПа. Назначение его элементов. Методы мелкого ремонта планера. Детали и узлы квадрокоптера. Приемник сигнала. Назначение. Способ правильной установки на корпусе БЛА. Пульт управления. Полетный контроллер. Установка и подключение полетного контроллера: выбор ориентации по направлению лучей БЛА, выбор правильного способа подключения сигнальных проводов от регуляторов вращения. Проверка направления вращения моторов. Контроллеры двигателей. Основы электромагнетизма. Типы двигателей. Бесколлекторные двигатели. Техника безопасности при обращении с бесколлекторными двигателями. Регулятор

скорости и его крепление к корпусу БЛА. Меры безопасности при включении двигателя.

Основные схемы компоновки БЛА: классическая (по схеме «фюзеляж+крылья+хвост») и «летающее крыло». Основными частями беспилотного аэрофотосъемочного комплекса являются: корпус, двигатель, бортовая система управления (автопилот), наземная система управления (НСУ) и аэрофотосъемочное оборудование.

Корпус БЛА изготавливают из легкого пластика, чтобы защитить дорогостоящую фотоаппаратуру и средства управления и навигации, а его крылья — из пластика или экструдированного пенополистирола (ЕРР). Этот материал легкий, достаточно прочен и не ломается при ударе. Легкий БЛА с посадкой на парашюте может выдержать несколько сотен полетов без ремонта, который, как правило, включает замену крыльев, элементов фюзеляжа и др. Надо отметить, что наиболее дорогостоящие элементы аэрофотосъемочного комплекса, наземная система управления, авионика, программное обеспечение, — вообще не подвержены износу.

Силовая установка БЛА может быть бензиновой или электрической. Причем, бензиновый двигатель обеспечит намного более продолжительный полет, так как в бензине, в расчете на килограмм, запасено в 10–15 раз больше энергии, чем можно сохранить в самом лучшем аккумуляторе. Однако такая силовая установка сложна, менее надежна и требует значительного времени для подготовки БЛА к старту. Наконец, он требует от оператора высокой квалификации. Электрическая двигательная установка, напротив, очень нетребовательна к уровню квалификации обслуживающего персонала. Современные аккумуляторные батареи могут обеспечить длительность непрерывного полета свыше четырех часов. Обслуживание электрического двигателя совсем несложно. Преимущественно это только защита от влаги и грязи, а также проверка напряжения бортовой сети, что осуществляется с наземной системы управления. Бесколлекторный электрический двигатель БЛА практически не изнашивается.

Автопилот — с инерциальной системой — наиболее важный элемент управления БЛА. В автопилоте, кроме мощного процессора, установлено множество датчиков — трехосевые гироскоп и акселерометр (а иногда и маг-

нитометр), ГЛОНАСС/GPS-приемник, датчик давления, датчик воздушной скорости. С этими приборами беспилотный летательный аппарат сможет летать строго по заданному курсу.

Характеристики каждого предыдущего узла БЛА зависят от характеристик последующего. Идеальным вариантом подбора узлов БЛА является одновременный расчет параметров всех узлов с одновременной корректировкой. Конфигурация рамы БЛА зависит от выбранной схемы построения. Следует отметить, что в понятие рамы входят: лучи (направляющие), на которых будут крепиться двигатели с винтами и центральная плата крепления лучей, служащая, также, плоскостью для крепления аппаратной части БЛА. Материал рамы выбирается с учетом пожеланий и возможностей разработчика БЛА. Основные виды материалов для сборки рамы: алюминий, углепластик или карбон, дерево, фанера.

Двигатели и винты БЛА следует рассматривать вместе, так как выбор мощности двигателя напрямую зависит от параметров несущего винта. Несущий винт (ротор) – винт, предназначенный для направленной вверх силы тяги, которая может уравновесить и преодолеть вес вертолета. Винты могут различаться в зависимости от геометрии вращения: - Правого вращения – создают подъемную тягу при вращении по часовой стрелке. - Левого вращения – создают подъемную тягу при вращении против часовой стрелки.

Параметры винтов (несущих винтов): диаметр винта (расстояние от начала одной лопасти до конца другой, определяет площадь винта); шаг винта (расстояние, пройденное винтом, ввинчивающимся в газовую среду за полный оборот, определяет эффективную площадь винта); КПД несущего винта:

Для БЛА мультикоптеров используют бесколлекторные двигатели постоянного тока. Преимуществом бесколлекторных двигателей является гораздо более высокая скорость вращения, а также меньшее энергопотребление в режимах работы, сравнимых с двигателями классической схемы. Кроме того, в бесколлекторных двигателях отсутствуют потери мощности из-за трения и искрения щеток и токосъемников, что делает их более энергоэффективными.

Регуляторы оборотов двигателей позволяют изменять скорость оборотов двигателей пропорционально получаемому ШИМ – сигналу. Устройство: транзисторы (через которые протекает ток питания двигателя) и микрокон-

троллер (устройство, управляющее временем и порядком открытия транзисторов).

Полетный контроллер служит для управления регуляторами оборотов, указывает, с какой скоростью должен крутиться двигатель, принимает и обрабатывает сигналы с датчиков положения, обрабатывает сигналы от приемопередатчика. Основное различие полетных контроллеров состоит в том, что каждый контроллер рассчитан и может управлять только определенным количеством двигателей (количество каналов полетного контроллера). Основные функции полетных контроллеров: стабилизация летательного аппарата при зависании над землей и полете; связь с землей – передача и прием сигналов от пульта управления с земли, сбор текущих параметров полета; автоматический полет по заданным координатам (в случае если полет осуществляется в режиме автопилота).

4. Установка, балансировка лопастей. Винты. Аэродинамические характеристики несущих винтов. Установка, балансировка лопастей.

Базовые принципы полетов любой техники описывает аэродинамика.

Аэродинамическая компоновка определяет внешний облик БЛА и его силовое взаимодействие с воздухом в полете. Каждый вид аэродинамической компоновки имеет свои преимущества и недостатки и характеризуется: – количеством и расположением несущих винтов (НВ) и рулевых винтов (РВ); – формой фюзеляжа: – наличием, расположением и формами крыла и оперения: – типом и расположением взлетно-посадочных устройств. Определяющим в аэродинамической компоновке БЛА является количество НВ. Выбор количества НВ зависит от многих факторов. Главными из них являются предназначение БЛА и вытекающие из этого требования по грузоподъемности, возможным габаритным размерам, преимущественным условиям эксплуатации, скорости, дальности полета и т. д. НВ БЛА, создавая тягу, обеспечивают тем самым получение и подъемной, и движущей сил, необходимых для выполнения заданного режима полета или маневра, а также управление – продольное и поперечное.

Три оси вращения абсолютно однозначно задают ориентацию квадрокоптера в пространстве и направление его полета. Причем направление движения никак не зависит от расположения самого квадрокоптера в воздухе. Любой квадрокоптер, как и другой летательный аппарат совершает во время полета строго определенный список маневров. Это движение, тангаж/крен и рыскание – именно они и определяют параметры полета квадрокоптера.

В квадрокоптер имеются целых четыре винта, два из которых вращаются по часовой стрелке, а два других в противоположном направлении.

Воздушными винтами называются аппараты, состоящие из втулки, надетой на вращающийся вал, и прикрепленных к ней крылообразных лопастей, действующих на окружающий воздух и создающих силу тяги. Винты, создающие силу тяги, направленную вверх, которая может преодолеть вес вертолета, называются несущими винтами. Как правило, винт рассматривается по аналогии с крылом, как некая несущая плоскость, движущаяся в потоке с определенным углом атаки. Сама лопасть разбивается по ее длине на участки (секции), имеющие определенный аэродинамический профиль. Профиль может быть одинаковым по всей длине лопасти, или переменным, что в нашем случае несущественно. Каждая секция лопасти представляется элементом, создающим подъемную силу и лобовое сопротивление. Последнее создает момент, препятствующий вращению, на который и расходуется мощность мотора. Суммируя по всем секциям лопасти, и помножив на число лопастей, получается тяга, создаваемая винтом и момент сопротивления вращению винта.

5. Аккумуляторная батарея (АКБ).

