

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ГУАП

« 21 » 03 2024 г.

(протокол № 103)

Ректор ГУАП

  
Ю.А. Антохина

« 21 » 03 2024 г.



ПРОГРАММА  
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

«Эксплуатация беспилотных авиационных систем.

Продвинутый уровень»

(наименование программы)

## Лист согласования

Программу составили:

Ассистент, зав. лаб. БАС ИШ ГУАП  
должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

А.С. Костин  
инициалы, фамилия

Руководитель ДПП

Профессор, д-р. техн. наук  
должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

Н.Н. Майоров  
инициалы, фамилия

Декан ФДПО

Д-р экон. наук, профессор каф.82  
должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

А.М. Мельниченко  
инициалы, фамилия

## 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

### 1.1 Цель реализации программы

Целью реализации программы является формирование у слушателей профессиональных теоретических и практических знаний по компетенций эксплуатации беспилотных авиационных систем, а именно круг вопросов, связанных с управлением и эксплуатацией, техническим обслуживанием, настройкой беспилотной авиационной системы, применения технических средств и оборудования, используемых для управления полетом беспилотного летательного аппарата мультироторного типа, исследование беспилотной авиационной системы на основе приемов и методов системного анализа.

В рамках данной компетенции выпускник освоит ряд цифровых компетенций, при помощи которых выполняется разработка решений в области программирования и реализации автономного полета беспилотных авиационных систем на базе языка программирования Python и применения ROS (RobotOperatingSystem). Для решения сложных задач в рамках идентификации объектов при помощи машинного зрения и автономной посадки на сложные объекты применяются сквозные технологии, связанные с элементами искусственного интеллекта и OpenCV (библиотека компьютерного зрения с открытым исходным кодом).

Программа разработана с учетом потребностей специалистов, обеспечивающих безопасность полетов беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее.

Программа повышения квалификации разработана с учетом профессионального стандарта 17.071 «Специалист по эксплуатации беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 кг и менее» (утв. Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 14.09.2022 № 526н), на основании требований приказа Министерства образования и науки РФ от 01.07.2013 № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам» к результатам освоения образовательных программ и методических рекомендаций по разработке дополнительных профессиональных программ на основе профессиональных стандартов от 22 апреля 2015 г. № ВК-1032/06.

### 1.2 Планируемые результаты обучения

Изучение данной программы направлено на формирование и (или) совершенствование у слушателей следующих компетенций:

#### профессиональные компетенции:

*Вид деятельности – аналитическая:*

ПК-1 –Эксплуатация беспилотных авиационных систем

**знать** – тенденции развития отрасли беспилотных авиационных систем применительно к транспорту, включающие новые материалы, методы, модели и технологии;конструкцию беспилотной авиационной системы, как сложной технической системы, и принципы функционирования; модели и методы построения полетных заданий внутри помещений; технологию навигации беспилотной авиационной системы внутри помещений.

**уметь** – управлять беспилотным летательным аппаратом;устанавливать, настраивать и вносить корректировки в механические, электрические и сенсорные системы БАС; выполнять предполетные настройки и калибровки.

**владеть** – навыками выполнения задач в автономном режиме в том числе применительно к решению транспортных и системных задач; навыками работы с информационным обеспечением, применительно к программированию беспилотных авиационных систем; владеет навыками применения основных элементов искусственного интеллекта в рамках поиска объектов при помощи машинного зрения и OpenCV.

Лицам, успешно освоившим программу повышения квалификации и прошедшим итоговую аттестацию, выдается удостоверение о повышении квалификации.

### **1.3 Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимому для освоения программы**

К освоению ДПП ПК допускаются:

- лица, имеющие среднее профессиональное и (или) высшее образование;
- лица, получающие среднее профессиональное и (или) высшее образование.

### **1.4 Объем ДПП и форма обучения**

Объем ДПП, который включает все виды аудиторной и самостоятельной работы слушателя, практики и время, отводимое на контроль качества освоения слушателем программы, составляет 72 академических часа.

Форма обучения: очно-заочная с применением дистанционных образовательных технологий.

## **2 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ**

### **2.1 Требования к организации образовательного процесса**

Учебные занятия проводятся не более чем по 8 академических часов в день.

Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

Учебные занятия проводятся парами (два академических часа), продолжительность одной пары 90 минут.

Между парами предусмотрены перерывы не менее 10 минут.

### **2.2 Кадровое обеспечение**

Образовательный процесс по ДПП ПК обеспечивается научно-педагогическими кадрами, имеющими высшее образование, направленность (профиль) которого, как правило, соответствует преподаваемому курсу, дисциплине (модулю), опыт работы в соответствующей профессиональной сфере и (или) систематически занимающимися научной деятельностью.

