



**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

» апреля 2024 года

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Практикум по системам автоматизированного проектирования и  
моделирования беспилотных авиационных систем**

Направление подготовки  
**25.04.03 Аэронавигация**

Направленность программы (профиль)  
**Интеллектуальные технологии в беспилотных авиационных системах**

Квалификация выпускника  
**магистр**

Форма обучения  
**очная**

Санкт-Петербург  
2024

## **1 Цели освоения дисциплины**

Цель освоения дисциплины «Практикум по системам автоматизированного проектирования и моделирования беспилотных авиационных систем»: формирование у студентов профессиональных компетенций и практических навыков в области систем автоматизированного проектирования и моделирования беспилотных авиационных систем, необходимых для успешной работы в сфере интеллектуальных технологий в беспилотной авиации.

Задачами освоения дисциплины являются:

1. Изучение основ работы с системами автоматизированного проектирования, используемыми в отрасли беспилотной авиации, включая основные инструменты и функции.
2. Приобретение навыков составления и редактирования чертежей, схем и других графических документов, используемых в проектировании беспилотных авиационных систем.
3. Освоение методов и алгоритмов моделирования беспилотных летательных аппаратов и их компонентов.
4. Получение знаний о современных подходах к проектированию беспилотных авиационных систем с использованием систем автоматизированного проектирования и моделирования.
5. Развитие умений работы с базами данных и библиотеками компонентов беспилотных авиационных систем для создания моделей и проведения исследований.
6. Изучение принципов разработки и реализации алгоритмов управления для беспилотных авиационных систем и их интеграция с системами автоматизированного проектирования.
7. Освоение методик оценки эффективности и надежности систем автоматизированного проектирования беспилотных авиационных систем на основе анализа результатов моделирования.

Дисциплина «Практикум по системам автоматизированного проектирования и моделирования беспилотных авиационных систем» обеспечивает подготовку обучающегося к решению задач профессиональной деятельности научно-исследовательского типа.

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

Дисциплина «Практикум по системам автоматизированного проектирования и моделирования беспилотных авиационных систем» представляет собой дисциплину, относящуюся к Блоку 1 цикла дисциплин ОПОП ВО по направлению подготовки 25.04.03 «Аэронавигация», профиль «Интеллектуальные технологии в беспилотных авиационных системах».

Дисциплина «Практикум по системам автоматизированного проектирования и моделирования беспилотных авиационных систем» базируется на резуль-

татах обучения, полученных при изучении дисциплины «Архитектура беспилотных авиационных систем»

Дисциплина «Практикум по системам автоматизированного проектирования и моделирования беспилотных авиационных систем» является обеспечивающей для дисциплин: «Программное обеспечение беспилотных авиационных систем», «Аппаратное обеспечение беспилотных авиационных систем».

Дисциплина изучается во 2 семестре.

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

Процесс освоения дисциплины «Практикум по системам автоматизированного проектирования и моделирования беспилотных авиационных систем» направлен на формирование следующих компетенций: ПК-3; ПК-4; ПК-5.

Код компетенции/ индикатора	Результат обучения: наименование компетенции, индикатора компетенции
ПК-3	Способен осуществлять критический анализ научных достижений, а также использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам (ПК-3)
ИД <sup>1</sup> <sub>ПК-3</sub>	Умеет анализировать и оценивать научные достижения в области аэронавигации и беспилотной авиации
ИД <sup>2</sup> <sub>ПК-3</sub>	Демонстрирует глубокое понимание научных достижений и способность критически оценивать их актуальность, достоверность и применимость к профессиональной деятельности
ПК-4	Способен к исследованию и разработке алгоритмов функционирования беспилотных авиационных систем (ПК-4)
ИД <sup>1</sup> <sub>ПК-4</sub>	Может исследовать и анализировать существующие алгоритмы функционирования беспилотных систем
ИД <sup>2</sup> <sub>ПК-4</sub>	Способен разрабатывать и внедрять новые алгоритмы функционирования беспилотной авиационной системы, учитывая технические, экологические и законодательные требования
ПК-5	Способен к разработке программного обеспечения для беспилотных авиационных систем (ПК-5)
ИД <sup>1</sup> <sub>ПК-5</sub>	Может работать с существующими программными пакетами и инструментами для разработки ПО беспилотных авиационных систем
ИД <sup>2</sup> <sub>ПК-5</sub>	Демонстрирует способность разрабатывать программное обеспечение для БАС