Устройство и состав АКБ. Технические характеристики АКБ. График разряда АКБ. Расчет продолжительности полета. Устройство зарядной станции. Правила работы с зарядной станцией. Заряд АКБ. Порядок проведения контрольного теста АКБ. Правила безопасности при обращении с Li-Po АКБ. Типы аккумуляторов, их устройство, назначение. Меры безопасности при зарядке, разрядке, утилизации.

В зависимости от типа и назначения БЛА в них применяются различные типы двигателей. Обычно это тепловые двигатели (внутреннего сгорания или реактивные) или электрические. Последние становятся все более используемыми ввиду таких их преимуществ, как относительная простота обслуживания, бесшумность, экологичность. Однако для электродвигателей, так же как и для других бортовых потребителей электроэнергии (электросервоприводов, бортовых компьютеров, радиопередатчиков и т.д.), требуются эффективные источники питания. На сегодняшний день такими источниками в подавляющем большинстве случаев являются литий-ионные аккумуляторы. Литий-ионные батареи более неприхотливы в эксплуатации, чем батареи других типов. У них нет эффекта памяти и они не нуждаются в полной разрядке для сохранения своих свойств. Саморазряд литий-ионных аккумуляторов составляет 4...6 % за первый месяц, затем существенно меньше: за год аккумуляторы теряют 10...20 % запасенной емкости: это в несколько раз меньше, чем у никель-кадмиевых аккумуляторов. Типичный интервал рабочих температур (при работе на разряд) для большинства литий-ионных аккумуляторов: от -20 до $+60$ °C. Однако такие элементы имеют высокую стоимость, что вызвано технологической сложностью их изготовления: из-за высокой химической активности лития требуется создавать его надежную изоляцию, в то же время необходимо отводить из корпуса батареи газы, образующиеся при разряде; кроме того, внутри корпуса батареи необходимо размещать терморезистор, служащий для предотвращения перегрузок. Однако, несмотря на все эти сложности этот тип источников питания применялся во многих беспилотных системах, в том числе в космических аппаратах. Для любых типов литий-ионных аккумуляторов зарядка возможна только в интервале $0...45$ °C. При минусовых температурах она неэффективна или опасна. Недостатком многих типов литий-ионных аккумуляторов является их пожароопасность при перезаряде или перегреве. Поэтому следует соблюдать основные меры безопасности при зарядке, разрядке и утилизации АКБ.

6. Полезная нагрузка (ПН).

Состав ПН. Основные технические характеристики. Замена блоков ПН. Основы съемки с воздуха.

Полезная нагрузка – это масса полезного оборудования, ради которого создается или запускается летательный аппарат. От массы беспилотника зависит его полезная нагрузка — количество устройств, которые можно на него повесить (например, камеры, тепловизоры, сканирующие устройства и пр.), а также время полета.

Полезная нагрузка легких БЛА включает в себя одну или несколько фото-, видеокамер (обычная и инфракрасная). В некоторых аппаратах полезная нагрузка выполнена в виде отдельного быстросъемного модуля и может устанавливаться в зависимости от решаемой задачи, времени суток и т.п. Так как основной функцией этих аппаратов является разведка или наблюдение стандартом стала установка радиооборудования, в реальном времени, транслирующем изображение. В связи с большей взлетной массой мини-БЛА их полезная нагрузка по своему функциональному составу наиболее полно представляет состав бортового оборудования, отвечающего современным требованиям к многофункциональному разведывательному БЛА.

Для обеспечения задач наблюдения подстилающей поверхности в реальном масштабе времени в процессе полета и цифрового фотографирования выбранных участков местности, включая труднодоступные участки, а также определения координат исследуемых участков местности полезная нагрузка БЛА должна содержать в своем составе: устройства получения видовой информации; спутниковую навигационную систему (ГЛОНАСС/GPS); устройства радиолинии видовой и телеметрической информации; устройства командно-навигационной радиолинии с антенно-фидерным устройством; устройство обмена командной информацией; устройство информационного обмена; бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ); устройство хранения видовой информации. Современные телевизионные камеры обеспечивают представление оператору в реальном времени картины наблюдаемой местности в формате наиболее близком к характеристикам зрительного аппарата человека, что позволяет ему свободно ориентироваться на местности и при необходимости выполнять пилотирование БЛА.

7. Парашют.

Конструкция парашюта. Устройство парашютного отсека (открытие закрытие). Осмотр на повреждения. Предварительная укладка. Укладка парашюта в планер.

Наиболее распространенным способом посадки БЛА является спуск на парашюте. Такой способ выбирают отчасти из-за простоты его реализации как с технической стороны (парашют на скорости выбрасывается пружинным или пиромеханизмом из аппарата), так и со стороны квалификации оператора - такой способ посадки требует только дать команду на выпуск парашюта над желаемым районом приземления. Однако есть и значительные недостатки - парашют занимает значительный объем в корпусе, снижает грузоподъемность, спуск на парашюте неуправляем и в ветреную погоду непредсказуем. БЛА с парашютной системой посадки содержит фюзеляж, две консоли крыла и парашютную систему посадки, включающую вытяжной парашют, основной парашют, стропы, подвесную систему. Парашютная система размещена внутри фюзеляжа. Стropы парашютной системы уложены в общем защитном чехле, а стропы подвесной системы прикреплены к концевым частям крыла с помощью трехступенных шарниров и держателей. Части консоли крыла выполнены с возможностью их поворота относительно оси, параллельной хорде крыла, и снабжены замками-фиксаторами.

8. Принцип работы системы автоматического управления (САУ).

Устройство САУ. Функциональные возможности САУ. Характеристики САУ.

При построении комплекса управления БЛА командный элемент или его часть выносятся за пределы аппарата и связывается с исполнительным элементом линией передачи. Наибольшие трудности возникают при разработке системы управления (СУ – комплекс технических устройств, обеспечивающих управление ЛА). Это связано с тем, что БЛА должен выполнять задачи в условиях автономного полёта, следовательно, иметь полную функционально

замкнутую СУ. Кроме того, малые размеры и масса БЛА приводят к увеличению количества и диапазона внешних воздействий на данные объекты по сравнению с существующими летательными аппаратами, и, следовательно, ужесточают требования к элементной базе СУ. В связи с этим СУ должна решать следующие задачи: стабилизация параметров движения объекта применительно к внешним помехам различной природы; анализ внешних данных бортовыми средствами и определение приоритетной цели в зависимости от поставленной перед БЛА задачи; расчет оптимальной траектории движения с целью уменьшения времени движения и расхода ресурсов БЛА; контроль правильности удержания траектории; обеспечение отказоустойчивости объекта управления или компенсация изменений его характеристик бортовыми средствами; выполнение вычислительных операций большого объема в реальном масштабе времени для реализации алгоритмов управления БЛА.

Следует подчеркнуть, что основной функцией, решаемой СУ, является управление движением центра масс (три канала управления) и угловыми движениями БЛА относительно центра масс (три канала управления).

9. ПО НСУ, Интерфейс.

Основное меню программы. Боковая панель кнопок (состояние борта, режимы полета, полетное задание, полезная нагрузка, фигуры, карта высот). Компас. Информационная панель. Вспомогательная панель. Строка состояния. Авиагоризонт. Клавиши: GPS, ФГ, 72, Тахометр. Вкладки: фигуры, маршрут, старт, посадка, авионика. Команды операторов для старта БПЛА с эластичной катапульты (видео запуска, объяснение принципа запуска). Информационное окно «значения и показатели». Объяснение каждого значения, для чего нужно и как работает, знакомство с ПО. Клавиши в левой части программы «Skat». Инструменты. Калибровка (видео).

