



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ИМЕНИ ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ  
А.А. НОВИКОВА»**

**УТВЕРЖДАЮ**



Ректор

/ Ю.Ю. Михальчевский

«30» октября 2025 года

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Программирование беспилотных авиационных систем**

Направление подготовки

**01.03.04 Прикладная математика**

Направленность программы (профиль)

**Математическое и программное обеспечение беспилотных авиационных систем**

Квалификация выпускника

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Санкт-Петербург

2025

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Программирование беспилотных авиационных систем» являются формирование у обучающихся профессиональных компетенций в области методов и алгоритмов обработки данных в беспилотных авиационных системах, а также о методах разработки программного обеспечения БАС. Для достижения поставленных целей в рамках дисциплины «Программирование беспилотных авиационных систем» решаются следующие задачи:

- приобретение глубокого понимания основных концепций и принципов разработки ПО БАС и умение применять их на практике;
- формирование систематизированного представления о концепциях, принципах, методах, технологиях цифровой обработки растровых изображений;
- изучение основных методов и алгоритмов обработки изображения при решении задач поиска, обнаружения, распознавания, кодирования и декодирования видеоинформации;
- получение практической подготовки в области реализации методов и алгоритмов обработки растровых изображений с использованием современных языков программирования;
- умение сформулировать требования к аппаратно-программным средствам, обеспечивающим необходимое функционирование системы наблюдения на борту беспилотного летательного аппарата.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к решению задач профессиональной деятельности научно-исследовательского типа.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Программирование беспилотных авиационных систем» представляет собой дисциплину, относящуюся к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1.

Дисциплина «Программирование беспилотных авиационных систем» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Информатика», «Алгоритмы дискретной математики», «Технология программирования», «Алгоритмические языки и программирование», «Программные и аппаратные средства беспилотных авиационных систем», «Модели движения беспилотных воздушных судов», «Алгоритмы и структуры данных», «Проектирование беспилотных авиационных систем», «Математическое моделирование беспилотных авиационных систем», Учебная (ознакомительная) практика.

Дисциплина «Программирование беспилотных авиационных систем» является обеспечивающей для Подготовка к сдаче и сдаче государственного экзамена.

Дисциплина «Программирование беспилотных авиационных систем» изучается в 7 и 8 семестрах.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины «Алгоритмы и структуры данных» направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции/ индикатора	Результат обучения: наименование компетенции, индикатора компетенции
ПК-2	Способен разрабатывать алгоритмы и реализовывать их на основе современных парадигм, технологий и языков программирования.
ИД <sup>1</sup> <sub>ПК2</sub>	Применяет имеющиеся технологии и знания при разработке и реализации алгоритмов в ходе профессиональной деятельности
ИД <sup>2</sup> <sub>ПК2</sub>	Оценивает адекватность и логичность применения разработанного алгоритма в рамках конкретной задачи

Планируемые результаты изучения дисциплины:

Знать:

- основные типы алгоритмов, иметь представление о структуре программы, основы программирования на языках высокого уровня; базовые алгоритмические конструкции;
- содержание этапов разработки программы: алгоритмизация-кодирование-отладка тестирование;
- дополнительные возможности языка для выражения различных алгоритмических ситуаций;
- алгоритмы и программы на языке JavaScript решения нестандартных задач, задач повышенной сложности в математической области;
- исходные данные и результаты, как строить алгоритмы методом последовательного уточнения (сверху вниз), изображать эти алгоритмы в виде блок-схем;
- принципы формирования цифровых изображений в системах наблюдения на борту БАС;
- методы и алгоритмы фильтрации, улучшения и восстановления цифровых изображений;
- методы и алгоритмы сегментации и анализа изображений при решении задач поиска и обнаружения объектов;

Уметь:

- записывать операторы языка программирования для решения задач из области математики;
- решать нестандартные задачи и задачи повышенной сложности;
- анализировать текст чужих программ, находить в них неточности, оптимизировать алгоритм, создавать собственные варианты решения;

- применять базовые алгоритмы цифровой фильтрации одномерных и двумерных сигналов в пространственной и частотной области;
- использовать основные методы статистической обработки данных;
- применять математический аппарат и программный инструментарий для решения задач обработки и анализа изображений;
- работать с языком программирования, в том числе использовать основные библиотеки и инструменты для программирования беспилотных летательных аппаратов;
- выполнять тестирование, отладку и оптимизацию программ для беспилотных летательных аппаратов;
- работать в команде и решать задачи, связанные с программированием беспилотных летательных аппаратов в коллективе.

Владеть:

- основными алгоритмическими приемами при решении математических задач, связанных с БПЛА;
- навыками проектирования и разработки беспилотных летательных аппаратов с помощью языка программирования;
- основными концепциями и принципами беспилотных летательных аппаратов и навыками применять их на практике;
- методами анализа изображений и выбора алгоритмов для оптимального решения поставленной задачи;
- разработкой и применением новых алгоритмических и технологических решений в области обработки изображений.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288

академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестр	
		7	8
Общая трудоемкость дисциплины	288	108	180
Контактная работа:	125	58,5	66,5
лекции	60	28	32
практические занятия	60	28	32
семинары	—	—	—
лабораторные работы	—	—	—
курсовой проект (работа)	—	—	—
Самостоятельная работа студента	96	16	80
Промежуточная аттестация	72	36	36
контактная работа во время аттестации	5	2,5	2,5
самостоятельная работа по подготовке к экзамену (7 и 8 семестры)	67	33,5	33,5

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Соотнесения тем (разделов) дисциплины и формируемых компетенций