Планируемые результаты изучения дисциплины:

### ЗНАТЬ:

Основы работы с системами автоматизированного проектирования  
Методы и алгоритмы моделирования беспилотных летательных аппаратов  
Принципы разработки и реализации алгоритмов управления  
Основные методы и подходы к критическому анализу научных достижений  
Современные подходы к проектированию беспилотных авиационных систем

### УМЕТЬ:

Составлять и редактировать чертежи и схемы  
Проводить численные расчеты аэродинамических и прочностных характеристик  
Разрабатывать и интегрировать системы автоматизированного проектирования  
Использовать современные подходы и методы для решения профессиональных задач  
Работать с базами данных, библиотеками компонентов и программным обеспечением

### ВЛАДЕТЬ:

Навыками работы с системами автоматизированного проектирования  
Методами и алгоритмами моделирования беспилотных авиационных систем  
Принципами оценки эффективности и надежности систем  
Современными методами и технологиями в области аэронавигационного обеспечения  
Навыками критического анализа научных достижений и применения их на практике

## 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестр
		2
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Контактная работа:	50,5	50,5
лекции	–	–
практические занятия	50	50
семинары	–	–
лабораторные работы	–	–
курсовой проект (работа)	4	4

Наименование	Всего часов	Семестр
		2
Самостоятельная работа студента	81	81
Промежуточная аттестация:	9	9
контактная работа	0,5	0,5
самостоятельная работа по подготовке к зачету с оценкой	8,5	8,5

## 5 Содержание дисциплины

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

Темы (разделы) дисциплины	Количество часов	Компетенции			Образовательные технологии	Оценочные средства
		ПК-3	ПК-4	ПК-5		
Тема 1. Введение в системы автоматизированного проектирования и моделирования беспилотных авиационных систем	9	+	+	+	ВК, ПЗ, СРС	Пр
Тема 2. Логическое моделирование	9	+	+	+	ПЗ, СРС	Пр
Тема 3. Схемотехническое моделирование	9	+	+	+	ПЗ, СРС	Пр
Тема 4. Моделирование микропроцессорных устройств и систем	9	+	+	+	ПЗ, СРС	Пр
Тема 5. Моделирование систем управления	11	+	+	+	ПЗ, СРС	Пр
Тема 6. Моделирование и проектирование систем связи	11	+	+	+	ПЗ, СРС	Пр
Тема 7. 3D-моделирование узлов и конструкций	15	+	+	+	ПЗ, СРС	Пр
Тема 8. Моделирование аэродинамических ха-	12	+	+	+	ПЗ, СРС	Пр

Темы (разделы) дисциплины	Количество часов	Компетенции			Образовательные технологии	Оценочные средства
		ПК-3	ПК-4	ПК-5		
Характеристик						
Тема 9. Моделирование навигационных систем	20	+	+	+	ПЗ, СРС	Пр
Тема 10. Полетные контроллеры	12	+	+	+	ПЗ, СРС	Пр
Тема 11. Моделирование окружающей обстановки и подстилающей поверхности	16	+	+	+	ПЗ, СРС	Пр
Итого за 2 семестр	135					
Промежуточная аттестация	9					
Итого по дисциплине	144					

Сокращения: ВК – входной контроль, Пр – проект, СРС – самостоятельная работа студента.

## 5.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	С	ЛР	СРС	КР	Всего часов
семестр 2							
Тема 1. Введение в системы автоматизированного проектирования и моделирования беспилотных авиационных систем		2			7		9
Тема 2. Логическое моделирование		2			7		9
Тема 3. Схемотехническое моделирование		2			7		9
Тема 4. Моделирование микропроцессорных устройств и систем		2			7		9
Тема 5. Моделирование систем управления		4			7		11

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	С	ЛР	СРС	КР	Всего часов
Тема 6. Моделирование и проектирование систем связи		4			7		11
Тема 7. 3D-моделирование узлов и конструкций		8			7		15
Тема 8. Моделирование аэродинамических характеристик		4			8		12
Тема 9. Моделирование навигационных систем		12			8		20
Тема 10. Полетные контроллеры		4			8		12
Тема 11. Моделирование окружающей обстановки и подстилающей поверхности		4			8	4	16
Итого за 2 семестр	–	50	–	–	81	4	135
Промежуточная аттестация							9
Итого по дисциплине							144

Сокращения: Л – лекции, ПЗ – практические занятия, С – семинары, ЛР – лабораторные работы, СРС – самостоятельная работа студента, КР – курсовая работа.