Основным назначением НСУ является создание интерфейса между оператором (операторами) и БЛА на всех фазах подготовки и полёта беспилотника. НСУ — это планшетный компьютер или ноутбук, оснащенный модемом для связи с БЛА. Важная часть НСУ — программное обеспечение для планирования полетного задания и отображения хода его выполнения. Как

правило, полетное задание составляется автоматически, по заданному контуру площадного объекта или узловым точкам линейного объекта. Кроме того, существует возможность проектирования полетных маршрутов, исходя из необходимой высоты полета и требуемого разрешения фотоснимков на местности. Для автоматического выдерживания заданной высоты полета есть возможность учесть в полетном задании цифровую модель местности в распространенных форматах. Во время полета на картографической подложке монитора НСУ отображается положение БЛА и контуры снимаемых фотографий. Оператор имеет возможность во время выполнения полета оперативно перенацелить БЛА на другой район посадки и даже оперативно посадить беспилотник с «красной» кнопки наземной системы управления. По команде с НСУ могут быть запланированы и другие вспомогательные операции, например — выброс парашюта. Кроме обеспечения навигации и обеспечения полета автопилот должен управлять фотоаппаратом, чтобы получать снимки с заданным межкадровым интервалом (как только БЛА пролетит нужное расстояние от предыдущего центра фотографирования). Автопилот должен регистрировать координаты центров фотографирования геодезического спутникового приемника ГЛОНАСС/GPS, чтобы программа автоматической обработки снимков смогла построить модель быстро и привязать ее к местности.

10. ПО Video.

Функциональное назначение программы. Команды контекстного меню. Настройки программы. Установка/удаление программы.

БЛА вместе со специальным программным обеспечением, например AgisoftPhotoScan, эффективны в различных областях: сельское хозяйство, энергетика, горное дело, строительство, нефтегазовый сектор, лесное хозяйство, водное хозяйство и др. С помощью программы AgisoftPhotoScan легко можно создавать ортофотопланы, карты высот, реконструировать 3Dмодель исходя из полученных фотографий, которые были сняты любыми цифровыми фотокамерами с любых ракурсов. Также важнейшей особенностью данной программы является получение размеров, площадей и объёмов высокой точ-

ности. Современные телевизионные (ТВ) камеры обеспечивают представление оператору в реальном времени картины наблюдаемой местности в формате наиболее близком к характеристикам зрительного аппарата человека, что позволяет ему свободно ориентироваться на местности и при необходимости выполнять пилотирование БЛА. Возможности по обнаружению, и распознаванию объектов определяются характеристиками фотоприемника и оптической системы телевизионные камеры. Но не стоит забывать, чем выше разрешение фотокамеры, тем точнее и качественнее мы получим информацию на выходе. Процесс создания трехмерной модели полностью автоматизирован.

Работа с проектом в AgisoftPhotoScan осуществляется следующими этапами: 1) Определение положения камеры в пространстве. Программа находит общие точки на каждой из представленных фотографий. Данные точки служат для визуальной оценки качества фотографий и дальнейшей оптимизации камер. 2) Построение плотного облака точек на основе первого этапа. Перед переходом на следующий этап создания 3D модели или перед экспортом модели, плотное облако точек может быть отредактировано и классифицировано. 3) Построение триангулированной полигональной модели объекта на основе второго этапа или, если требуется быстрое построение, на основе первого этапа. PhotoScan имеет два основных алгоритмических метода построения полигональной модели: «карта высот» – для плоских поверхностей (таких, как ландшафт или барельеф) и «произвольный» – для любых типов поверхностей. Также в программе предусмотрена возможность экспорта модели во внешние программы для редактирования и импорта обратно. 4) Построение текстур, ортофотоплана и карты высот.

11. Работа с НСУ.

Типы карт. Привязка карты. Расчет протяженности и продолжительности полета. Команды полетного файла. Составление полетного задания. Маршрутные точки. Проигрыватель полетных файлов. Настройки игрового манипулятора. Антенна. Маяк. Текстовый терминал. Передача управления сторонней НСУ.

Наряду с беспилотным аппаратом неотъемлемой частью комплекса является наземная станция управления (НСУ).

Назначение НСУ

Основным назначением НСУ является создание интерфейса между оператором (операторами) и БЛА на всех фазах подготовки и полёта беспилотника. Более формально производитель определяет назначение НСУ таким образом:

- планирование боевых задач;
- предполётная и послеполётная подготовка;
- управление выполнением боевой задачи в полёте;
- управление целевой нагрузкой;
- обработка и хранение информации от целевой нагрузки;
- управление линиями связи;
- ведение протокола выполнения боевой задачи;
- моделирование выполнения боевой задачи.

Состав НСУ

Производитель определяет состав НСУ следующим образом:

- дисплеи, компьютеры, устройства записи;
- внешний источник питания с аварийными аккумуляторами;
- средства связи тактического звена;
- наземный терминал данных
- выносной видеотерминал;
- тестер/загрузчик полётных радиолиний.

IV. Безопасность полетов. Введение. Нормативно-правовые документы

1. Метеорология. Безопасность полетов.

Общая терминология. Облака. Ветер. Обледенение. Гроза. Федеральные правила использования воздушного пространства.

Законодательство: ответственность за незаконное использование ВП. Согласование полетов: с главами администраций городов, военными, ООПТ, ФСБ, владельцами запретных зон. Правила составления и подачи: ВР (вре-

менный режим), МР (местный режим), СХР (план полетов), КО (кратковременное ограничение). Форма доклада в органы ОрВД. Контакты органов ОрВД.

2. Гарантийные обязательства сторон.

Эксплуатационные ограничения. Срок службы. Гарантия. Состав эксплуатационной документации. Ведение эксплуатационной документации. Маркировка и пломбирование. Транспортировка. Хранение.

3. Нормативно-правовые документы.

Административное право. Гражданское право. Правовые основы охраны окружающей среды. Постановление Правительства РФ от 11 марта 2010 г. № 138.

При применении БЛА в мирное время производитель и лицо либо организация эксплуатирующая аппарат обязаны обеспечить безопасность полетов, которые предусмотрены требованиями ИКАО к воздушным судам гражданской авиации. Распоряжением Правительства РФ № 641 от 6 мая 2008 г. установлено требование: «Безопасность полетов воздушных судов гражданской авиации представляет собой состояние авиационной транспортной системы, при котором риск причинения вреда лицам или нанесение ущерба имуществу снижен до приемлемого уровня и поддерживается на этом, либо на более низком уровне посредством непрерывного процесса выявления источников опасности и контроля факторов риска». Данное требование так же касается БЛА, поскольку требования Конвенции о международной гражданской авиации (док. ИКАО 7300) относятся ко всем воздушным судам, независимо от того, где находится пилот (или экипаж), управляющий этим воздушным судном, а Циркуляр ИКАО № 328 AN/190 уточняет относительно БЛА гражданского назначения, что это именно беспилотные воздушные суда (БВС), и дает определение: БВС — воздушное судно, которое предназначено выполнять полет без пилота на борту. Выявлены и описаны факторы, наиболее влияющие на безопасность и эффективность применения беспилотных авиационных систем. Это: разрушение беспилотного летательного аппарата при столкновении с землей; нанесение вреда жизни и здоровью людей или их имуществу, находящихся на земле; столкновение в воздухе с другими летательными аппаратами.

Для снижения уровня риска нанесения ущерба при потере управляемости БЛА требуется: постоянное усовершенствование технических характеристик конструкции, повышение квалификации персонала, управляющего аппаратом, ужесточение правил подготовки и выполнения полетов БЛА. Определенные правила и ограничения должны действовать при использовании БЛА правоохранительными и силовыми ведомствами с точки зрения обеспечения конституционных прав граждан и соблюдения действующего законодательства. Необходимо разработать, внедрить и беспрекословно выполнять Нормы летной годности, требования и программы обучения операторов, установить процедуры сертификации конструкции и сертификации их производителей, аналогичные процедурам, применяемым для пилотируемых воздушных судов.

Правила проведения эксплуатации БЛА:

1. Производится в обязательном порядке согласование использования воздушного пространства с ЕС ОрВД (Единая система организации воздушного движения) при подготовке к выполнению полетов.

2. Разрабатывается и подтверждается выполнение всех требований «Инструкции по организации и выполнению полетов», в которой определяются основные положения в целях:

- организации выполнения полетов;
- управления полетами;
- выполнения полетов;
- обеспечения полетов;
- меры безопасности при выполнении полетов;
- действия в особых случаях при непреднамеренном попадании в опасные явления погоды при возникновении особых случаев в полёте, а также при получении сигналов «Ковёр», «Режим».