Темы, разделы дисциплины	Кол-во часов	Компетенции	Образовательные технологии	Оценочные средства
		ПК-2		
<b>Раздел 1.</b> Введение в программирование беспилотных авиационных систем				
<b>Тема 1.1.</b> Архитектура программного обеспечения БАС	5	+	ВК, Л, ПЗ, СРС	ВК, УО, ПАР
<b>Тема 1.2.</b> Среды разработки и инструментальные средства	5	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Раздел 2.</b> Программирование систем управления полетом				
<b>Тема 2.1.</b> Автопилоты и контроллеры полета	5	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 2.2.</b> Планирование траекторий и навигация	6	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 2.3.</b> Стабилизация и управление движением	6	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Раздел 3.</b> Программирование систем связи и телеметрии				
<b>Тема 3.1.</b> Каналы передачи данных	6	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 3.2.</b> Наземные станции управления	5	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Раздел 4.</b> Использование систем технического зрения в составе полезной нагрузки БАС				
<b>Тема 4.1.</b> Основные задачи и структуры систем технического зрения БАС	2	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 4.2.</b> Оптико-механические узлы (ОПУ).	3	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 4.3.</b> Приемники излучения	5	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Раздел 5.</b> Предварительная обработка изображений на борту беспилотного летательного аппарата				
<b>Тема 5.1.</b> Описание и характеристики изображений.	5	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 5.2.</b> Геометрические преобразования изображений.	5	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 5.3.</b> Фильтрация изображений	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР

<b>Тема 5.4.</b> Методы восстановления изображений	3	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
Итого за семестр 7	72			
Промежуточная аттестация	36			
Всего за семестр 7	108			

<b>Раздел 7.</b> Программирование роевого взаимодействия БАС				
<b>Тема 7.1.</b> Архитектура распределенных систем БАС	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 7.2.</b> Алгоритмы координации и коллективного поведения	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Раздел 8.</b> Безопасность и надежность программного обеспечения БАС				
<b>Тема 8.1.</b> Обеспечение отказоустойчивости	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 8.2.</b> Информационная безопасность БАС	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Раздел 9.</b> Интеграция и тестирование программного обеспечения БАС				
<b>Тема 9.1.</b> Методология разработки и тестирования	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 9.2.</b> Практическая разработка проекта	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Раздел 10.</b> Программирование систем управления полезной нагрузкой				
<b>Тема 10.1.</b> Интеграция датчиков и сенсоров	12	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 10.2.</b> Управление специализированным оборудованием	12	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 10.3.</b> Обработка данных дистанционного зондирования	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Раздел 11.</b> Программирование систем позиционирования и навигации				
<b>Тема 11.1.</b> Спутниковые навигационные системы	14	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 11.2.</b> Альтернативные системы навигации	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Тема 11.3.</b> Геопривязка данных	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
<b>Раздел 12.</b> Программирование систем обработки данных в реальном времени				
<b>Тема 12.1.</b> Архитектура систем реального времени	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР

Тема 12.2. Оптимизация производительности	8	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
Итого за семестр 8	144			
Промежуточная аттестация	36			
Всего за семестр 8	180			
Всего по дисциплине	288			

Л - лекция, ПЗ - практическое занятие, СРС - самостоятельная работа студента, ВК - входной контроль, ПАР - письменная аудиторная работа, УО - устный опрос.

## 5.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	С	ЛР	СРС	КР	Всего часов
<b>7 семестр</b>							
<b>Раздел 1.</b> Введение в программирование беспилотных авиационных систем							
<b>Тема 1.1.</b> Архитектура программного обеспечения БАС	2	2	-	-	1	-	5
<b>Тема 1.2.</b> Среды разработки и инструментальные средства	2	2	-	-	1	-	5
<b>Раздел 2.</b> Программирование систем управления полетом							
<b>Тема 2.1.</b> Автопилоты и контроллеры полета	2	2	-	-	1	-	5
<b>Тема 2.2.</b> Планирование траекторий и навигация	2	2	-	-	2	-	6
<b>Тема 2.3.</b> Стабилизация и управление движением	2	4	-	-	2	-	6
<b>Раздел 3.</b> Программирование систем связи и телеметрии							
<b>Тема 3.1.</b> Каналы передачи данных	2	2	-	-	2	-	6
<b>Тема 3.2.</b> Наземные станции управления	2	2	-	-	1	-	5
<b>Раздел 4.</b> Использование систем технического зрения в составе полезной нагрузки БАС							
<b>Тема 4.1.</b> Основные задачи и структуры систем технического зрения БАС	2	0	-	-	-	-	2
<b>Тема 4.2.</b> Оптико-механические узлы (ОПУ).	2	0	-	-	1	-	3
<b>Тема 4.3.</b> Приемники излучения	2	2	-	-	1	-	5
<b>Раздел 5.</b> Предварительная обработка изображений на борту беспилотного летательного аппарата							

<b>Тема 5.1.</b> Описание и характеристики изображений.	2	2	-	-	1	-	5
<b>Тема 5.2.</b> Геометрические преобразования изображений.	2	2	-	-	1	-	5
<b>Тема 5.3.</b> Фильтрация изображений	2	6	-	-	1	-	10
<b>Тема 5.4.</b> Методы восстановления изображений	2	-	-	-	1	-	3
Всего за семестр 7	28	28	-	-	16	-	72
Промежуточная аттестация							36
Итого за семестр 7							108
<b>8 семестр</b>							
<b>Раздел 7.</b> Программирование роевого взаимодействия БАС							
<b>Тема 7.1.</b> Архитектура распределенных систем БАС	2	2			6		10
<b>Тема 7.2.</b> Алгоритмы координации и коллективного поведения	2	2			6		10
<b>Раздел 8.</b> Безопасность и надежность программного обеспечения БАС							
<b>Тема 8.1.</b> Обеспечение отказоустойчивости	2	2			6		10
<b>Тема 8.2.</b> Информационная безопасность БАС	2	2			6		10
<b>Раздел 9.</b> Интеграция и тестирование программного обеспечения БАС							
<b>Тема 9.1.</b> Методология разработки и тестирования	2	2			6		10
<b>Тема 9.2.</b> Практическая разработка проекта	2	2			6		10
<b>Раздел 10.</b> Программирование систем управления полезной нагрузкой							
<b>Тема 10.1.</b> Интеграция датчиков и сенсоров	4	2			6		12
<b>Тема 10.2.</b> Управление специализированным оборудованием	2	4			6		12
<b>Тема 10.3.</b> Обработка данных дистанционного зондирования	2	2			6		10
<b>Раздел 11.</b> Программирование систем позиционирования и навигации							
<b>Тема 11.1.</b> Спутниковые навигационные системы	4	4			6		14
<b>Тема 11.2.</b> Альтернативные системы навигации	2	2			6		10
<b>Тема 11.3.</b> Геопривязка данных	2	2			6		10
<b>Раздел 12.</b> Программирование систем обработки данных в реальном времени							
<b>Тема 12.1.</b> Архитектура систем реального времени	4	2			4		10