### 5.3 Содержание дисциплины

#### **Тема 1. Введение в системы автоматизированного проектирования и моделирования беспилотных авиационных систем**

Основные понятия и определения. Классификация методов моделирования систем и обзор программного обеспечения. История развития систем автоматизированного проектирования. Обзор и классификация современных систем автоматизированного проектирования.

#### **Тема 2. Логическое моделирование.**

Моделирование и автоматизированное проектирование логических схем и устройств. Комбинационные и последовательностные схемы. Математические модели, алгоритмы анализа и синтеза логических схем.

#### **Тема 3. Схемотехническое моделирование.**

Моделирование и автоматизированное проектирование аналоговых и цифровых электронных схем. Графовые модели и модели элементов.

#### **Тема 4. Моделирование микропроцессорных устройств и систем.**

Языки описания аппаратных средств. Процессы жизненного цикла аппаратных средств автоматизированных систем обработки информации и управления. Верификация систем авионики.

### **Тема 5 Моделирование систем управления.**

Математические методы моделирования динамических систем. Типовые звенья и их характеристики. Системы с обратной связью. Моделирование цифровых систем управления. Моделирование систем управления беспилотными летательными аппаратами.

### **Тема 6. Моделирование и проектирование систем связи.**

Модели сигналов и систем обработки и передачи информации. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Методы модуляции. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов. Методы повышения помехоустойчивости. Криптографические методы защиты информации.

### **Тема 7. 3D-моделирование узлов и конструкций**

Математические основы 3D моделирования Основные понятия и определения. Трёхмерное пространство Объекты в 3D моделировании Системы координат. Математические операции в 3D пространстве. Позиционирование объектов. Трансформации объектов. Группировка объектов. Аналитические методы моделирования. Поверхности и их аппроксимация. Кривые и их параметризация. Твердотельное моделирование.

Проектирование узлов БАС. Основные компоненты БАС. Требования к узлам БАС. Прочность и жесткость. Весовые характеристики. Аэродинамические характеристики. Методы оптимизации конструкции. Моделирование нагрузок. Расчёт на прочность. Выбор материалов и технологий. Разработка 3D моделей БЛА в САД-системах.

### **Тема 8. Моделирование аэродинамических характеристик.**

Цели и задачи моделирования аэродинамических характеристик БЛА. Методы моделирования воздушных потоков и аэродинамических сил. Применение специализированных программ для расчета аэродинамических характеристик. Анализ полученных данных и определение оптимальных конструктивных решений.

### **Тема 9. Моделирование навигационных систем.**

Классификация навигационных систем. Инерциальные навигационные системы. БИНС. Кватернионы. Уравнения ориентации Эйлера. Уравнения ориентации Пуассона. Уравнения с параметрами Родрига-Гамильтона. Уравнения в параметрах вектора ориентации. Демпфирование колебаний. Коррекция БИНС. Калибровка БИНС. Моделирование работы БИНС. Проектирование БИНС.

Основы моделирования спутниковых навигационных систем.

Основы визуальной навигации БЛА. Визуальная одометрия.

Комплексирование навигационных измерений.

### **Тема 10. Полетные контроллеры.**

Программное и аппаратное обеспечение полетных контроллеров БЛА. Обзор программных аппаратных средств БАС. Выбор и обоснование аппаратной

платформы для разработки контроллера. Компоненты аппаратного обеспечения: процессоры, сенсоры, GPS-приемники, радиомодули, регуляторы оборотов двигателей. Реализация алгоритмов автоматического управления и стабилизации БЛА.

### **Тема 11. Моделирование окружающей обстановки и подстилающей поверхности.**

Имитационное моделирование полета БЛА. Визуализация. 3D-модели элементов окружающей обстановки. Алгоритмы планирования маршрута. Обнаружение и облет препятствий. Построение цифровой модели местности.

Алгоритмы планирования полета группы БЛА.