3. Реализовывать пуск и подъем БЛА в отсутствие определения взаимосвязи с ЕС ОрВД запрещено.

4. В оперативном порядке производится доклад о всех изменениях в режиме полета БЛА в ЕС ОрВД.

5. О периоде высадки выполняется отчет в РЦ ЕС ОрВД уже после посадки и докладывается последующий проект деятельности.

6. В РЦ ЕС ОрВД выполняется мгновенный отчет об утрате взаимосвязи с БЛА. Место потери связи, уровень полета, предполагаемый сохранившийся период полета, направление следования и регион посадки (падения) БЛА докладывается в отчете.

Действующая нормативная правовая база по вопросу использования БАС в гражданской авиации:

- Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации (постановление Правительства Российской Федерации от 11.03.2010 № 138);

- Федеральные авиационные правила «Организация планирования использования воздушного пространства Российской Федерации» (приказ Минтранса России от 16.01.2012 № 6);

- Инструкция по разработке, установлению, ведению и снятию временно-го и местного режимов, а также кратковременных ограничений (приказ Минтранса России от 27.06.2011 № 171);

- Табель сообщений о движении воздушных судов в Российской Федерации (приказ Минтранса России от 24.01.2013 № 13);

- Методические рекомендации по составлению нормативных документов, определяющих организацию использования элементов структуры воздушного пространства (приложение к приказу Росаэронавигации от 21.07.2008 № 108).

Содержание модуля 2.

Сборка и настройка БЛА самолетного типа. Учебные полёты.

В модуль включены следующие разделы:

1. Работа с комплексом БЛА. Правила эксплуатации комплекса в обычных и экстремальных условиях. Гарантийные обязательства.

1. Работа с комплексом.

Техника безопасности при выполнении работ с БЛА. Техника пожарной безопасности на территории предприятия. Развертывание комплекса. Пред-

полетная подготовка. Меры предосторожности при работе с БЛА. Сворачивание комплекса.

Практическое занятие: Составные части БЛА (центроплан, консоли, кили, АКБ, ПН). Сборка аппарата (установка килей, консолей АКБ, ПН). Устройство, составные элементы, компоновка. Укладка парашюта. Построение полетного задания. Предполетные проверки.

2. *Правила эксплуатации комплекса в обычных условиях.*

Введение. Назначение комплекса, ТТХ. Эксплуатационные ограничения. Расчет комплекса и их обязанности, порядок развертывания комплекса, действие выпускающего, порядок развертывания комплекса, действия оператора НСУ, работа с комплексом. Запуск БЛА. Основные требования при выполнении полетного задания. Управление антеннами во время полета. Посадка БЛА.

3. *Правила эксплуатации комплекса в экстремальных условиях.*

Полеты в условиях повышенной влажности. Полеты в условиях возможного обледенения (признаки). Снижение высоты при обледенении. Посадка при обледенении. Полеты в темное время суток. Потеря сигнала GPS. Потеря связи. Отключение двигателя в полете, потеря тяги. Разряд АКБ. Поиск БЛА при экстренной посадке вне зоны прямой видимости. Разбор летных происшествий по вине оператора. Обработка ошибок.

II. Учебные полёты. Практическая часть.

1. *Отработка запуска БЛА на макете. Выбор точки старта. Установка катапульты. Установка АФУ. Развертывание комплекса. Предполетная подготовка. Порядок запуска и действия операторов.*

- 1) Показательный запуск БЛА инструкторами.
- 2) Отработка запуска макета с эластичной катапульты с проговариванием команд операторов.

3) Запуск БЛА обучающимися (первый запуск): Подготовка аппарата к полету. Установка НСУ. Работа за НСУ (построение полетного задания, предполетные проверки). Запуск БЛА с эластичной катапульты. Набор высоты до 200м. Посадка в автоматическом и ручном режимах. Подведение итогов, замечания, ошибки в полете и при запуске.

2. Полет по маршруту, посадка в автоматическом режиме. Полет перемещением круга, работа с видео, посадка в ручном режиме. Полет по маршруту, поиск объекта по видео, снятие его координаты. Полет по видео в полуавтоматическом режиме с использованием игрового манипулятора.

1) Сбор комплекса (сборка БЛА, НСУ, установка катапульты). Подготовка аппарата к полету: Работа за НСУ (построение полетного задания, предполетные проверки). Настройка фотоаппарата. Запуск БЛА с эластичной катапульты. Ступенчатый набор высоты до 500 м. Полет по линейному маршруту в 1 проход. Полет в п/а, управление курсом БЛА. Посадка в ручном режиме.

2) Сбор комплекса БЛА, НСУ, установка катапульты. Подготовка аппарата к полету: Работа за НСУ (построение полетного задания, предполетные проверки). Запуск БЛА с эластичной катапульты. Таблица перекрытий. Полет по линейному маршруту в 2 прохода с фотоаппаратом. Заход кругом на поворотные точки ПЗ (Полезное Задание). Посадка маршрутом.

3) Работа с видеооборудованием. Установка видеоприемника и видеоантенны, работа с камерой (видео, тепловизор, сверхчувствительной). Сборка комплекса, установка НСУ. Предполетные проверки. Взлет, полет по линейному маршруту Управление камерой, работа режимами управления камерой(вед. камера; смотреть в точку). Посадка в ручном режиме.

4) Сбор комплекса (укладка парашюта, замена АКБ, замена медных штифтов). Работа с видеооборудованием. Установка видеоприемника и видеоантенны, работа с камерой (видео, тепловизор, сверхчувствительной. Установка НСУ. Создание полетного задания. Предполетные проверки. Взлет, полет по линейному маршруту. Управление камерой, работа с режимами управления камерой (вед. камера; смотреть в точку). Самостоятельная посадка в ручном режиме по маршруту.

5) Сборка комплекса (укладка парашюта, замена АКБ, замена медных штифтов). Работа с видеооборудованием. Установка видеоприемника и видеоантенны, работа с камерой (видео, тепловизор, сверхчувствительной). Установка НСУ. Создание полетного задания. Предполетные проверки. Взлет, полет по линейному маршруту. Управление камерой, Работа с ФГ. Отключение/запуск двигателя в полете (планирование). Управление камерой с помощью геймпада. Посадка в ручном режиме.

6) Сборка аппарата. Подготовка аппарата к полету. Сбор комплекса (сборка БЛА, НСУ, установка катапульты). Построение полетного задания. Установка видеооборудования. Управление камерой, работа с системой слежения «Панда».

3. Отработка действий оператора при возникновении внештатных ситуаций. Разбор и анализ полетов. Получение данных телеметрии полета. Получение фотоснимков с полета и их обработка.

Скачивание телеметрии, связывание событий и фотографий; работа с ПО.

4. Разбор ошибок во время выполнения полетов. Построение цифровой модели и ортофотоплана с помощью программы Agisoft Photoscan Professional (version 1.4.2). Уточнение модели с помощью опознаков. Экспорт данных.

Программа Agisoft PhotoScan - универсальный инструмент для генерации трехмерных моделей поверхностей объектов съемки по фотоизображениям этих объектов. PhotoScan с успехом применяется как для построения моделей предметов и объектов разных масштабов – от миниатюрных археологических артефактов до крупных зданий и сооружений, так и для построения моделей местности по данным аэрофотосъемки и генерации матриц высот и ортофотопланов, построенных на основе этих моделей.

Процесс работы с программой Agisoft Photoscan Professional выглядит следующим образом: загрузка фотоснимков; выбор системы координат и загрузка данных привязки центров фотографирования; формирование точечной модели поверхности Земли; при наличии наземной опорной сети – установка отметок опорных точек на фотоснимках и загрузка координат точек опорной

сети; оптимизация модели (уравнивание параметров привязки); генерация полигональной модели поверхности Земли; экспорт данных – ортофотоплан, матрица высот.

Содержание модуля 3.

Сборка и настройка БЛА вертолетного типа. Учебные полёты.

В модуль включены следующие разделы:

I. Работа с комплексом БЛА. Основы пилотирования. Техническое обслуживание БЛА.

1. Знакомство с оборудованием. Брифинг по курсу.

Знакомство с деталями БЛА. Знакомство с рабочей программой. Приёмы работы ручным инструментом. Техника безопасности при работе с ручным инструментом.