<b>Тема 12.2.</b> Оптимизация производительности	2	2			4		8
Всего за семестр 8	32	32	-	-	80	-	144
Промежуточная аттестация							36
Итого за семестр 8							180

### 5.3. Содержание дисциплины

#### 7 семестр

**Раздел 1.** Введение в программирование беспилотных авиационных систем.

**Тема 1.1.** Архитектура программного обеспечения БАС.

Классификация беспилотных авиационных систем. Структура программного обеспечения БАС: бортовое ПО, наземное ПО, каналы связи. Операционные системы реального времени для БАС. Стандарты и протоколы обмена данными. Требования к надежности и отказоустойчивости ПО.

**Тема 1.2.** Среды разработки и инструментальные средства.

Обзор платформ разработки. Симуляторы полета. Средства отладки и тестирования бортового ПО. Системы контроля версий и непрерывной интеграции. Кросс-компиляция для встраиваемых систем.

**Раздел 2.** Программирование систем управления полетом.

**Тема 2.1.** Автопилоты и контроллеры полета.

Архитектура автопилота: датчики, процессоры, исполнительные устройства. Программирование микроконтроллеров для БАС. Интеграция инерциальных навигационных систем (IMU). Алгоритмы фильтрации данных датчиков (фильтр Калмана, комплементарный фильтр). Программная реализация ПИД-регуляторов

**Тема 2.2.** Планирование траекторий и навигация

Алгоритмы планирования пути. Программирование миссий и маршрутов полета. Системы координат и преобразования между ними. Интеграция GPS/ГЛОНАСС модулей. Алгоритмы избегания препятствий.

**Тема 2.3.** Стабилизация и управление движением.

Математические модели динамики БЛА. Программирование систем стабилизации. Каскадные системы управления. Адаптивное управление и нейросетевые регуляторы. Тестирование алгоритмов управления в симуляторе.

**Раздел 3.** Программирование систем связи и телеметрии.

**Тема 3.1.** Каналы передачи данных.

Радиоканалы связи: частотные диапазоны, модуляция. Протоколы обмена данными между БПЛА и наземной станцией. Программирование радиомодемов и передатчиков. Обеспечение помехоустойчивости и шифрования данных. Организация резервных каналов связи.

**Тема 3.2.** Наземные станции управления.

Архитектура ПО наземной станции управления. Разработка интерфейсов оператора (GUI). Визуализация телеметрии в реальном времени. Системы логирования и анализа полетных данных. Программирование систем аварийного возврата.

**Раздел 4.** Использование систем технического зрения в составе полезной нагрузки БАС.

**Тема 4.1.** Основные задачи и структуры систем технического зрения БАС.

Бортовые системы технического зрения. Основные задачи и структуры систем технического зрения БАС. Решение навигационных задач на борту БПЛА, виды алгоритмов улучшения качества изображений, поиск и распознавание объектов, классификация, сегментация, анализ сцены, мониторинг, передача данных на наземный пункт.

**Тема 4.2.** Оптико-механические узлы (ОПУ). Создание и ориентирование полей зрения, конструктивные схемы ОПУ, состав и характеристики ОПУ, наведение и гиостабилизация поля зрения системы наблюдения в зависимости от условий и программы полета БПЛА.

**Тема 4.3.** Приемники излучения. Классификация, технические характеристики современных приемников излучения. Выбор приемника излучения в зависимости от решаемой целевой задачи.

**Раздел 5.** Предварительная обработка изображений на борту беспилотного летательного аппарата.

**Тема 5.1.** Описание и характеристики изображений. Способы хранения растровых изображений, форматы сжатия, цветовые модели изображений, квантование и дискретизация изображений, размер, количество цветов, разрешение, гистограмма, радиус корреляции, визуальное качество изображений.

**Тема 5.2.** Геометрические преобразования изображений. Аффинные преобразования, проективные преобразования, препарирование изображений (бинаризация, яркостный срез, линейное контрастирование, соляризация). Логические и арифметические операции над изображениями.

**Тема 5.3.** Фильтрация изображений. Способы моделирование шумового воздействия. Классификация методов фильтрации изображений. Локальные методы фильтрации (низкочастотные, высокочастотные, градиентные). Глобальные методы фильтрации (низкочастотные, высокочастотные). Нелинейные методы фильтрации изображений.

**Тема 5.4.** Методы восстановления изображений. Формирование восстанавливающей среды. Метод регуляризации А.Н. Тихонова. Инверсная фильтрация, винеровская фильтрация.

**Раздел 6.** Компьютерное зрение и машинное обучение на борту БАС.

**Тема 6.1.** Детектирование и распознавание объектов

Классические методы детектирования. Нейросетевые методы детектирования. - Оптимизация моделей для встраиваемых систем. Программная реализация детекторов. Оценка производительности алгоритмов на бортовых вычислителях.

**Тема 6.2.** Визуальная одометрия и SLAM.

Принципы визуальной одометрии. Алгоритмы SLAM. Построение карт местности в реальном времени. Интеграция визуальной навигации с инерциальными датчиками. - Программирование систем визуальной навигации.

**Тема 6.3.** Семантическая сегментация и анализ сцены.

Задачи семантической и инстанс-сегментации. Архитектуры нейронных сетей.

Анализ сцены для автономной навигации. Обнаружение посадочных площадок.

## **8 семестр**

### **Раздел 7. Программирование роевого взаимодействия БАС**

#### **Тема 7.1. Архитектура распределенных систем БАС.**

Концепции роевого интеллекта. Протоколы межагентного взаимодействия. - Децентрализованное и централизованное управление роем. Синхронизация времени и данных между БЛА. Программирование систем роевого управления.

#### **Тема 7.2. Алгоритмы координации и коллективного поведения.**

Алгоритмы формирования строя. Распределенное планирование задач. Избегание столкновений в рое. Консенсусные алгоритмы. Моделирование роевого поведения.