При отсутствии педагогического образования научно-педагогические кадры, обеспечивающие образовательный процесс по ДПП ПК, имеют дополнительное профессиональное образование в области профессионального образования и (или) обучения.

Также научно-педагогические кадры проходят в установленном законодательством Российской Федерации порядке обучение и проверку знаний и навыков в области охраны труда.

К образовательному процессу по ДПП ПК также привлечены преподаватели из числа действующих руководителей и ведущих работников профильных организаций, предприятий и учреждений.

### 2.3 Материально-технические условия

Материально-технические условия приведены в п.п. 3.3. «Рабочие программы учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей)».

### 2.4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение приведено в п.п. 3.3. «Рабочие программы учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей)».

## 3 СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### 3.1 Календарный учебный график

Календарный учебный график приведен в таблице 1.

Срок обучения 6 недель при 12-часовой учебной нагрузке в неделю.

Объем ДПП ПК 72 (час.)

Таблица 1 – Календарный учебный график

№ п/п	Наименование дисциплин (модулей)	Всего, час.	Календарный период (недели)						
			1	2	3	4	5	6	
1	Введение. Презентация проектов на базе беспилотных авиационных систем. Презентация проектов на базе Clover, на базе дронов. Сообщество БПЛА в России.	3	Л						
2	Базовая теория: Типы беспилотных авиационных систем и сферы применения. Аппаратная часть мультикоптеров. Типы мультикоптеров. Физика полета мультикоптера.	3	Л						
3	Этапы разработки мультикоптера (шаг за шагом), подбор комплектующих. Начало сборки COEX Clover. Датчики и фильтрация. Визуальная одометрия и OpticalFlow, motionCapture и другие системы позиционирования.	3	Л						
4	Взаимодействие компонентов. Физические и логические протоколы	3	Л						

	взаимодействия компонентов. Демонстрация взаимодействия полетного контроллера и RaspberryPi на квадрокоптере COEX Clover.							
5	Настройка и первый полет Клевера в ручном режиме. Дистанционное управление квадрокоптером. Режимы полета. Основные алгоритмы полетного контроллера (ПИД, фильтрация). Настройка ПИД-регулятора, анализ коэффициентов на реальном дроне.	3		Л/ПР				
6	Основы пилотирования, физика полета квадрокоптера, основные режимы полета квадрокоптера, стабилизация квадрокоптера в пространстве при пилотировании от третьего лица. Подключение аппаратуры радиоуправления к тренажерной системе. Основы пилотирования в тренажерной системе.	4		Л/ПР				
7	Основы пилотирования квадрокоптера в тренажерной системе, получение навыков пилотирования от первого лица в режиме Acro с отработкой элементов типа “змейка и поверлуп” на открытой трассе. Основные элементы квадрокоптера, описание элементов, изучение и разборка квадрокоптера пайка основных элементов квадрокоптера.	6		Л/ПР	ПР			
8	Основы пилотирования реального квадрокоптера	6			Л/ПР			

	<p>в летном поле, получение навыков пилотирования от первого лица в режиме Acro. Отработка навыков пилотирования в тренажерной среде. Изучение программного обеспечения betaflight, подключение видеопередатчика и приемника радиуправления, установка прошивки и применение базовых настроек.</p>							
9	<p>Пилотирования реального квадрокоптера в летном поле, получение навыков пилотирования от первого лица в режиме Acro с выполнением сложнотраекторного движения. Отработка навыков пилотирования в тренажерной среде. Знакомство с средой разработки Fusion360. Моделирование простейших фигур и элементов.</p>	6			Л/ПР	ПР		
10	<p>Пилотирование квадрокоптера на сложной закрытой трассе в тренажерной среде. Прохождение трассы на время. Изучение программного обеспечения betaflight, установка дополнительного оборудования (dc-dc преобразователь напряжения, сервопривод). Настройка управления сервоприводом с пульта управления и переключение каналов видеопередатчика с пульта. Знакомство с меню betaflight в FPV очках.</p>	6				Л/ПР		

11	Что такое ROS. Основные понятия и использование ROS в робототехнике. Системы координат. TF. Графические инструменты ROS. rviz. rqt. launchfiles. Платформа ROS.	4				Л		
12	Среда моделирования Gazebo. Знакомство с Python. Программирование простейшего полета квадрокоптера	4				Л	Л/ПР	
13	Подготовка автономного полета на Клевере. Настройка всех систем. Простейшие автономные полеты на квадрокоптере	4					Л/ПР	
14	Основные понятия компьютерного зрения. Работа с изображениями. Машинное зрение на Клевере. Демонстрация OpticalFlow и различных видов навигации. Работас лазерным дальномером.	4					Л	
15	Основные понятия компьютерного зрения (часть 2) OpenCV. Основные алгоритмы. Калибровка камеры. Распознавание объекта с дрона.	6					Л	Л/ПР
16	Выполнение задач распознавания объектов на реальном дроне.	4						Л/ПР
17	Итоговая аттестация	3						ИА*
ИТОГО, час.		72						

*Примечания:*

*\* Обозначение видов учебной деятельности:*

*Л–лекции;*

*ПР – практические занятия;*

*ЛР – лабораторные занятия;*

*ИА – итоговая аттестация.*

### **3.2 Учебный план**

Учебный план ДПП ПК, реализуемой в полном объеме с использованием аудиторных занятий (или дистанционных образовательных технологий) приведен в таблице 2.