2. Конструирование квадрокоптеров и настройки полетного контроллера.

Сборка корпуса квадрокоптера. Установка и подключение полетного контроллера. Подключение бесколлекторных двигателей. Проверка направления вращения. Подключение аккумулятора. Проверка работоспособности всех систем. Подключение полетного контроллера к компьютеру. Загрузка прошивки в память полетного контроллера. Аэродинамика. Установка пропеллеров. Настройка функций удержания высоты и курса. Подключение пульта управления к приемнику. Подключение одного пульта управления к нескольким квадрокоптерам одновременно. Настройка пульта управления через сенсорную панель.

3. Основы пилотирования.

Построение маршрута для пилотирования БЛА. Основы пилотирования в различных погодных условиях, в ЧС. Видеосъёмка с записью на карту памяти.

Рекомендации, изучение схем и правил из построения в зависимости от погодных и иных условий. Решение поставленных задач по построению схем маршрута с заданными условиями. Подключение регулятора скорости, беспилотных двигателей, аккумулятора. Проверка готовности БЛА. Визуальная проверка качества и правильности сборки. Подключение аккумулятора. Проверка работоспособности всех узлов. Калибровка регуляторов скорости. Подключение полетного контроллера к компьютеру. Выставление оптимальных значений в настройках графического интерфейса программы конфигуратора. Проверка функции видео фиксации. Запись данных на карту памяти. Проверка видеофайла и его анализ.

4. Техническое обслуживание и эксплуатация дистанционно пилотируемых воздушных судов вертолетного типа. Анализ.

Техническое обслуживание БЛА. Анализ полетов, ошибок пилотирования. Изучение возможных поломок, ремонт и эксплуатация БЛА. Теоретический разбор основных и возможных ошибок при пилотировании БЛА, при построении маршрута. Учет погодных и других условий при пилотировании БЛА. Практическое мастерство. Возможные неисправности БЛА и способы их устранения. Теоретический блок занятий, основанный на примерах распространенных неисправностей БЛА и способах их быстрого устранения. Правила и техника безопасности при работе с БЛА.

Нормативно-техническая документация по эксплуатации беспилотных авиационных систем вертолетного типа. Назначение и основные эксплуатационно-технические характеристики, решаемые задачи дистанционно пилотируемых воздушных судов вертолетного типа, станции внешнего пилота, систем обеспечения полетов и их функциональных элементов. Правила технической эксплуатации дистанционно пилотируемых воздушных судов вертолетного типа, станции внешнего пилота, систем обеспечения полетов и их функциональных элементов. Методы обработки данных, полученных при использовании дистанционно пилотируемых воздушных судов вертолетного типа.

Тематика практических занятий:

Изучение нормативно-технической документации по подготовке беспилотных авиационных систем и их элементов к полёту. Организация регла-

ментных работ. Предварительная, предполётная и послеполётная подготовка беспилотных авиационных систем. Классификация неисправностей и отказов беспилотных авиационных систем, методы их обнаружения. Техническая эксплуатация дистанционно пилотируемых воздушных судов вертолётного типа, станции внешнего пилота, систем обеспечения полетов и их функциональных элементов. Обработка данных, полученных при использовании дистанционно пилотируемых воздушных судов вертолётного типа.

II. Пилотирование. Управление БЛА. Аэрофотосъёмка.

1. Обучение управления квадрокоптером в виртуальном симуляторе.

Виртуальный симулятор PicaSim. Интерфейс. Основы работы в программе. Практика. Управление квадрокоптером в виртуальном симуляторе PicaSim.

2. Техника безопасности при управлении БЛА. Инструктаж.

3. Теория ручного визуального пилотирования.

Подготовка квадрокоптера к первому запуску. Пробный запуск без взлёта. Проверка всех узлов управления.

Первый взлёт. Зависание на малой высоте. Привыкание к пульту управления.

Взлет на малую высоту. Зависание. Удержание заданной высоты в ручном режиме.

Полет на малой высоте по траектории.

Техническое обслуживание квадрокоптера. Анализ полетов ошибок пилотирования.

Полет с использованием функций удержания высоты и курса.

Подведение итогов. Проверка знаний по изученной теме. Тест.

4. Полеты на квадрокоптере. Изучение упражнений.

Техника безопасности при лётной эксплуатации квадрокоптеров. Пилотские процедуры. Чеклисты.

Прохождение чеклиста по подготовке. Висение. Полёт в зоне пилотажа. Вперед-назад, влево - вправо. Посадка.

Прохождение чеклиста по подготовке. Полёт по кругу хвостом к себе. Висение боком к себе. Полет взад-вперед и влево-вправо боком к себе.

Прохождение чеклиста по подготовке. Полёт боком к себе влево-вправо по одной линии с разворотом. Полёт лицом к себе. Висение. Вперед-назад, влево-вправо лицом к себе. Полёт по кругу носом вперед. Восьмёрка носом вперёд

5. Программирование.

Основы работы в программной среде TRIK Studio. Интерфейс программной среды TRIK Studio. Взаимодействие с наземной станцией управления (НСУ). Компиляция. Создание первых программ. Взлет. Полет в точку. Мигание светодиодов.

Создание автономных программ. Создание программы «Движение по квадрату». Создание программы «Полет по траектории». Подведение итогов.

Система позиционирования в помещении. Теоретические основы системы позиционирования. Монтаж ультразвуковых датчиков. Радиомодуль. Первый запуск автономной программы. Знакомство с LPS. Полет с граничными условиями.

6. Анализ ошибок и возможных неисправностей.

Разбор ошибок во время выполнения полетов.

7. Аэрофотосъёмка. Выбор оборудования. Изучение принципов аэрофотосъёмки.

Основы аэрофотосъёмки. Предназначение. Выбор оборудования. Сравнительная характеристика.

8. Работа в Agisoft PhotoScan. 3D моделирование.

Основные принципы работы в Agisoft PhotoScan. Интерфейс.

Основные принципы работы с 3D оборудованием. Техника безопасности при работе с 3D оборудованием.

Практическая работа. Аэрофотосъемка. Построение цифровой модели и ортофотоплана с помощью программы Agisoft Photoscan Professional (version 1.4.2). Уточнение модели с помощью опознаков. Экспорт данных.

Программа Agisoft PhotoScan - универсальный инструмент для генерации трехмерных моделей поверхностей объектов съемки по фотоизображениям этих объектов. PhotoScan с успехом применяется как для построения моделей предметов и объектов разных масштабов – от миниатюрных археологических артефактов до крупных зданий и сооружений, так и для построения моделей местности по данным аэрофотосъемки и генерации матриц высот и ортофотопланов, построенных на основе этих моделей.

Процесс работы с программой Agisoft Photoscan Professional выглядит следующим образом: загрузка фотоснимков; выбор системы координат и загрузка данных привязки центров фотографирования; формирование точечной модели поверхности Земли; при наличии наземной опорной сети – установка отметок опорных точек на фотоснимках и загрузка координат точек опорной сети; оптимизация модели (уравнивание параметров привязки); генерация полигональной модели поверхности Земли; экспорт данных – ортофотоплан, матрица высот.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ И/ИЛИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задания по теоретической части

1. БЛА и его назначение.
2. Принципы управления БЛА.
3. Аэродинамические схемы БЛА.
4. Какие материалы применяются для постройки БЛА?
5. Функции составных частей комплекса.
6. Комплектация ЗИПа и назначение его элементов.
7. Какие нагрузки испытывает БЛА в полете?
8. Что такое траектория полета?