### **Раздел 8. Безопасность и надежность программного обеспечения БАС.**

#### **Тема 8.1. Обеспечение отказоустойчивости.**

Методы обнаружения и обработки отказов. Резервирование критических компонентов. Программирование систем аварийного восстановления. Режимы безопасного отказа. Тестирование на отказоустойчивость.

#### **Тема 8.2. Информационная безопасность БАС.**

Угрозы информационной безопасности БАС. Криптографические методы защиты данных. Аутентификация и авторизация. Защита от несанкционированного доступа. Программная реализация механизмов безопасности.

### **Раздел 9. Интеграция и тестирование программного обеспечения БАС.**

#### **Тема 9.1. Методология разработки и тестирования.**

Жизненный цикл разработки ПО для БАС. Модульное, интеграционное и системное тестирование. Hardware-in-the-loop (HIL) и Software-in-the-loop (SIL). Автоматизация тестирования. Документирование и сертификация ПО.

#### **Тема 9.2. Практическая разработка проекта.**

Постановка задачи и проектирование архитектуры. Разработка программных модулей. Интеграция компонентов системы. Тестирование в симуляторе и на реальном БЛА. Анализ результатов и оптимизация решения.

### **Раздел 10. Программирование систем управления полезной нагрузкой.**

#### **Тема 10.1. Интеграция датчиков и сенсоров.**

Типы датчиков полезной нагрузки. Протоколы обмена данными с датчиками. Программирование драйверов устройств. Синхронизация данных от множественных источников. Калибровка и верификация датчиков.

#### **Тема 10.2. Управление специализированным оборудованием**

Программирование систем сброса грузов. Управление манипуляторами и захватными устройствами. Системы распыления и опрыскивания. Лазерные дальнометры и сканеры. Интеграция с системой управления полетом.

#### **Тема 10.3. Обработка данных дистанционного зондирования**

Методы обработки данных лидарного сканирования. Построение цифровых моделей рельефа и местности. Обработка мультиспектральных и гиперспектральных изображений. Программная реализация алгоритмов обработки.

**Раздел 11.** Программирование систем позиционирования и навигации.

**Тема 11.1.** Спутниковые навигационные системы.

Принципы работы GNSS. Программирование приемников GNSS. Дифференциальная коррекция. Обработка навигационных сообщений. Оценка точности позиционирования.

**Тема 11.2.** Альтернативные системы навигации.

Инерциальная навигация и интегрированные системы. Визуальная навигация по наземным ориентирам. Магнитометрическая навигация. Навигация в условиях отсутствия GNSS. Программная реализация комплексированных систем навигации.

**Тема 11.3.** Геопривязка данных.

Методы геопривязки изображений и данных сенсоров. Учет параметров ориентации БПЛА. Коррекция геометрических искажений. Построение ортофотопланов. Программные библиотеки для геопространственной обработки.

**Раздел 12.** Программирование систем обработки данных в реальном времени.

**Тема 12.1.** Архитектура систем реального времени.

Концепции систем жесткого и мягкого реального времени. Планирование задач и приоритеты. Операционные системы реального времени. Межпроцессное взаимодействие. Синхронизация и управление ресурсами.

**Тема 12.2.** Оптимизация производительности.

Профилирование и анализ производительности. Оптимизация алгоритмов для встраиваемых систем. Использование аппаратных ускорителей.

#### 5.4. Практические занятия

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
<b>7 семестр</b>		
1.1	ПЗ 1. Архитектура программного обеспечения БАС	2
1.2	ПЗ 2. Среды разработки и инструментальные средства	2
2.1	ПЗ 3. Автопилоты и контроллеры полета	2
2.2	ПЗ 4. Планирование траекторий и навигация	2
2.3	ПЗ 5. Стабилизация и управление движением	4
3.1	ПЗ 6. Каналы передачи данных	2
3.2	ПЗ 7. Массивы в JavaScript.	2
5.1	ПЗ 8. Основные задачи и структуры систем технического зрения БАС	2
5.2	ПЗ 9. Оптико-механические узлы	2
5.3	ПЗ 10. Фильтрация изображений	2

Итого за 7 семестр	28
--------------------	----

<b>8 семестр</b>		
7.1	ПЗ 11. Архитектура распределенных систем БАС	2
7.2	ПЗ 12. Алгоритмы координации и коллективного поведения	2
8.1	ПЗ 13. Обеспечение отказоустойчивости	2
8.2	ПЗ 14. Информационная безопасность БАС	2
9.1	ПЗ 15. Методология разработки и тестирования	2
9.2	ПЗ 16. Практическая разработка проекта	2
10.1	ПЗ 17. Интеграция датчиков и сенсоров	2
10.2	ПЗ 18. Управление специализированным оборудованием	4
10.3	ПЗ 19. Обработка данных дистанционного зондирования	2
11.1	ПЗ 20. Спутниковые навигационные системы	2
11.2	ПЗ 21. Альтернативные системы навигации	2
11.3	ПЗ 22. Геопривязка данных	2
12.1	ПЗ 23. Архитектура систем реального времени	2
12.2	ПЗ 24. Оптимизация производительности	2
Итого за 8 семестр		32

### **5.5. Лабораторный практикум**

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

### **5.6. Самостоятельная работа**

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
1.1	Изучение теоретического материала по теме 1.1 [1а-3а, 1б, 1в-3в].	1
1.2	Изучение теоретического материала по теме 1.2. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1б, 1в-3в].	1
2.1	Изучение теоретического материала по теме 2.1. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	1
2.2	Изучение теоретического материала по теме 2.2. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	2