### **5.4 Практические занятия**

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
1	Практическое занятие 1. Введение в системы автоматизированного проектирования.	2
2	Практическое занятие 2. Моделирование и проектирование логических схем.	2
3	Практическое занятие 3. Схемотехническое моделирование	2
4	Практическое занятие 4. Моделирование микропроцессорных устройств и систем.	2
5	Практическое занятие 5 Моделирование систем управления: аналоговые системы	2
5	Практическое занятие 6. Моделирование систем управления: цифровые системы	2
6	Практическое занятие 7. Системы связи: обработка, передача и прием аналоговых сигналов.	2
6	Практическое занятие 8. Системы связи: обработка, передача и прием цифровых сигналов.	4
7	Практическое занятие 9. 3D-моделирование узлов и конструкций	4
7	Практическое занятие 10. Разработка 3D моделей БЛА в САД-системах	4
8	Практическое занятие 11. Моделирование аэродинамических характеристик БЛА.	4
9	Практическое занятие 12. Моделирование навигационных систем БЛА: БИНС.	4
9	Практическое занятие 13. Моделирование навигацион-	4

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
	ных систем БЛА: спутниковые навигационные системы	
9	Практическое занятие 14. Моделирование навигационных систем БЛА: визуальные системы навигации	4
10	Практическое занятие 15. Полетные контроллеры БЛА	4
11	Практическое занятие 16. Имитационное моделирование полета БЛА	4
Итого по дисциплине		50

### 5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

### 5.6 Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
1	Изучение теоретического материала [1-5]. Подготовка и защита проекта.	7
2	Изучение теоретического материала [1-2]. Подготовка и защита проекта.	7
3	Изучение теоретического материала [1-5]. Подготовка и защита проекта.	7
4	Изучение теоретического материала [1-3]. Подготовка и защита проекта.	7
5	Изучение теоретического материала [3, 4]. Подготовка и защита проекта.	7
6	Изучение теоретического материала [1-4]. Подготовка и защита проекта.	7
7	Изучение теоретического материала [2, 4, 5]. Подготовка и защита проекта.	7
8	Изучение теоретического материала [1-8]. Подготовка и защита проекта.	8
9	Изучение теоретического материала [10, 11]. Подготовка и защита проекта.	8
10	Изучение теоретического материала [9, 12, 14, 15]. Подготовка и защита проекта.	8
11	Изучение теоретического материала [1-4]. Подготовка	8

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
	и защита проекта.	
Итого по дисциплине		81

### 5.7 Курсовые работы

Наименование этапа выполнения курсовой работы (проекта)	Трудоемкость (часы)
Этап 1. Получение задания на курсовую работу; составление плана работы	0,5
Этап 2. Обзор состояния проблемы; изучение источников информации по заданной теме; постановка цели и задач	1
Этап 3. Выполнение поставленных задач	1
Этап 4 Анализ результатов и оформление пояснительной записки	1
Этап 5. Защита курсовой работы	0,5
Итого за 2 семестр:	4

### 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### а) основная литература:

1. Биард, Р. У. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. — Москва : Техносфера, 2015. — 312 с. — ISBN 978-5-94836-393-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/76159> (дата обращения: 31.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Беспилотные летательные аппараты: учебное пособие / С. Н. Денисенко, А. Ю. Смирнов, А. М. Хрусталева, И. Г. Штеренберг. — Санкт-Петербург : СПбГТИ (ТУ), 2023. — 115 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/365894> (дата обращения: 31.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Шаошань, Л. Разработка беспилотных транспортных средств / Л. Шаошань ; научный редактор В. С. Яценков ; перевод с английского П. М. Бомбаковой. — Москва : ДМК Пресс, 2021. — 246 с. — ISBN 978-5-97060-969-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/240956> (дата обращения: 31.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Гутгарц, Р. Д. Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления : учебное пособие для вузов / Р. Д. Гутгарц. — 2-е

изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 351 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15761-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/541196> (дата обращения: 31.03.2024).