Таблица 2 – Учебный план ДПП ПК, реализуемой в полном объеме с использованием аудиторных занятий (дистанционных образовательных технологий)

№ п/п	Наименование дисциплин (модулей)	ОТ*, час.	Аудиторные/ дистанционные занятия, час.			СРС**, час.	Форма промежуточной аттестации (при наличии)	Компетенции	
			Всего	из них***					
				Лекции	Лаб. раб.				Практ. занят., семинары
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Введение. Презентация проектов на базе беспилотных авиационных систем. Презентация проектов на базе Clover, на базе дронов. Сообщество БПЛА в России.	3	3	3					ПК-1
2	Базовая теория: Типы беспилотных авиационных систем и сферы применения. Аппаратная часть мультикоптеров. Типы мультикоптеров. Физика полета мультикоптера.	3	3	3					ПК-1
3	Этапы разработки мультикоптера (шаг за шагом), подбор комплектующих. Начало сборки COEX Clover. Датчики и фильтрация. Визуальная одометрия и OpticalFlow, motionCapture и другие системы позиционирования.	3	3	3					ПК-1
4	Взаимодействие компонентов. Физические и логические протоколы взаимодействия компонентов. Демонстрация взаимодействия полетного контроллера и RaspberryPi на квадрокоптере COEX Clover.	3	3	3					ПК-1

5	Настройка и первый полет Клевера в ручном режиме Дистанционное управление квадрокоптером. Режимы полета. Основные алгоритмы полетного контроллера (ПИД, фильтрация). Настройка ПИД-регулятора, анализ коэффициентов на реальном дроне.	3	3	2		1			ПК-1
6	Основы пилотирования, физика полета квадрокоптера, основные режимы полета квадрокоптера, стабилизация квадрокоптера в пространстве при пилотировании от третьего лица. Подключение аппаратуры радиуправления к тренажерной системе. Основы пилотирования в тренажерной системе.	4	4	2		2			ПК-1
7	Основы пилотирования квадрокоптера в тренажерной системе, получение навыков пилотирования от первого лица в режиме Асго с отработкой элементов типа “змейка и поверлуп” на открытой трассе. Основные элементы квадрокоптера, описание элементов, изучение и разборка квадрокоптера пайка основных элементов квадрокоптера.	6	6	2		4			ПК-1

8	<p>Основы пилотирования реального квадрокоптера в летном поле, получение навыков пилотирования от первого лица в режиме Acro. Отработка навыков пилотирования в тренажерной среде. Изучение программного обеспечения betaflight, подключение видеопередатчика и приемника радиуправления, установка прошивки и применение базовых настроек.</p>	6	6	2		4			ПК-1
9	<p>Пилотирования реального квадрокоптера в летном поле, получение навыков пилотирования от первого лица в режиме Acro с выполнением сложнотраекторного движения. Отработка навыков пилотирования в тренажерной среде. Знакомство с средой разработки Fusion360. Моделирование простейших фигур и элементов.</p>	6	6	2		4			ПК-1
10	<p>Пилотирования квадрокоптера на сложной закрытой трассе в тренажерной среде. Прохождение трассы на время. Изучение программного обеспечения betaflight, установка дополнительного оборудования (dc-dc преобразователь напряжения, сервопривод). Настройка управления сервоприводом с пульта управления и переключение каналов видеопередатчика с пульта. Знакомство с меню betaflight в FPV очках.</p>	6	6	2		4			ПК-1

11	Что такое ROS. Основные понятия и использование ROS в робототехнике. Системы координат. TF. Графические инструменты ROS. rviz. rqt. launchfiles. Платформа ROS.	4	4	4					ПК-1
12	Среда моделирования Gazebo. Знакомство с Python. Программирование простейшего полета квадрокоптера	4	4	2		2			ПК-1
13	Подготовка автономного полета на Клевере. Настройка всех систем. Простейшие автономные полеты на квадрокоптере	4	4	2		2			ПК-1
14	Основные понятия компьютерного зрения. Работа с изображениями. Машинное зрение на Клевере. Демонстрация OpticalFlow и различных видов навигации. Работа с лазерным дальномером.	4	4	4					ПК-1
15	Основные понятия компьютерного зрения (часть 2) OpenCV. Основные алгоритмы. Калибровка камеры. Распознавание объекта с дрона.	6	6	2		4			ПК-1
16	Выполнение задач распознавания объектов на реальном дроне.	4	4	1	3				ПК-1
Итоговая аттестация		3						3 (экзамен)	ПК-1
ИТОГО:		72	69	39	3	27	0	3	