2.3	Изучение теоретического материала по теме 2.3. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	2
3.1	Изучение теоретического материала по теме 2.2. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	2
3.2	Изучение теоретического материала по теме 3.2. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	1
4.2	Изучение теоретического материала по теме 4.2. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	1
4.3	Изучение теоретического материала по теме 4.3. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	1
5.1	Изучение теоретического материала по теме 5.1. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	1
5.2	Изучение теоретического материала по теме 5.2. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	1
5.3	Изучение теоретического материала по теме 5.3. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	1
5.4	Изучение теоретического материала по теме 5.4. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	1
Итого за 7 семестр		16
7.1	Изучение теоретического материала по теме 7.1. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	6
7.2	Изучение теоретического материала по теме 7.2. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	6
8.1	Изучение теоретического материала по теме 8.1. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	6
8.2	Изучение теоретического материала по теме 8.2. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	6
9.1	Изучение теоретического материала по теме 9.1. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	6
9.2	Изучение теоретического материала по теме 9.2. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	6
10.1	Изучение теоретического материала по теме 10.1. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	6
10.2	Изучение теоретического материала по теме 10.2. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	6
10.3	Изучение теоретического материала по теме 10.3. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	6
11.1	Изучение теоретического материала по теме 11.1. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	6
11.2	Изучение теоретического материала по теме 11.2. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	6

11.3	Изучение теоретического материала по теме 11.3. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	6
12.1	Изучение теоретического материала по теме 12.1. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	4
12.2	Изучение теоретического материала по теме 12.2. Подготовка к ПАР [1а-3а, 1в-3в].	4
Итого за 8 семестр		80
Итого по дисциплине		96

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература:

1. Численные методы : учебник и практикум для академического бакалавриата / У. Г. Пирумов [и др.] ; под ред. У. Г. Пирумова. — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 421 с.
2. Флэнаган Д. JavaScript. Подробное руководство. – Пер. с англ. – СПб: Символ\_Плюс, 2008. – 992 с., ил.
3. Пятко С.Г., Родионов В.Д., Юша Н.Ф. Информационные технологии на транспорте: Методические указания по изучению раздела «Web-технологии» / Университет ГА. – С.-Петербург, 2006.

### б) Дополнительная литература:

1. Хольцшлаг, Молли, Э. Использование HTML и XHTML. Специальное издание [Текст]: Пер. с англ.—М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. 736 с. ISBN 5-8459-0403-X.
2. Огнева, М. В. Программирование на языке C++: практический курс: учебное пособие для бакалавриата и специалитета [Электронный ресурс] / М. В. Огнева, Е. В. Кудрина. — М.: Юрайт, 2017. — 335 с. — ISBN 978-5-534-05123-0. — Режим доступа: <https://urait.ru/viewer/programmirovanie-na-yazyke-s-prakticheskij-kurs-408986>.
3. Программирование на языке C++ в среде QtCreator: / Е. Р. Алексеев, Г. Г. Злобин, Д. А. Костюк, О. В. Чеснокова, А. С. Чмыхало [Электронный ресурс] — М.: ALT Linux, 2015. — 448 с. : ил. — (Библиотека ALT Linux). ISBN 978-5-905167-16. - Режим доступа: <https://www.altlinux.org/Images/4/4b/Book-qtC%2B%2B.pdf> (дата обращения: 15.10.2025).

### в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- Учебный и образовательный сайт о JavaScript Режим доступа: <http://javascript.ru/> (дата обращения: 15.10.2025).
- Учебный и образовательный сайт о JavaScript Режим доступа: <https://www.javascript.com/learn/> (дата обращения: 15.10.2025).
- Учебный и образовательный сайт о JavaScript Режим доступа: <https://metanit.com/web/javascript/> (дата обращения: 15.10.2025).

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование учебных предметов, курсов, Дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	2	3
Программирование беспилотных авиационных систем	Лабораторная аудитория №804 196210, г. Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, литера А Компьютерные столы - 13 шт., стулья - 13 шт., 13 персональных компьютеров, с доступом в сеть Интернет, учебная доска. Комплект презентационных материалов Photoshop CS3 (госконтракт № SBR1010080401-00001346-01) KasperskyAnti-VirusSuite (лицензия № 1D0A170720092603110550) K-Lite Codec Pack (freeware) VirtualBox (GPL v2) Anaconda3 (BSD license) Scilab (CeCILL) Microsoft Windows Office Professional Plus 2007 (лицензия № 43471843) VisualStudioCommunity (Бесплатноелицензионноесоглашение) LogiSim (GNU GPL)	196210, г. Санкт-Петербург, ул. Пилотов, дом 38, лит. А

## 8. Образовательные технологии

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности студентов для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента.

Входной контроль проводится преподавателем в начале изучения

дисциплины с целью коррекции процесса усвоения обучающимися дидактических единиц при изучении базовых дисциплин.

Лекция составляет основу теоретического обучения в рамках дисциплины и направлена на систематизированное изложение накопленных и актуальных научных знаний. Лекция предназначена для раскрытия состояния и перспектив развития знаний в современных условиях. На лекции концентрируется внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулируется их активная познавательная деятельность.

Ведущим методом в лекции выступает устное изложение учебного материала, который сопровождается одновременной демонстрацией слайдов, при необходимости привлекаются открытые Интернет-ресурсы, а также демонстрационные и наглядно-иллюстрационные материалы и практические примеры.

Цель практических занятий – закрепить теоретические знания, полученные обучающимися на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих тем, а также приобрести начальные практические навыки. Рассматриваемые в рамках практического занятия задачи, ситуации, примеры и проблемы имеют профессиональную направленность и содержат элементы, необходимые для формирования компетенций в рамках подготовки обучающихся. Практические занятия предусматривают участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практические занятия являются составляющими практической подготовки обучающихся, так как предусматривают их участие в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Письменные аудиторские работы подразумевают ответы на вопросы, а также решение практических заданий, в том числе разработка алгоритмов и исходного текста программ.

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы. Ее основной целью является формирование навыка самостоятельного приобретения знаний по некоторым вопросам теоретического курса, закрепление и углубление полученных знаний, самостоятельная работа со справочниками, периодическими изданиями и научно-популярной литературой. Самостоятельная работа включает выполнение учебных заданий, в том числе и индивидуальных.

Использование консультационных часов позволяет индивидуализировать занятия со студентами, проконтролировать освоение учебного материала. Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу и систематический контроль хода этой работой.

## **9. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Уровень и качество знаний обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля успеваемости и по итогам освоения дисциплины в виде экзамена.

Текущий контроль успеваемости включает устные опросы. Устный опрос

проводится на практических занятиях в течение не более 10 минут с целью контроля усвоения теоретического материала, излагаемого на лекции. Перечень вопросов определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся.