9. Физический принцип работы воздушного винта.
10. Устройство, состав и правила эксплуатации АКБ.
11. Профиль крыла и его влияние на аэродинамику летательного аппарата.
12. Геометрические характеристики крыла.
13. Центр тяжести и его влияние на летные характеристики.
14. Пикирование и калибрование.
15. Понятие прочность.
16. Что такое мощность двигателя? В каких единицах она выражается?
17. Принцип работы навигационной системы.
18. Устройство катапульты.
19. Физический смысл работы парашюта.
20. Программное обеспечение НСУ.
21. Федеральные правила использования воздушного пространства.
22. Эксплуатационные ограничения.
23. Нормативно-правовые документы.
24. Техника безопасности при выполнении работ с БЛА.
25. Составные части БЛА.
26. Построение полетного задания.
27. Предполетные проверки.
28. Эксплуатационные ограничения.
29. Основные требования при выполнении полетного задания.
30. Правила эксплуатации комплекса в условиях повышенной влажности.
31. Порядок запуска и действия операторов.
32. Запуск БЛА с эластичной катапульты.
33. Управление камерой, работа режимами управления камерой.
34. Действия оператора при возникновении внештатных ситуаций.
35. Получение данных телеметрии полета.
36. Процесс работы с программой Agisoft Photoscan Professional.
37. Физические основы полёта.
38. Меры безопасности при управлении БЛА, потенциально опасные манёвры.

39. Возможные неисправности БЛА и способы их устранения.
40. Видеокамера. Подвес камеры и режим работы.
41. Пульт управления, назначение различных кнопок, переключателей, джойстиков и индикаторов.
42. Правовые основы использования БЛА.

Задания по практической части

6. Установка БЛА для полёта. Углы наклона при взлёте.
7. Создание полетного задания.
8. Порядок проведения предполетных проверок.
9. Взлёт. Базовые фигуры посадки.
10. Различные режимы полёта. Практическая обработка возможных действий для предотвращения поломки или потери БЛА.
13. Управление БЛА в различных условиях окружающей среды (времени суток, освещённости, местности, при дожде, снеге, ветре).
14. Управление БЛА при полёте на небольшой высоте.
15. Возможные неисправности БЛА и способы их устранения.
16. Команды полезной нагрузки.
17. Разборка и сборка БЛА, замена винтов.
18. Замена АКБ и её зарядка.
19. Съёмка с воздуха. Управление БЛА по видеотелефону.
20. Посадка в ручном режиме.
21. Составление видеороликов на заданную тему.

4. ГЛОССАРИЙ

БПЛА, БЛА (аббр. — Беспилотный летательный аппарат)

Летательный аппарат, управляемый извне – без экипажа внутри. Существуют автоматически и дистанционно управляемые, а также гибридные виды.

БАС

Беспилотная авиационная система - комплекс взаимосвязанных элементов, включающий в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов, средства обеспечения взлета и посадки, средства управления полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов и контроля за полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов.

Беспилотник (разг.)

Летательный аппарат, предполагаемый управление без экипажа на борту. Чаще всего в контексте его также называют дроном, квадрокоптером, БПЛА (аббр.).

Рама квадрокоптера

Одна из важнейших составляющих в конструкции квадрокоптера. Основной задачей детали является поддержание устойчивости техники к краш-ситуациям. Рама состоит из лучей (4 шт.) и крестовины. Обычно в качестве основного материала при её изготовлении используются карбон, пластик.

Тело квадрокоптера

Это собирательное понятие, включающее в себя перечень основных элементов квадрокоптера. В него входит: мотор, рама, плата-контроллер, регулятор оборотов двигателя, пропеллеры, система соединений, а также карданная подвеска и камера.

Квадрокоптер (с англ. quadcopter)

Летательный аппарат, конструкция которого предполагает четыре несущих винта. Иногда его называют дроном, а также коптером.

Трикоптер

Летательный аппарат, который в отличие от квадрокоптера имеет три несущих винта.

FPV полёт (от англ. First Person View — «вид от первого лица»)

Термин, используемый для описания управления летательным аппаратом. При этом в данном случае имеется в виду процесс передачи видео изображения в режиме онлайн. Как правило, для достижения цели используется квадрокоптер.

БВС (беспилотное воздушное судно - unmanned aircraft)

Воздушное судно, управляемое в полете пилотом, находящимся вне борта такого ВС, или выполняющее автономный полет по заданному предварительно маршруту.

НСУ (Наземная станция управления)

Центр управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) и ракетами в пределах атмосферы или в космосе.

Мультикоптер

Летательный аппарат, конструкция которого предполагает наличие трех и более несущих винтов.

Дрон

Одна из разговорных форм понятия «беспилотный летательный аппарат». Также под этим понятием подразумевают любой движущийся механизм подобного типа.

Гексакоптер

Шестимоторный беспилотный летательный аппарат. Управление механизмом производится дистанционно, различают также автоматические и гибридные виды.

ЗИП

Запчасти, инструмент и принадлежности, прилагаемые к изделию авиационной технике для его эксплуатации, обслуживания и ремонта при поставке заказчику в комплекте 1:1 (1 на каждое изделие) или в групповом (1 комплект ЗИП на несколько изделий)

Октокоптер

Беспилотный летательный аппарат, в несущую конструкцию которого входит восемь винтов. Как правило, используется для фото- и видеосъемки с высоты или доставки грузов.

Коптер (с англ. разг. вертолет)

Беспилотное летательное средство, можно сказать синоним квадрокоптер, дрон и другие.

3D квадрокоптер

Это дрон способный выполнять воздушные пируэты (перевороты вокруг своей оси). Многие бюджетные модели способны на воздушную акробатику.

САУ

Система автоматического управления (ЛА и др. образцов техники)

Ready-to-Fly (с англ. — «Готовый к полету»)

Комплектация квадрокоптера, не требующего сборки.

Acro режим

Наиболее сложный режим полёта для освоения. В данном положении дрон не использует системы стабилизации.

Almost-Ready-to-Fly (с англ. -"Почти готовый к полёту")

Квадрокоптер приходит в разобранном виде. Необходимо будет самому собрать и припаять.

BNF (Bind-and-Fly)

Комплектация квадрокоптера без аппаратуры управления и приёмника.

Plug-and-Play (PNP)

Комплектация без аппаратуры управления, зарядного и батареи.

Луч квадрокоптера

Выступающая часть, или «рука», центральной платформы беспилотного летательного аппарата. На основании лучей устанавливаются пропеллеры коптера.

TapFly

При прикосновении к экрану монитора на карте, квадрокоптер немедленно движется к цели.

FPV-камера (от англ. First Person View — «вид от первого лица»)

Видеокамера, используемая для съёмки с дрона и передаваемая изображение на экран монитора.

Коллекторные моторы

Моторы, обладающие щеточно-коллекторным узлом. Главная задача – обеспечение движения коптера. Ими комплектуются более дорогие модели.

Бесколлекторные моторы

Моторы, важнейшей составляющей конструкции которой является статор. КПД такого двигателя может составлять до 92%.

Гироскоп квадрокоптера

Датчик, основной задачей которого является контроль за устойчивостью и положением летательного аппарата в воздухе.

Контроллер квадрокоптера

Механизм, основная цель которого — управление поведением квадрокоптера в полете. От исправности зависит ровное движение летательного аппарата.

Headless mode (с англ. – «безголовый режим»)

Режим управления беспилотным летательным аппаратом, позволяющий даже новичку с первого раза справиться положением дрона в пространстве. Управление дроном облегчается, так как стики на пульте отвечают строго заданному положению, вперед- летим вперед, назад- летим назад.

Follow Me режим (с англ. – «Следуй за мной»)

Режим, позволяющий дрону следовать за управляющим летательным аппаратом.

GPS (англ. аббр. – «Система глобального позиционирования»)

Система, позволяющая определять местоположение аппарата и соответствующую дату в WGS 84.

Импеллеры

Воздушные винты, заключенные в пластиковое кольцо.

Глонасс (аббр. – Глобальная навигационная спутниковая система)

Одна из двух основных систем спутниковой навигации, используемых в России. Используется как военными силами, так и в гражданских целях.

Облет по точкам GPS

Режим управления квадрокоптером, предполагаемый движение летательного аппарата в соответствии с указанными точками системы спутниковой навигации GPS.

Return To Home – (с англ. – «Возврат домой»)

Функциональный режим беспилотного летательного аппарата, основная задача которого – возвращение квадрокоптера в указанную точку.

Флипы

Варианты 3D-пилотирования квадрокоптером, предполагающие движение аппарата в воздухе относительно своей оси по требованию управляющего дрона.

Компас квадрокоптера

Один из элементов квадрокоптера, позволяющий настроить геолокационные функции дрона.