5. Системы ориентации и наведения беспилотных летательных аппаратов : учебное пособие / В. В. Лентовский, Т. Н. Князева, А. В. Герт, Л. И. Васильева. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2019. — 86 с. — ISBN 978-5-907054-78-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157075> (дата обращения: 31.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

6. Шалыгин, А. С. Параметрические методы оптимизации в динамике полёта беспилотных летательных аппаратов : учебное пособие / А. С. Шалыгин, И. Л. Петрова, В. А. Санников. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2010. — 126 с. — ISBN 978-5-85546-578-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/64107> (дата обращения: 31.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / К. К. Веремеенко, А. Н. Головинский, В. В. Инсаров, М. Н. Красильщиков ; под редакцией М. Н. Красильщикова, Г. Г. Себрякова. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 280 с. — ISBN 978-5-9221-0409-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59331> (дата обращения: 31.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Красильников, М. Н. Современные информационные технологии. В задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов : учебное пособие / М. Н. Красильников, Г. Г. Серебряков. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 557 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2688> (дата обращения: 31.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Погорелов, В. И. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев : учебное пособие для вузов / В. И. Погорелов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 191 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07627-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/538733> (дата обращения: 31.03.2024)

10. Стогний, В. В. Аэрогеофизика : учебное пособие для вузов / В. В. Стогний. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 242 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14555-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/543258> (дата обращения: 31.03.2024).

11. Проектирование информационных систем : учебник и практикум для вузов / Д. В. Чистов, П. П. Мельников, А. В. Золотарюк, Н. Б. Ничепорук ; под

общей редакцией Д. В. Чистова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 293 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15923-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/536195> (дата обращения: 31.03.2024).

12. Макаров, Л. М. Проектирование беспилотных транспортных средств : учебное пособие / Л. М. Макаров. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2023. — 107 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/381488> (дата обращения: 31.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

13. Пузанов, А. В. Моделирование адаптивной подвески беспилотных транспортных средств : монография / А. В. Пузанов. — Ковров : КГТА имени В. А. Дегтярева, 2021. — 42 с. — ISBN 978-5-86151-677-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/223715> (дата обращения: 31.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

14. Бабеева, Е. Р. Создание и обработка проекта беспилотного летательного аппарата на цифровой фотограмметрической системе PHOTOMOD : методические указания / Е. Р. Бабеева, Н. П. Староста. — Новосибирск : СГУГиТ, 2022. — 32 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/317549> (дата обращения: 31.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

15. Шалыгин, А. С. Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов : учебно-методическое пособие / А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин. — Москва : Машиностроение, 2012. — 584 с. — ISBN 978-5-94275-668-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5807> (дата обращения: 31.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

16. **Федеральная служба государственной статистики.** Официальный сайт. — Режим доступа: <http://www.gks.ru>, свободный (дата обращения 31.03.2024).

17. **Федеральное агентство воздушного транспорта: Росавиация.** Официальный сайт. — Режим доступа: <https://favt.gov.ru>, свободный (дата обращения 31.03.2024).

18. Электронная библиотека научных публикаций "eLIBRARY.RU" [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://elibrary.ru/>, свободный (дата обращения: 31.03.2024).

19. **Библиотека СПбГУ ГА** [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://spbguga.ru/objects/e-library/>, свободный (дата обращения 31.03.2024).

г) программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

20. **Консультант Плюс** [Электронный ресурс]: официальный сайт компании Консультант Плюс. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>, свободный (дата обращения 31.03.2024).

21. **Гарант** [Электронный ресурс] официальный сайт компании Гарант. - Режим доступа: <http://www.aero.garant.ru> , свободный (дата обращения 31.03.2024)

## 7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обеспечения образовательного процесса материально-техническими ресурсами используются аудитории №800 - 805, оборудованные компьютерами и проектором, материалы сети Internet, мультимедийные курсы, оформленные с помощью Microsoft Power Point, используются при проведении лекционных и практических занятий.

Наименование дисциплины	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
Практикум по системам автоматизированного проектирования и моделирования беспилотных авиационных систем	801	Комплект учебной мебели: компьютерные столы, стулья персональные компьютеры с доступом в сеть Интернет, проектор, учебная доска	Microsoft Windows Office Professional Plus 2007 (лицензия № 43471843) VirtualBox (GPL v2) Anaconda3 (BSD license) Scilab (CeCILL) LogiSim (GNU GPL) Visual Studio Community Microsoft Windows Office Professional Plus 2007 (лицензия № 43471843) VisualStudioCommunity (Бесплатноелицензионноеоголашение) LogiSim (GNU GPL) Oracle Linux (GPL) Kaspersky Anti-Virus Suite (лицензия № 1D0A170720092603110550)

## 8 Образовательные и информационные технологии

В рамках изучения дисциплины предполагается использовать следующие образовательные технологии.

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

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.