Итоговая аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде экзамена в 7 и 8 семестрах. Экзамен позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

Для проведения текущего контроля успеваемости и итоговой аттестации по итогам освоения дисциплины «Программирование беспилотных авиационных систем» предусмотрено решение задач на компьютере из перечня. Основными документами, регламентирующими порядок организации экзамена является:

«Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов СПбГУ ГА».

### **9.1. Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

По итогам освоения дисциплины «Программирование беспилотных авиационных систем» проводится аттестация обучающихся в форме экзамена и предполагает ответ на теоретические вопросы и решение задач на компьютере по билетам из перечня.

Экзамен является заключительным этапом изучения дисциплины

«Программирование беспилотных авиационных систем» и имеет целью проверить и оценить учебную работу студентов, уровень полученных ими знаний, умение применять их к решению практических задач, овладение практическими навыками в объеме требований образовательной программы на промежуточном этапе формирования компетенции ПК-2.

Во время подготовки к экзамену студенты могут пользоваться материальным обеспечением экзамена, перечень которого утверждается заведующим кафедры.

Экзамены проводятся в объеме материала рабочей программы дисциплины, изученного студентами в 7 и 8 семестрах, по билетам в форме задач и теоретических вопросов в специально подготовленных учебных классах. Перечень задач, выносимых на экзамен, обсуждаются на заседании кафедры и утверждаются заведующим кафедры. Билеты содержат одну задачу и два теоретических вопроса.

В ходе подготовки к экзамену необходимо проводить консультации, побуждающие студентов к активной самостоятельной работе. На консультациях высказываются четко сформулированные требования, которые будут предъявляться на экзамене. Консультации должны решать вопросы психологической подготовки студентов к экзамену, создавать нужный настрой и вселять студентам уверенность в своих силах.

На подготовку к ответу при решении задачи студенту предоставляется до 60 минут. После ответа студента экзаменатор имеет право задать ему

дополнительные вопросы в объеме учебной программы.

В итоге проведенного экзамена студенту выставляется оценка.

## **9.2. Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине**

В учебном плане рефератов и курсовых работ не предусмотрено.

## **9.3. Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **9.3.1. Контрольные вопросы для проведения текущего контроля успеваемости**

1. Какие основные компоненты входят в структуру программного обеспечения БАС?
2. Перечислите основные требования к операционным системам реального времени для БАС.
3. Что такое протокол MAVLink и для чего он используется?
4. Какие преимущества дает использование ROS/ROS2 при разработке ПО для БАС?
5. Назовите основные симуляторы полета и их особенности.
6. Что такое кросс-компиляция и зачем она нужна при разработке бортового ПО?
7. Какие методы обеспечения отказоустойчивости применяются в ПО БАС?
8. Опишите архитектуру типового автопилота БАС.
9. Какие датчики используются в инерциальной навигационной системе?
10. В чем разница между фильтром Калмана и комплементарным фильтром?
11. Объясните принцип работы ПИД-регулятора.
12. Какие алгоритмы планирования пути вы знаете? В чем их отличия?
13. Какие системы координат используются в навигации БАС?
14. Что такое каскадная система управления?
15. Как осуществляется программирование миссий в автопилоте?
16. Какие методы избегания препятствий применяются в БАС?
17. Что такое адаптивное управление?
18. Какие частотные диапазоны используются для связи с БАС?
19. Что такое телеметрия и какие данные она включает?
20. Как обеспечивается помехоустойчивость канала связи?
21. Какие методы шифрования применяются для защиты данных БАС?
22. Опишите архитектуру наземной станции управления.
23. Какие данные логируются во время полета?
24. Что такое система аварийного возврата и как она программируется?
25. Какие основные задачи решают системы технического зрения на борту БАС?
26. Что такое оптико-механический узел и каковы его функции?
27. Как осуществляется гиростабилизация поля зрения?
28. Перечислите типы приемников излучения и их применение.
29. В чем разница между видимым и тепловизионным диапазонами?
30. Как выбирается приемник излучения для конкретной задачи?

31. Что такое наведение поля зрения и как оно программируется?
32. Какие форматы хранения изображений вы знаете?
33. Опишите основные цветовые модели изображений.
34. Что такое квантование и дискретизация изображений?
35. Для чего используется гистограмма изображения?
36. Что такое аффинные преобразования?
37. В чем разница между аффинными и проективными преобразованиями?
38. Что такое бинаризация изображения?
39. Какие виды шумов встречаются в изображениях?
40. Классифицируйте методы фильтрации изображений.
41. В чем разница между низкочастотными и высокочастотными фильтрами?
42. Что такое градиентные фильтры?
43. Объясните принцип медианной фильтрации.
44. Что такое метод регуляризации Тихонова?
45. В чем суть винеровской фильтрации?
46. Когда применяется инверсная фильтрация?

### **9.3.2. Контрольные практические задания для проведения текущего контроля успеваемости**

1. Написать программу на Python для парсинга MAVLink сообщений и вывода телеметрии БПЛА (координаты, высота, скорость, заряд батареи).
2. Реализовать ПИД-регулятор для стабилизации высоты квадрокоптера в симуляторе Gazebo.
3. Разработать программу планирования пути с использованием алгоритма A\* на двумерной карте с препятствиями.
4. Реализовать комплементарный фильтр для объединения данных акселерометра и гироскопа.
5. Написать программу для преобразования координат между различными системами координат (WGS84, местная NED).
6. Создать простую миссию для автопилота PX4 с использованием QGroundControl и выполнить её в симуляторе.
7. Реализовать алгоритм RRT для планирования пути в трехмерном пространстве.
8. Разработать каскадную систему управления положением квадрокоптера (внешний контур - положение, внутренний - угловая скорость).

### **9.3.3. Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена**

#### **7 семестр**

1. Архитектура программного обеспечения беспилотных авиационных систем: основные компоненты и их взаимодействие.
2. Операционные системы реального времени для БАС: требования, примеры, особенности применения.
3. Протоколы обмена данными в БАС: MAVLink, DDS, их структура и применение.
4. Среды разработки для программирования БАС: PX4, ArduPilot, ROS/ROS2.