Режим Active Track

Интеллектуальный режим полета квадрокоптера, позволяющий управляющему аппаратом распознавать опасные предметы в полете, а также исключать ситуации столкновения с ними.

ESC (англ. аббр. — Electronic Speed Control, «Электронный регулятор скорости»)

Одна из важнейших функций контроллера, обеспечивающая расчет потенциально опасных для полета скоростей квадрокоптера.

Подвес для камер

Механизм, входящий в конструкцию беспилотного летательного аппарата, основной функцией которого является стабилизация снимающего устройства. Существует два вида подвеса камер: двух и трехосевые.

Демпфер на подвесе

Антивибрационная прокладка обеспечивает более гладкую картинку при съемке. Она гасит дрожание прикрепленной камеры.

OSD модуль (On Screen Display)

Плата, отвечающая за вывод информации поверх картинки на дисплее, которую показывает камера при FPV полёте.

DJI OcuSync

Технология передачи изображений с отличными характеристиками. Дальность передачи до 7 км. В реальном времени изображение на коротких расстояниях транслируется с разрешением 1080p / 30 к/с. На дальних 720p / 60fps.

Автоматический брекетинг экспозиции (АЕВ)

Серия кадров с разными параметрами экспозиции. Экспозиция влияет на яркость предметов в фото. Тем самым можно получить более качественные фотографии.

TOF камера

Камера которая измеряет расстояние на основе скорости света. Погрешность составляет 1 см.

IMU (Инерциальный измерительный блок)

Способствует измерению скорости, ориентации и ускорению БПЛА.

D-RTK GNSS

Супер точная система 3D позиционирования. Погрешность измеряется в сантиметрах. Применяется в основном на дорогах беспилотниках.

5. СПИСОК УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ ПО КУРСУ

Литература:

1. 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. – ISBN 978-5-4386-0697-0.
2. Беспилотные авиационные системы. (БАС).
URL:http://www.aviadocs.net/icaodocs/Cir/328_ru.pdf
3. Кошкин Р.П. Беспилотные авиационные системы. – М.: Изд-во «Стратегические приоритеты», 2016. 676 с. URL:
<https://freedocs.xyz/pdf-462626549>
4. Карташкин, А.С. Авиационные радиосистемы. Учебное пособие[Текст] / А.С. Карташкин. – М.: РадиоСофт. 2015, – 303 с. – ISBN978-5-93037-225-0
5. Скрыпник, О.Н. Радионавигационные системы воздушных судов. Учебник[Текст] / О.Н.Скрыпник. – М.: Инфра-М, 2014. – 343 с. – ISBN978-5-16-006610-3
6. История развития беспилотных летательных аппаратов // Научно-популярные новости. URL:
<http://www.sciencedebate2008.com/development-of-unmanned-aerial-vehicles/>
7. Основные характеристики Supercam-s100. Беспилотные системы. URL: <http://unmanned.ru/uav/supercam-100.htm>

8. Основные характеристики Геоскан // Беспилотные технологии для профессионалов. URL: <https://www.geoscan.aero/ru/products/geoscan201/base/>
9. Управление БПЛА // Текнол. URL: <http://www.teknol.ru/analitycs/BLA2>
10. Зинченко О.Н. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования. М.: Ракурс, 2011. 12 с. URL: <http://www.racurs.ru/?page=681>
11. Государственная программа обеспечения безопасности полетов воздушных судов гражданской авиации, 2008. URL: <http://www.ato.ru/content/gosudarstvennaya-programma-obespecheniya-bezopasnosti-poletov-vozdushnyh-sudov-grazhdanskoj>
12. Кокодеева Н.Е. О проблемах обеспечения экологической безопасности в дорожном хозяйстве. // Искусство строить мосты. URL: <http://www.bridgeart.ru/article/ekologiya/1134-o-problemakh-obespecheniya-ekologicheskoy-bezopasnosti-v-dorozhnom-khozyajstve.html>
13. Авиация: Энциклопедия. — М.: Большая Российская Энциклопедия. Главный редактор Г.П. Свищев. 1994.
14. Энциклопедия «Техника». — М.: Росмэн. 2006.
15. Ю.Б.Рубцов, Б.Н.Слюсарь, "Введение в авиационную технику и технологию", Конспект лекций, 2004
16. Конспект лекций «Основы Электроники» Бердник В.И.
17. В. С. Фетисов, Л. М. Неугодникова, В.В. Адамовский, Р. А. Красноперов. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние. / Под редакцией В. С. Фетисова, Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 с. - (Научное издание) - ISBN 978-5-9903144-3-6
18. Гребенников А.Г., Мялица А.К., Парфенюк В.В. и др. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов / ОИЦ «Академия», 2015 (6-ое изд.)
19. Завалов О.А. Современные винтокрылые беспилотные летательные аппараты: учебное пособие / ОИЦ «Академия», 2015 (6-ое изд.)

20. Электронные издания (электронные ресурсы)
21. Куликов А. Беспилотные летательные аппараты: невыполнимых задач нет [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://army.lv/...](http://army.lv/)
22. Зачем нужны ударные БПЛА или азы современного воздушного боя [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://alternathistory.org.ua/...](http://alternathistory.org.ua/) 78
23. А.Е.Семенов: ТороAxis – Склейка карт в автоматическом режиме — ProSystems CCTV, 2008, стр. 14-18
24. Tietz Dale, Scientific UAS Applications, PROCEEDINGS of the Third Moscow International Forum «Unmanned multipurpose vehicle systems», 27-29 January 2009
25. Marco Lukovic, The Future of Military UAS in Europe A Market Perspective. Proceedings Unmanned Air Systems'09/
26. Peter van Blyenburgh, Unmanned Aircrafts Systems : The Global Perspective, PROCEEDINGS of the Third Moscow International 1. В.В.Воронов: БЛА НА ВЫСТАВКЕ LAAD 2009, http://www.uav.ru/articles/LAAD-2009_report.pdf

27. РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ КУРСА В РАЗБИВКЕ ПО ТЕМАМ КУРСА

Вопросы к тестированию по модулю «Теория беспилотных авиационных систем»

1. БЛА и его назначение.
2. Принципы управления БЛА.
3. Аэродинамические схемы БЛА.
4. Какие материалы применяются для постройки БЛА?
5. Функции составных частей комплекса.
6. Комплектация ЗИПа и назначение его элементов.

7. Какие нагрузки испытывает БЛА в полете?
8. Что такое траектория полета?
9. Физический принцип работы воздушного винта.
10. Устройство, состав и правила эксплуатации АКБ.
11. Профиль крыла и его влияние на аэродинамику летательного аппарата?
12. Геометрические характеристики крыла.
13. Центр тяжести и его влияние на летные характеристики?
14. Пикирование и калибрование?
15. Понятие прочность?
16. Работа ДВС.
17. Что такое мощность двигателя? В каких единицах она выражается?
18. Принцип работы навигационной системы.
19. Устройство катапульта.
20. Физический смысл работы парашюта.
21. Программное обеспечение НСУ.
22. Федеральные правила использования воздушного пространства.
23. Эксплуатационные ограничения.
24. Нормативно-правовые документы.

Вопросы к тестированию по модулям «Сборка и настройка БЛА самолетного и вертолетного типа. Учебные полёты»

1. Техника безопасности при выполнении работ с БЛА.
2. Составные части БЛА.
3. Построение полетного задания.
4. Предполетные проверки.
5. Эксплуатационные ограничения.
6. Основные требования при выполнении полетного задания.
7. Правила эксплуатации комплекса в условиях повышенной влажности.
8. Порядок запуска и действия операторов.
9. Запуск БЛА с эластичной катапульты.
10. Управление камерой, работа режимами управления камерой.