## **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 промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Оценочные средства включают выполнение проектов на компьютере, связанных с моделированием и проектированием узлов и систем БАС, а также устную защиту проектов.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде зачета с оценкой и защиты курсовой работы во 2 семестре. К моменту сдачи зачета должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля (сданы все программные проекты).

Зачет с оценкой позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

### **9.1. Балльно-рейтинговая система оценки текущего контроля успеваемости и знаний и промежуточной аттестации студентов**

Не применяется.

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

Выполнение и защита проектов оценивается следующим образом:

«зачтено»: обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, дает обоснованную оценку по итогу решения;

«не зачтено»: обучающийся отказывается от выполнения задачи или не способен ее решить самостоятельно, а также с помощью преподавателя.

Курсовая работа оценивается по 4-бальной шкале:

«отлично»: студент показал глубокие знания, применённые им при самостоятельном исследовании избранной темы, способен обобщить практический материал и сделать на основе анализа выводы.

«хорошо» — студент показал в работе и при её защите полное знание материала, но использовал недостаточное количество литературных источников или не в полной мере проявил самостоятельность в исследовании.

«удовлетворительно» — работа имеет существенные недостатки в области качества анализа и интерпретации эмпирических данных или теоретического освещения проблемы.

«неудовлетворительно» — студент не раскрыл основные положения избранной темы, допустил грубые ошибки в содержании работы или плагиат, не продемонстрировал владение навыками исследовательской работы.

### **9.3 Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине**

1. Разработка системы управления беспилотным летательным аппаратом с использованием средств автоматизированного проектирования.
2. Моделирование и анализ навигационных систем беспилотных авиационных систем.
3. Проектирование системы автоматического пилотирования для беспилотного летательного аппарата.
4. Исследование и разработка системы дистанционного управления беспилотным летательным аппаратом самолетного типа.
5. Исследование и разработка системы дистанционного управления квадрокоптером.
6. Анализ и оптимизация алгоритмов маршрутного планирования беспилотного летательного аппарата.

7. Разработка программного обеспечения для моделирования полетов беспилотных летательных аппаратов.
8. Исследование и сравнительный анализ методов обработки данных с бортовой системы беспилотного летательного аппарата.
9. Проектирование и тестирование системы обнаружения и избежания столкновений для беспилотных летательных аппаратов.
10. Разработка системы мониторинга и управления состоянием беспилотного авиационного комплекса.
11. Моделирование и анализ работы беспилотного летательного аппарата в условиях переменных метеорологических условий.
22. Разработка системы автоматического управления беспилотным летательным аппаратом для мониторинга окружающей среды.
23. Проектирование и моделирование беспилотного летательного аппарата с использованием современных систем автоматизированного проектирования.
24. Использование систем автоматизированного моделирования для оптимизации аэродинамических характеристик беспилотных авиационных систем.
25. Исследование и разработка алгоритмов обработки изображений для систем автоматического распознавания объектов на борту беспилотных летательных аппаратов.
26. Моделирование систем автопилотирования беспилотных авиационных комплексов с применением современных методов искусственного интеллекта.
27. Применение систем автоматизированного проектирования для создания электрических и электронных систем беспилотных авиасистем.
28. Создание системы автоматизированного планирования маршрутов для беспилотных авиационных систем с учетом различных факторов.
29. Анализ и моделирование влияния внешних факторов на работу бортовых систем беспилотных летательных аппаратов с помощью систем автоматизированного проектирования.
30. Разработка и применение систем автоматизированного управления энергопотреблением для беспилотных воздушных судов.
31. Исследование влияния параметров двигателей беспилотных авиационных систем на их аэродинамические характеристики с использованием систем автоматизированного моделирования.
32. Оптимизация систем автоматического управления полетом беспилотных авиационных систем с использованием методов математического моделирования и систем автоматизированного проектирования.

## 9.4 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам

1. Какие основные элементы входят в структуру беспилотной авиационной системы?
2. Каковы основные функции системы управления беспилотного воздушного судна?
3. В чем заключается разница между системами автоматического и ручного управления беспилотным воздушным судном?
4. Какие основные типы беспилотных летательных аппаратов вы знаете?
5. Какие существуют стандарты и нормативы в области разработки и эксплуатации беспилотных авиационных систем?
6. Какие конструктивные особенности имеют беспилотные летательные аппараты, предназначенные для выполнения различных задач?