5. Симуляторы полета: назначение, возможности, примеры использования.
6. Архитектура автопилота: датчики, процессоры, исполнительные устройства.
7. Инерциальные навигационные системы: состав, принципы работы, программная интеграция.
8. Алгоритмы фильтрации данных датчиков: фильтр Калмана, комплементарный фильтр, расширенный фильтр Калмана.
9. ПИД-регуляторы: принцип работы, настройка параметров, программная реализация.
10. Алгоритмы планирования пути:  $A^*$ , RRT, Dijkstra - сравнительный анализ.
11. Системы координат в навигации БАС: WGS84, NED, ENU, преобразования между ними.
12. Программирование миссий и маршрутов полета в автопилотах.
13. Алгоритмы избегания препятствий в БАС.
14. Каскадные системы управления: структура, принципы работы.
15. Адаптивное управление и нейросетевые регуляторы для БАС.
16. Каналы передачи данных в БАС: частотные диапазоны, модуляция, протоколы.
17. Телеметрия БАС: состав данных, форматы передачи, обработка.
18. Обеспечение помехоустойчивости и шифрования данных в каналах связи.
19. Архитектура наземной станции управления: компоненты, функции.
20. Системы логирования и анализа полетных данных.
21. Основные задачи систем технического зрения в БАС.
22. Структура бортовых систем технического зрения.
23. Решение навигационных задач с использованием технического зрения.
24. Оптико-механические узлы: назначение, конструктивные схемы, характеристики.
25. Гиросtabilизация поля зрения: принципы, алгоритмы, программная реализация.
26. Приемники излучения: классификация, технические характеристики, выбор для конкретных задач.
27. Способы хранения растровых изображений: форматы, сжатие.
28. Цветовые модели изображений: RGB, HSV, YUV - особенности и применение.
29. Квантование и дискретизация изображений.
30. Характеристики изображений: размер, разрешение, гистограмма, радиус корреляции.
31. Аффинные преобразования изображений: виды, матричное представление, применение.
32. Проективные преобразования изображений.
33. Препарирование изображений: бинаризация, яркостный срез, контрастирование, соляризация.
34. Логические и арифметические операции над изображениями.
35. Моделирование шумового воздействия на изображения.
36. Классификация методов фильтрации изображений.
37. Локальные методы фильтрации: низкочастотные, высокочастотные, градиентные.
38. Глобальные методы фильтрации изображений.
39. Нелинейные методы фильтрации: медианная, билатеральная.
40. Методы восстановления изображений: общие принципы.

41. Метод регуляризации А.Н. Тихонова для восстановления изображений.
42. Инверсная и винеровская фильтрация.

## **8 семестр**

1. Спутниковые навигационные системы: GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou - принципы работы, точность.
2. Структура навигационного сообщения GNSS: эфемериды, альманах, поправки.
3. Программирование приемников GNSS: протоколы (NMEA, UBX), парсинг сообщений.
4. Дифференциальная коррекция DGPS: принцип, базовые станции, улучшение точности.
5. RTK (Real-Time Kinematic) позиционирование: принцип, фазовые измерения, точность на уровне сантиметров.
6. Источники ошибок в GNSS: атмосферные задержки, многолучевость, геометрия спутников (DOP).
7. Инерциальная навигация: интегрирование данных акселерометров и гироскопов, накопление ошибок.
8. Комплексирование GNSS и INS: расширенный фильтр Калмана, взаимная компенсация ошибок.
9. Визуальная навигация по наземным ориентирам: feature matching, pose estimation.
10. Магнитометрическая навигация: магнитное поле Земли, компенсация девиации, определение курса.
11. Навигация в условиях отсутствия GNSS: dead reckoning, terrain-aided navigation.
12. Геопривязка данных: определение координат точек на изображении по параметрам съемки.
13. Учет параметров ориентации БПЛА при геопривязке: углы крена, тангажа, курса.
14. Коррекция геометрических искажений изображений: дисторсия объектива, проективные искажения.
15. Построение ортофотопланов: принципы, этапы обработки, программное обеспечение.
16. Программные библиотеки для геопространственной обработки: GDAL, Proj, GeoPandas.
17. Концепции систем жесткого и мягкого реального времени: определения, требования, примеры.
18. Планирование задач в системах реального времени: алгоритмы (Rate Monotonic, EDF), приоритеты.
19. Операционные системы реального времени: FreeRTOS, VxWorks - архитектура, возможности.
20. Межпроцессное взаимодействие: очереди сообщений, семафоры, мьютексы, разделяемая память.
21. Синхронизация и управление ресурсами: проблемы (инверсия приоритетов, взаимная блокировка), решения.
22. Профилирование и анализ производительности: инструменты, метрики, оптимизация узких мест.
23. Оптимизация алгоритмов для встраиваемых систем: уменьшение сложности,

использование целочисленной арифметики.

24. Использование аппаратных ускорителей: GPU, FPGA, NPU - возможности, программирование.

25. Параллельные вычисления на борту БПЛА: многопоточность, SIMD, распределение задач.

26. Балансировка вычислительной нагрузки: распределение между процессорами, управление частотой.

27. Архитектуры потоковой обработки данных: конвейеры, буферы, управление потоком.

28. Обработка видеопотоков в реальном времени: декодирование, обработка, кодирование.

29. Компрессия данных для передачи: алгоритмы сжатия видео (H.264, H.265), настройка параметров.