*Примечания:*

\* *ОТ – общая трудоемкость.*

### **3.3 Рабочие программы учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик/стажировок**

Формы рабочей программы учебного предмета, курса, дисциплины (модуля), практики/стажировки по ДПП ПК приведены ниже.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОГО КУРСА

«Эксплуатация беспилотных авиационных систем. Продвинутый уровень»  
(Название)

По ДПП ПК «Эксплуатация беспилотных авиационных систем. Продвинутый уровень»  
(Наименование ДПП)

Форма обучения: очно-заочная с применением дистанционных образовательных технологий

### 1. Цель

Целью изучения учебного курса является формирование у слушателей профессиональных теоретических и практических знаний по компетенций эксплуатации беспилотных авиационных систем, а именно круг вопросов, связанных с управлением и эксплуатацией, техническим обслуживанием, настройкой беспилотной авиационной системы, применения технических средств и оборудования, используемых для управления полетом беспилотного летательного аппарата мультироторного типа, исследование беспилотной авиационной системы на основе приемов и методов системного анализа.

### 2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ДПП

В результате освоения учебного курса обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

ПК-1 –Эксплуатация беспилотных авиационных систем.

**знать** – тенденции развития отрасли беспилотных авиационных систем применительно к транспорту, включающие новые материалы, методы, модели и технологии;конструкцию беспилотной авиационной системы, как сложной технической системы, и принципы функционирования; модели и методы построения полетных заданий внутри помещений; технологию навигации беспилотной авиационной системы внутри помещений.

**уметь** – управлять беспилотным летательным аппаратом;устанавливать, настраивать и вносить корректировки в механические, электрические и сенсорные системы БАС; выполнять предполетные настройки и калибровки.

**владеть** – навыками выполнения задач в автономном режиме в том числе применительно к решению транспортных и системных задач;навыками работы с информационным обеспечением, применительно к программированию беспилотных авиационных систем; владеет навыками применения основных элементов искусственного интеллекта в рамках поиска объектов при помощи машинного зрения и OpenCV.

### 3. Объем

Данные об общем объеме курса, трудоемкости отдельных видов учебной работы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Объем и трудоемкость курса

Вид учебной работы	Всего
--------------------	-------

1	2
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля), (час)</b>	72
<i>Аудиторные занятия</i> , всего час., <i>В том числе*</i>	69
Лекции (Л), (час)	39
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	27
Лабораторные работы (ЛР), (час)	3
<i>Самостоятельная работа</i> , всего (час)	0
<b>Вид промежуточной аттестации (при наличии)</b>	Не предусмотрено

#### 4. Содержание

##### 4.1. Распределение трудоемкости по разделам, темам и видам занятий

Разделы, темы и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Разделы, темы дисциплины (учебного предмета, курса, дисциплины (модуля)) и их трудоемкость

Разделы, темы курса	Виды учебных занятий		
	Лекции	Практика	Лабораторная работа
Раздел 1. Введение. Презентация проектов на базе беспилотных авиационных систем. Презентация проектов на базе Clover, на базе дронов. Сообщество БПЛА в России.	3		
Раздел 2. Базовая теория: Типы беспилотных авиационных систем и сферы применения. Аппаратная часть мультикоптеров. Типы мультикоптеров. Физика полета мультикоптера.	3		
Раздел 3. Этапы разработки мультикоптера (шаг за шагом), подбор комплектующих. Начало сборки COEX Clover. Датчики и фильтрация. Визуальная одометрия и OpticalFlow, motionCapture и другие системы позиционирования.	3		
Раздел 4. Взаимодействие компонентов. Физические и логические протоколы взаимодействия компонентов. Демонстрация взаимодействия полетного контроллера и RaspberryPi на квадрокоптере COEX Clover.	3		
Раздел 5. Настройка и первый полет Клевера в ручном режиме. Дистанционное управление квадрокоптером. Режимы полета. Основные алгоритмы полетного	2	1	