11. Действия оператора при возникновении внештатных ситуаций.
12. Получение данных телеметрии полета.
13. Процесс работы с программой Agisoft Photoscan Professional.
14. Установка БЛА для полёта. Углы наклона при взлёте.
15. Создание полетного задания.
16. Порядок проведения предполетных проверок.
17. Взлёт. Базовые фигуры посадки.
18. Различные режимы полёта. Практическая обработка возможных действий для предотвращения поломки или потери БЛА.
19. Управление БЛА в различных условиях окружающей среды (времени суток, освещённости, местности, при дожде, снеге, ветре).
20. Управление БЛА при полёте на небольшой высоте.
21. Возможные неисправности БЛА и способы их устранения.
22. Команды полезной нагрузки.
23. Разборка и сборка БЛА, замена винтов.
24. Замена АКБ и её зарядка.
25. Съёмка с воздуха. Управление БЛА по видеотелефону.
26. Посадка в ручном режиме.
27. Составление видеороликов на заданную тему.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить основные характеристики винтов летательных аппаратов.

Список рекомендуемой литературы и ссылок:

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%88%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%82
2. <http://avia.pro/blog/lopasti-nesushchego-vinta-vertoleta>
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D1%81%D1%83%D1%89%D0%B8%D0%B9_%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%82

2. Изучить принцип действия крыла самолета.

Список рекомендуемой литературы и ссылок:

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D1%8B%D0%BB%D0%BE_%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D1%91%D1%82%D0%B0
2. Житомирский Г. И. Глава 2. Крыло // Конструкция самолетов: Учебник для студентов авиационных специальностей вузов. — М.: Машиностроение, 1991

3. Детально изучить типы и материалы мультироторных БПЛА.

Рекомендованная литература:

1. <http://multicopterwiki.ru/index.php/%D0%9C%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B5%D1%80>
2. http://multicopterwiki.ru/index.php/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD_%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B

КОНТРОЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕСТЫ

Тест №1

1. Какие преимущества БЛА над пилотируемыми летательными аппаратами вам известны?

А) Обслуживание БЛА намного дешевле обслуживания пилотируемого летательного аппарата.

Б) Беспилотному летательному аппарату не требуется большая посадочная площадка, достаточно от 100 до 600 метров.

В) Беспилотный летательный аппарат имеет большие габариты, чем пилотируемый летательный аппарат.

Д) Затраты на обучение и подготовку пилотов БЛА намного меньше, чем аналогичные затраты на пилотируемые ЛА.

2. Кто предложил в 1910 году создать летательный аппарат управляемый не человеком, а часовым механизмом?

А) Братья Уилбур и Орвил Райт.

Б) Чарльз Кеттеринг.

В) Никола Тесла.

Д) Чачикян Рубен.

3. Для чего применялись радиоуправляемые беспилотники в 1941 году?

А) Для мониторинга нефтегазовых объектов.

Б) Для патрулирования зон.

В) В качестве беспилотников для уничтожения мостов и других стратегических объектов.

Д) Для инспектирования строительных работ.

4. Какого типа БПЛА не существует?

А) Аэродинамический.

Б) Аэростатический.

- В) Реактивный.
- Д) Флювиогенный.

5. Какие летательные аппараты относят к вертолетному типу?

- А) Винтокрыл
- Б) Автожир
- В) Конвертоплан
- Д) Дирижабль

6. Что из нижеперечисленного не является преимуществом БПЛА?

- А) Высокая мобильность.
- Б) Отсутствие жестких требований к стартовой площадке.
- В) Сигналы GPS навигаторов, как и любые сигналы, принимаемые/отсылаемые БПЛА, можно перехватывать и подменять.
- Д) Минимальная аудиовизуальная заметность, возможность ведения скрытого наблюдения.

7. Какое число винтов не может быть на мультикоптере?

- А) 6
- Б) 7
- В) 4
- Д) 5

8. Что из нижеперечисленного относится к модификациям мультикоптера?

- А) Телеметрия.
- Б) Полётный контроллер.
- В) Пульт управления.
- Д) Винтомоторная группа.

9. Что позволяет система OSD?

- А) Сбрасывание предметов различного назначения.
- Б) Позволяет катапультироваться с борта.

- В) Позволяет увидеть расположение стартовой площадки коптера.
- Д) Помогает поднимать небольшие грузы и доставлять их в пункт назначения.

10. Какие факторы относятся к перспективам развития БПЛА?

- А) Тенденция к росту процента боевых вылетов БПЛА в будущем сохранится.
- Б) БЛА будут использоваться для подъема специального оборудования в экстремальных ситуациях.
- В) Мультироторы будут чаще использоваться в съемках СМИ.
- Д) БЛА будут использовать в качестве стендовых макетов.

11. Какие компоненты, входящие в состав литиевых аккумуляторов, утилизируются?

- А) Электролит, содержащий соли лития.
- Б) Никель и кадмий.
- В) Корпус из полистирола.
- Д) Алюминий и медь.

12. Для чего применяется лом алюминия?

- А) Производство глубокой штамповки.
- Б) Выпуск продукции для электротехнических целей как проводника.
- В) Для деталей камер сгорания.
- Д) Производство пищевой тары.

Список правильных ответов

1. А)Б)Д)
2. Б)
3. В)
4. Д)
5. А)Б)В)
6. В)
7. Б)Д)
8. А)

- 9. В)
- 10. А)Б)В)
- 11. А)В)Д)
- 12. А)Б)Д)

Тест №2

1. **Исходя из чего, стоит планировать проектирование мультироторного беспилотника?**

- а) Исходя из планируемой загрузки
- б) Скорости
- в) Стабильности
- г) Из всего перечисленного

2. **Какое главное преимущество мультиротора по сравнению с другими видами беспилотников (самолёты, крылья и тд)?**

- а) Скорость
- б) Стабильность
- в) Продолжительность полёта
- г) Дешевизна

3. **Какого типа мультироторов не существует:**

- а) Соосный октокоптер конфигурации «Х»
- б) Квадрокоптер конфигурации «+»
- в) Соосный трикоптер конфигурации «Y»
- г) Гексакоптер конфигурации «Y»

4. **Какой материал рамы будет наименее надёжным?**

- а) Металл
- б) ABS-пластик
- в) Карбон
- г) Пластмасса

5. Какой материал для рамы лучше всех подвергается обработке:

- а) Карбон
- б) Пластмасса
- в) ABS-пластик
- г) Металл

6. Какие типы двигатели наиболее предпочтительные для грузовых беспилотников:

- а) Двигатели внутреннего сгорания
- б) Электродвигатели
- в) Оба. Зависит от требуемой стабилизации
- г) Ни один не подходит

7. Какой вид электродвигателя выдаёт наибольшее число оборотов?

- а) Коллекторный
- б) Безколлекторный
- в) Оба. Зависит от их мощности
- г) Оба. Зависит от их КПД

8. Для чего в основном используется микроэлектронные компоненты в мультироторе.

- а) Для повышенной стабилизации
- б) Для усиления мощности двигателей
- в) Для дополнительных возможностей
- г) Для последующей модификации.

9. В каком случае, нельзя использовать систему видео-передачи для беспилотника?

- а) Частота видео передачи будет ниже частоты управляющего сигнала
- б) Частота видео передачи будет равно частоте управляющего сигнала
- в) Частота видео передачи будет выше частоты управляющего сигнала
- г) Ни в одном из случаев

10. **Сколько каналов требуется для базового управления мультитратора?**

- а) 2
- б) 4
- в) 6
- г) 8

11. **Что наиболее важно учитывать при выборе регулятора скорости двигателей?**

- а) Их подключение
- б) Двигатели с которыми они будут работать
- в) Их рабочий ток
- г) Их напряжение.

12. **От чего зависит напряжение аккумулятора?**

- а) От его ёмкости
- б) От его максимального разрядного тока
- в) От размера аккумулятора
- г) От количества ячеек (банок)

13. **Как правильно подключаются двигатели к источнику питания?**

- а) Последовательно
- б) Параллельно
- в) По кругу
- г) Комбинированно

14. **Когда следует выполнять проектирование (чертёж) рамы мультитратора?**

- а) До подбора компонентов
- б) После подбора компонентов
- в) Во время подбора компонентов
- г) Когда угодно

15. Зачем следует проводить объёмный чертёж рамы?

- а) Просто так
- б) Для красоты
- в) Для точной резки ЧПУ станка
- г) Для дополнительного контроля чертежа

Список правильных ответов

1-г

2-б

3-в

4-г

5-г

6-в

7-б

8-а

9-б

10-б

11-в

12-г

13-б

14-г

15-г