#### 9.3.4. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
I этап		
ПК-2	<p style="text-align: center;">ИД<sup>1</sup></p> <p style="text-align: center;">ИД<sup>2</sup></p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классы вычислительных проблем и существующие алгоритмы их решений</li> <li>- области применения и базовые характеристики элементарных структур данных – статический и динамический массив, стек, очередь, связанный список</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять обзор существующих методов решений</li> <li>- обращаться с инструментами по определению вычислительной сложности и используемых объемов машинной памяти для заданного алгоритма (структуры данных);</li> <li>- использовать элементарные структуры данных (статический и динамический массив, стек, очередь)</li> <li>- составлять решение вычислительной проблемы с использованием псевдокода;</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использует асимптотическую нотацию для определения вычислительной сложности алгоритма</li> </ul>

II этап

ПК-2

ИД<sup>1</sup>

ИД<sup>2</sup>

Знает:

- принципы работы и характеристики сложных структур данных и способы их представления в машинной памяти
- структуры данных для представления графа и дерева, хеши, сортирующие последовательности, контейнеры компьютерной графики
- характеристики производительности заданного алгоритма
- формальное доказательство (обоснование) эффективности алгоритма (структуры данных) с использованием асимптотических характеристик

Умеет:

- выбирать наиболее перспективные способы решения
- разбивать работу алгоритма на отдельные этапы с возможностью оценки производительности отдельных блоков;
- соотносить реальные измеренные временные (пространственные) оценки теоретическим асимптотическим характеристикам
- использовать элементарные и сложные структуры данных
- составлять решение вычислительной проблемы с использованием заданного языка программирования;

Владеет:

- Составлением алгоритмическое решение задачи, используя эффективные (высокопроизводительные) алгоритмы и методы
- Определением асимптотической оценки полученного решения
- методами проведения формального доказательства заявленной вычислительной сложности алгоритма математическими методами (в том числе индукцию) для доказательства корректности выполнения разрабатываемого алгоритма

## **10. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины**

Методика преподавания дисциплины «Программирование беспилотных авиационных систем» характеризуется совокупностью методов, приемов и средств обучения, обеспечивающих реализацию содержания и учебно-воспитательных целей дисциплины, которая может быть представлена как некоторая методическая система, включающая методы, приемы и средства обучения. Такой подход позволяет более качественно подойти к вопросу освоения дисциплины обучающимися.

Учебные занятия начинаются и заканчиваются по времени в соответствии с утвержденным режимом СПбГУ ГА в аудиториях согласно семестровым расписаниям теоретических занятий. На занятиях, предусмотренных расписанием, обязаны присутствовать все обучающиеся.

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся по дисциплинам. Лекция имеет целью дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрыть состояние и перспективы прогресса конкретной области науки и экономики, сконцентрировать внимание на наиболее сложных и узловых вопросах. Эта цель определяет дидактическое назначение лекции, которое заключается в том, чтобы ознакомить обучающихся с основным содержанием, категориями, принципами и закономерностями изучаемой темы и предмета обучения в целом, его главными идеями и направлениями развития. Именно на лекции формируется научное мировоззрение обучающегося, закладываются теоретические основы фундаментальных знаний будущего управленца, стимулируется его активная познавательная деятельность, решается целый ряд вопросов воспитательного характера.

Каждая лекция должна представлять собой устное изложение лектором основных теоретических положений изучаемой дисциплины или отдельной темы как логически законченное целое и иметь конкретную целевую установку. Особое место в лекционном курсе по дисциплине занимают вводная и заключительная лекции.

Вводная лекция должна давать общую характеристику изучаемой дисциплины, подчеркивать новизну проблем, указывать ее роль и место в системе изучения других дисциплин, раскрывать учебные и воспитательные цели и кратко знакомить обучающихся с содержанием и структурой курса, а также с организацией учебной работы по нему. Заключительная лекция должна давать научно-практическое обобщение изученной дисциплины, показывать перспективы развития изучаемой области знаний, навыков и практических умений.

Практические занятия проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков при решении управленческих задач. Основным содержанием этих занятий является практическая работа каждого обучающегося. Назначение практических занятий – закрепление, углубление и комплексное применение на практике теоретических знаний, выработка умений и навыков обучающихся в решении практических задач. Вместе с тем, на этих занятиях, осуществляется активное формирование и развитие навыков и качеств, необходимых для последующей профессиональной деятельности. Практические занятия проводятся по наиболее сложным вопросам дисциплины и имеют целью углубленно изучить ее содержание, привить обучающимся навыки самостоятельного поиска и анализа

информации, умение делать обоснованные выводы, аргументировано излагать и отстаивать свое мнение. Каждое практическое занятие заканчивается, как правило, кратким подведением итогов, указаниями преподавателя о последующей самостоятельной работе.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в экзаменов (7 и 8 семестры). К моменту сдачи экзамена должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля. Экзамены позволяют оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

Экзамен является заключительным оценочным средством, по итогам которого выявляется общий уровень овладения обучающимися предусмотренных компетенций по тематическим вопросам всего курса.

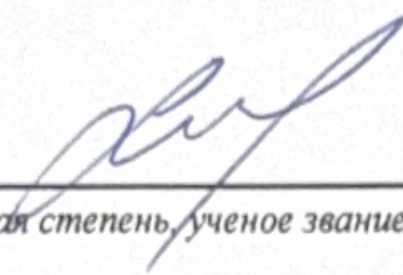
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры №8 Прикладной математики и информатики

«28» октября 2025 года, протокол № 6.

Разработчик:

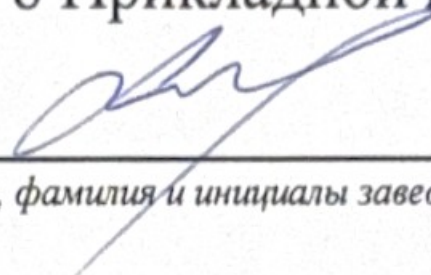
К.Т.Н.

  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчика)

Земсков Ю.В.

И.о. заведующего кафедрой № 8 Прикладной математики и

информатики К.Т.Н.

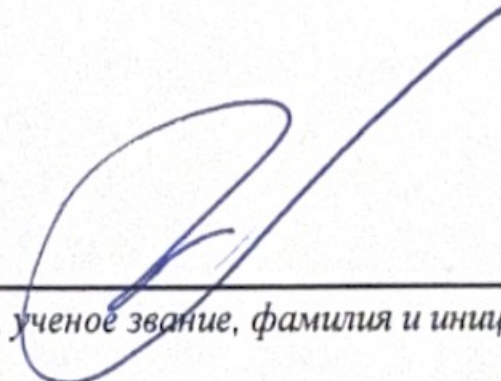
  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Земсков Ю.В.

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

Д.Т.Н., доцент

  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

Костин Г.А.

Программа рассмотрена и согласована на заседании Учебно-методического совета Университета «29» октября 2025 года, протокол № 2.