контроллера (ПИД, фильтрация). Настройка ПИД-регулятора, анализ коэффициентов на реальном дроне.			
Раздел 6. Основы пилотирования, физика полета квадрокоптера, основные режимы полета квадрокоптера, стабилизация квадрокоптера в пространстве при пилотировании от третьего лица. Подключение аппаратуры радиуправления к тренажерной системе. Основы пилотирования в тренажерной системе.	2	2	
Раздел 7. Основы пилотирования квадрокоптера в тренажерной системе, получение навыков пилотирования от первого лица в режиме Асго с отработкой элементов типа “змейка и поверлуп” на открытой трассе. Основные элементы квадрокоптера, описание элементов, изучение и разборка квадрокоптера пайка основных элементов квадрокоптера.	2	4	
Раздел 8. Основы пилотирования реального квадрокоптера в летном поле, получение навыков пилотирования от первого лица в режиме Асго. Отработка навыков пилотирования в тренажерной среде. Изучение программного обеспечения betaflight, подключение видеопередатчика и приемника радиуправления, установка прошивки и применение базовых настроек.	2	4	
Раздел 9. Пилотирования реального квадрокоптера в летном поле, получение навыков пилотирования от первого лица в режиме Асго с выполнением сложнотраекторного движения. Отработка навыков пилотирования в тренажерной среде. Знакомство с средой разработки Fusion360. Моделирование простейших фигур и элементов.	2	4	
Раздел 10. Пилотирование квадрокоптера на сложной закрытой трассе в тренажерной среде. Прохождение трассы на время. Изучение программного обеспечения betaflight, установка дополнительного оборудования (dc-dc преобразователь напряжения, сервопривод). Настройка управления сервоприводом с пульта	2	4	

управления и переключение каналов видеопередатчика с пульта. Знакомство с меню betaflight в FPV очках.			
Раздел 11. Что такое ROS. Основные понятия и использование ROS в робототехнике. Системы координат. TF. Графические инструменты ROS. rviz. rqt. launchfiles. Платформа ROS.	4		
Раздел 12. Среда моделирования Gazebo. Знакомство с Python. Программирование простейшего полета квадрокоптера	2	2	
Раздел 13. Подготовка автономного полета на Клевере. Настройка всех систем. Простейшие автономные полеты на квадрокоптере	2	2	
Раздел 14. Основные понятия компьютерного зрения. Работа с изображениями. Машинное зрение на Клевере. Демонстрация OpticalFlow и различных видов навигации. Работас лазерным дальномером.	4		
Раздел 15. Основные понятия компьютерного зрения (часть 2) OpenCV. Основные алгоритмы. Калибровка камеры. Распознавание объекта с дрона.	2	4	
Раздел 16. Выполнение задач распознавания объектов на реальном дроне.	1		3
Итого	39	27	3

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Материально-технические условия

Состав материально-технической базы представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы*	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	31-03(Гастелло 15)
2	Специализированная лаборатория «Беспилотных авиационных систем»	31-05(Гастелло 15)

### 5.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение

Перечень основной и дополнительной литературы приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень основной и дополнительной литературы

Шифр / URL	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке
------------	--------------------------	-------------------------------------



адрес		(кроме электронных экземпляров)
Основная литература:		
629.735 Е 50	Основы автономного управления беспилотными авиационными системами для решения транспортных задач: учеб.-метод. пособие / Д.В. Еленин, А.С. Костин, Н.Н. Майоров. – СПб.: ГУАП, 2020. – 71 с.	50 (лаборатория БАС ГУАП)
629.7 К 26	Эксплуатация беспилотных авиационных систем: учебное пособие / Ю.А. Антохина, Т.Ю. Карпова, А.С. Костин, Н.Н. Майоров. – СПб.: ГУАП, 2021. – 178 с.	50 (лаборатория БАС ГУАП)
<a href="https://clover.coeex.tech/ru/">https://clover.coeex.tech/ru/</a>	Сборка, настройка, программирование квадрокоптера CloverCOEX	
	Практические решения на основе беспилотных авиационных систем для транспортных задач/ В. А. Фетисов, А. С. Костин, Н. Н. Майоров. – Учеб. - метод. пособие. – СПб.: ГУАП, 2022. – 63 с.	50 (лаборатория БАС ГУАП)
	Практические примеры программирования беспилотных авиационных систем/ Е. А. Вознесенский, А. С. Костин, Н. Н. Майоров. – Учеб. - метод. пособие. – СПб.: ГУАП, 2023. – 82 с.	50 (лаборатория БАС ГУАП)
Дополнительная литература		
<a href="https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_ru.pdf">https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_ru.pdf</a>	Руководство пользователя AgisoftMetashape	
<a href="http://publishing-vak.ru/file/archive-e-economy-2018-12/55-burukina.pdf">http://publishing-vak.ru/file/archive-e-economy-2018-12/55-burukina.pdf</a>	Потенциал и перспективы развития рынка дронов в глобальном масштабе	

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения учебного курса приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ

URL адрес	Наименование
<a href="https://clever.coex.tech/ru/assemble_4.html">https://clever.coex.tech/ru/assemble_4.html</a>	Сборка клевер 4
<a href="https://clever.coex.tech/ru/calibration.html">https://clever.coex.tech/ru/calibration.html</a>	Калибровка датчиков
<a href="https://clever.coex.tech/ru/programming.html">https://clever.coex.tech/ru/programming.html</a>	Программирование системы позиционирования

<a href="https://clever.coex.tech/ru/auto_setup.html">https://clever.coex.tech/ru/auto_setup.html</a>	Пошаговая инструкция по настройке автономного полета Клевера 4
<a href="https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/53375/Ispolzovanie_bespilotnyh_letatelnyh_apparatorov.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/53375/Ispolzovanie_bespilotnyh_letatelnyh_apparatorov.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>	Использование беспилотных летательных аппаратов для решения инженерных задач маркшейдерии и геодезии
<a href="https://www.pyimagesearch.com/2018/07/23/simple-object-tracking-with-opencv/">https://www.pyimagesearch.com/2018/07/23/simple-object-tracking-with-opencv/</a>	SimpleobjecttrackingwithOpenCV
<a href="https://www.pyimagesearch.com/2017/10/16/raspberry-pi-deep-learning-object-detection-with-opencv/">https://www.pyimagesearch.com/2017/10/16/raspberry-pi-deep-learning-object-detection-with-opencv/</a>	Raspberry Pi: Deep learning object detection with OpenCV
<a href="http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/3142">http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/3142</a>	Обобщённая классификация беспилотных летательных аппаратов

Перечень используемого программного обеспечения представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1.	ОС Microsoft Windows 10
2.	ОС Raspbian
3.	Microsoft Office
4.	Adobe Acrobat
5.	QGroundControl
6.	Mission Planner
7.	Python 2.7/3.7
8.	Компас – 3D
9.	Autodesk Autocad
10.	Autodesk Fusion

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 6. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации (при наличии\*)

6.1. Состав оценочных материалов приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Состав оценочных материалов для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных материалов
Не предусмотрено	

6.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала университета. В таблице 9 представлена 4-балльная шкала для оценки сформированности компетенций.

Таблица 9 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции (4-балльная шкала)	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– слушатель глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– слушатель твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– слушатель усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– слушатель не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

## 6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы:

Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 10)

Таблица 10 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
	Не предусмотрено

Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 11)

Таблица 11 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета
	Не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 12)

Таблица 12 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
	Не предусмотрено

Практические задания по учебному курсу (таблица 13)

Таблица 13 – Примерный перечень практических заданий

№ п/п	Примерный перечень практических заданий
1.	Опишите основные элементы квадрокоптера. Их взаимодействие в беспилотной авиационной системе.
2.	Опишите основные этапы настройки квадрокоптера для реализации автономного полета.
3.	Разработайте программное обеспечение для автономного полета квадрокоптера по заданным координатам.
4.	Разработайте программное обеспечение для автономного полета квадрокоптера по заданным координатам с распознаванием объектов при помощи машинного зрения.

Программу составил(а)


Ассистент, зав. лаб. БАС ИШ ГУАП  
должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

А.С. Костин  
инициалы, фамилия

Руководитель ДПП

Профессор, д-р. техн. наук  
должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

Н.Н. Майоров  
инициалы, фамилия

Декан ФДПО

Д-р экон. наук, профессор каф.82  
должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

А.М. Мельниченко  
инициалы, фамилия

## 4 ПРОГРАММА ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 4.1 Форма итоговой аттестации и оценочные материалы

Итоговая аттестация проводится в форме экзамена.

Форма проведения итогового экзамена – с применением средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Перечень рекомендуемой литературы, необходимой при подготовке к итоговому зачету приводится в подразделе 4.3.

Перечень вопросов для итогового экзамена приводится в таблицах 6-8.

### 4.2 Требования к итоговой аттестационной работе и порядку ее выполнения

Не предусмотрено.

### 4.3 Перечень рекомендуемой литературы для итоговой аттестации

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой при подготовке к ИА, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень основной и дополнительной литературы

Шифр / URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
Основная литература:		
629.735 Е 50	Основы автономного управления беспилотными авиационными системами для решения транспортных задач: учеб.-метод. пособие / Д.В. Еленин, А.С. Костин, Н.Н. Майоров. – СПб.: ГУАП, 2020. – 71 с.	50 (лаборатория БАС ГУАП)
629.7 К 26	Эксплуатация беспилотных авиационных систем: учебное пособие / Ю.А. Антохина, Т.Ю. Карпова, А.С. Костин, Н.Н. Майоров. – СПб.: ГУАП, 2021. – 178 с.	50 (лаборатория БАС ГУАП)
<a href="https://clover.coex.tech/ru/">https://clover.coex.tech/ru/</a>	Сборка, настройка, программирование квадрокоптера CloverCOEX	
	Практические решения на основе беспилотных авиационных систем для транспортных задач/ В. А. Фетисов, А. С. Костин, Н. Н. Майоров. – Учеб. - метод. пособие. – СПб.: ГУАП, 2022. – 63 с.	50 (лаборатория БАС ГУАП)
Дополнительная литература		
<a href="https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_ru.pdf">https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_ru.pdf</a>	Руководство пользователя AgisoftMetashape	
<a href="http://publishing-vak.ru/file/archive-economy-2018-12/55-burukina.pdf">http://publishing-vak.ru/file/archive-economy-2018-12/55-burukina.pdf</a>	Потенциал и перспективы развития рынка дронов в глобальном масштабе	

Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых при подготовке к ИА, представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых при подготовке к ИА

URL адрес	Наименование
<a href="https://clever.coex.tech/ru/assemble_4.html">https://clever.coex.tech/ru/assemble_4.html</a>	Сборка клевер 4
<a href="https://clever.coex.tech/ru/calibration.html">https://clever.coex.tech/ru/calibration.html</a>	Калибровка датчиков
<a href="https://clever.coex.tech/ru/programming.html">https://clever.coex.tech/ru/programming.html</a>	Программирование системы позиционирования
<a href="https://clever.coex.tech/ru/auto_setup.html">https://clever.coex.tech/ru/auto_setup.html</a>	Пошаговая инструкция по настройке автономного полета Клевера 4
<a href="https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/53375/Ispolzovanie_bespilotnyh_letatelnyh_apparátov.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/53375/Ispolzovanie_bespilotnyh_letatelnyh_apparátov.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>	Использование беспилотных летательных аппаратов для решения инженерных задач маркшейдерии и геодезии
<a href="https://www.pyimagesearch.com/2018/07/23/simple-object-tracking-with-opencv/">https://www.pyimagesearch.com/2018/07/23/simple-object-tracking-with-opencv/</a>	SimpleobjecttrackingwithOpenCV
<a href="https://www.pyimagesearch.com/2017/10/16/raspberry-pi-deep-learning-object-detection-with-opencv/">https://www.pyimagesearch.com/2017/10/16/raspberry-pi-deep-learning-object-detection-with-opencv/</a>	Raspberry Pi: Deep learning object detection with OpenCV

#### 4.4 Материально-технические условия

Перечень материально–технической базы, необходимой для проведения ИА, представлен в таблице 3.

Таблица 3– Материально–техническая база

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы*	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	31-03(Гастелло 15)
2	Специализированная лаборатория «Беспилотных авиационных систем»	31-05(Гастелло 15)

#### 4.5 Оценочные материалы для проведения итоговой аттестации

##### 4.5.1 Фонд оценочных материалов для проведения итогового зачета/ экзамена

Состав фонда оценочных материалов для проведения итогового зачета/экзамена приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Состав фонда оценочных материалов для проведения итогового зачета/ экзамена

Форма проведения итогового экзамена	Перечень оценочных материалов
С применением средств электронного обучения	-Перечень вопросов к тесту -Перечень задач

Описание показателей и критериев для оценки компетенций, а также шкал оценивания для итогового зачета/экзамена.

Описание показателей для оценки компетенций для итогового зачета/экзамена:

- способность последовательно, четко и логично излагать материал;
- умение справляться с задачами;
- умение формулировать ответы на вопросы в рамках программы итогового зачета/экзамена с использованием материала научно–методической и научной литературы;
- уровень правильности обоснования принятых решений при выполнении практических задач.

Оценка уровня сформированности (освоения) компетенций осуществляется на основе таких составляющих как: знание, умение, владение навыками и/или опытом деятельности в соответствии с планируемыми результатами обучения по ДПП.

В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у слушателей компетенций при проведении итогового зачета/экзамена в формах «устная», «письменная» и с применением средств электронного обучения, применяется 4–балльная шкала (таблица 5).

Таблица 5–Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции ( 4-балльная шкала)	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» зачтено	<ul style="list-style-type: none"> <li>– слушатель глубоко и всесторонне усвоил учебный материал ДПП;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения к практической деятельности;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» зачтено	<ul style="list-style-type: none"> <li>– слушатель твердо усвоил учебный материал ДПП, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» зачтено	<ul style="list-style-type: none"> <li>– слушатель усвоил только основной учебный материал ДПП, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» не зачтено	<ul style="list-style-type: none"> <li>– слушатель не усвоил значительной части учебного материала ДПП;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

Таблица 6 – Список вопросов для итогового экзамена, проводимого с применением средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

№ п/п	Список вопросов для итогового экзамена, проводимого с применением средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий	Компетенции
1.	За что отвечает полётный контроллер?	ПК-1
2.	Для чего нужен ESC?	ПК-1
3.	Из-за чего в проводнике происходит выделение тепла при прохождении тока?	ПК-1
4.	Перечислите основные этапы пайки.	ПК-1
5.	В каких случаях пайку использовать нельзя?	ПК-1
6.	Какой флюс лучше использовать при пайке микросхем.	ПК-1
7.	За счёт чего образуется сила тяги в пропеллере?	ПК-1
8.	Для чего в конструкции коптера одновременно используются пропеллеры, вращающиеся по и против часовой стрелки?	ПК-1
9.	Что является исходными данными для подбора винта в коптере?	ПК-1
10.	Определите по таблице к мотору X2204S 2300kv, с каким пропеллером будет развиваться максимальная скорость.	ПК-1
11.	В чём основное различие коллекторных и бесколлекторных электродвигателей?	ПК-1
12.	По каким характеристикам бесколлекторные электродвигатели подходят для использования их на квадрокоптерах?	ПК-1
13.	Зачем нужны датчики в бесколлекторных электродвигателях?	ПК-1
14.	На что влияет количество фаз в бесколлекторном электродвигателе?	ПК-1
15.	Какие ошибки при подключении контроллеров возможно допустить?	ПК-1
16.	Перечислите возможные настройки контроллера.	ПК-1
17.	Какие устройства называют аккумуляторами?	ПК-1
18.	Что происходит в аккумуляторе во время его заряде и разряде?	ПК-1
19.	Опишите два способа соединения аккумуляторов.	ПК-1
20.	Перечислите основные характеристики аккумуляторов.	ПК-1




21.	По какому принципу работает полётный контроллер?	ПК-1
22.	Перечислите основные задачи полётного контроллера.	ПК-1
23.	Сформулируйте принцип работы ПИД-регулятора.	ПК-1
24.	Назовите меры предосторожности при использовании LiPo аккумуляторов.	ПК-1
25.	Приведите пример первых автономных систем и принципы их работы.	ПК-1

Таблица 7 – Перечень задач для итогового зачета/экзамена, проводимого в письменной/устной форме

№ п/п	Перечень задач для итогового зачета/ экзамена, проводимого в письменной/устной форме	Компетенции
	Не предусмотрено	

Таблица 8 – Тест для итогового экзамена, проводимого с применением средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

№ п/п	Примерный перечень вопросов к тесту для итогового зачета, проводимого с применением средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий	Компетенции
1.	Как называется коптер с 6 моторами? 1) Пентакоптер 2) Октокоптер 3) Трикоптер <b>4) Гексакоптер</b>	ПК-1
2.	Что такое “тангаж”? <b>1) Наклон коптера вперед-назад</b> 2) Наклон коптера вправо-влево 3) Вращение коптера вокруг своей оси 4) Набор скорости	ПК-1
3.	Где расположены датчики, отвечающие за определение положения коптера в пространстве? 1) В регуляторе оборотов 2) В плате распределения питания <b>3) В полетном контроллере</b> 4) В пульте радиоуправления	ПК-1
4.	Какие типы аккумуляторов бывают у БПЛА? 1) Никель-кадмиевые <b>2) Литий-полимерные</b> 3) Свинцово-кислотные 4) Никель-металл-гидридные	ПК-1
5.	При каком типе соединения аккумуляторов напряжение складывается? <b>1) Последовательное</b> 2) Параллельное 3) Смешанное 4) Замкнутое	ПК-1
6.	Как можно изменить направление вращения	ПК-1

	<p>бесколлекторного двигателя на коптере?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Поменять “+” и “-”</li> <li>2) Перепродать плату распределения питания</li> <li><b>3) Поменять между собой 2 фазных провода</b></li> <li>4) Это невозможно</li> </ol>	
7.	<p>Укажите максимальное значение токоотдачи при длительном подключении нагрузки для данного аккумулятора.</p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 198 А</li> <li><b>2) 99 А</b></li> <li>3) 2200 мА</li> <li>4) 24 420 мА</li> </ol>	ПК-1
8.	<p>Что является “мозгом” коптера?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Регулятор оборотов (ESC)</li> <li>2) Плата распределения питания</li> <li><b>3) Полетный контроллер</b></li> <li>4) Радиоприемник</li> </ol>	ПК-1
9.	<p>Что такое RaspberryPi 3?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Операционная система</li> <li><b>2) Микрокомпьютер</b></li> <li>3) Микроконтроллер</li> <li>4) Процессор</li> </ol>	ПК-1
10.	<p>Как называются метки, по которым ориентируется Clover?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) QR</li> <li><b>2) ArUco</b></li> <li>3) ID</li> <li>4) Map</li> </ol>	ПК-1

#### 4.5.2 Фонд оценочных материалов для оценки защиты итоговой аттестационной работы

Не предусмотрено.