## 9.5 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-3 ПК-4 ПК-5	ИД <sub>ПК-3</sub> <sup>1</sup> ИД <sub>ПК-3</sub> <sup>2</sup>  ИД <sub>ПК-4</sub> <sup>1</sup> ИД <sub>ПК-4</sub> <sup>2</sup>  ИД <sub>ПК-5</sub> <sup>1</sup> ИД <sub>ПК-5</sub> <sup>2</sup>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> Основные принципы и методы критического анализа научных достижений. Современные подходы и методы решения профессиональных задач в области аэронавигационного обеспечения применительно к БАС.</p> <p><b>УМЕТЬ:</b> Анализировать и оценивать научные достижения в области аэронавтики и БАС. Применять современные подходы и методы для решения профессиональных задач при аэронавигационном обеспечении полетов БАС.</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> Навыками критического анализа научных данных в области аэронавтики. Методами и инструментами для решения профессиональных задач по аэронавигационному обеспечению полетов БАС (например, специализированными программами для моделирования полетов).</p>
II этап		

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
ПК-3	ИД <sub>ПК-3</sub> <sup>1</sup> ИД <sub>ПК-3</sub> <sup>2</sup>	ЗНАТЬ: Основные алгоритмы функционирования БАС и их особенности. Методы исследования и разработки алгоритмов для БАС.
ПК-4	ИД <sub>ПК-4</sub> <sup>1</sup> ИД <sub>ПК-4</sub> <sup>2</sup>	УМЕТЬ: Исследовать и анализировать алгоритмы функционирования БАС. 10. Разрабатывать новые алгоритмы для функционирования БАС с учетом специфики задач и условий.
ПК-5	ИД <sub>ПК-5</sub> <sup>1</sup> ИД <sub>ПК-5</sub> <sup>2</sup>	ВЛАДЕТЬ: 11. Навыками разработки и реализации алгоритмов для БАС. 12. Инструментами и технологиями для исследования и разработки алгоритмов (например, средствами моделирования и программирования).

#### Шкала оценивания при проведении промежуточной аттестации

«Отлично» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по рассматриваемой компетенции и умение уверенно применять их на практике при решении задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами. Обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, дает обоснованную оценку итогам решения.

«Хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задачи некоторые неточности, хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, но не всегда делает это самостоятельно без помощи преподавателя. Обучающийся решает задачу верно, но при помощи преподавателя.

«Удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы в рамках заданной компетенции, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах

преподавателя. Ситуационная задача решена не полностью, или содержатся незначительные ошибки в расчетах.

*«Неудовлетворительно»* выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины в рамках компетенций, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач. Не раскрыты глубина и полнота при ответах. Задача не решена даже при помощи преподавателя.

## **9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам обучения по дисциплине**

### **9.6.1 Примерные контрольные задания для проведения текущего контроля успеваемости**

#### **Примерный перечень вопросов для зачета с оценкой:**

1. Какие основные понятия и определения относятся к теме введения в системы автоматизированного проектирования и моделирования беспилотных авиационных систем?

2. Какие методы моделирования систем существуют? Каковы основные этапы процесса моделирования?

3. Какие программные средства используются для автоматизированного проектирования? Каковы их основные характеристики?

4. Какие типы логических схем существуют? Какие математические модели используются для анализа и синтеза логических схем?

5. Чем отличается моделирование аналоговых и цифровых электронных схем? Какие методы моделирования используются для каждого типа?

6. Какие языки описания аппаратных средств применяются при моделировании микропроцессорных устройств и систем? Какие процессы жизненного цикла аппаратных средств следует учитывать?

7. Какие математические методы используются для моделирования динамических систем управления? Каковы основные типовые звенья и их характеристики?

8. Какие методы модуляции используются при моделировании систем связи? Как обеспечивается помехоустойчивость и защита информации?

9. Какие математические основы лежат в основе 3D-моделирования узлов и конструкций? Какие методы используются для моделирования нагрузок и расчета на прочность?

10. Какие цели и задачи ставятся перед моделированием аэродинамических характеристик БЛА? Какие методы применяются для расчета аэродинамических сил?

11. Как классифицируются навигационные системы? Какие методы используются для моделирования работы инерциальных навигационных систем?

12. Какие компоненты аппаратного обеспечения входят в состав полетных контроллеров БЛА? Как обеспечивается автоматическое управление и стабилизация БЛА?

13. Какие основные этапы жизненного цикла системы автоматизированного проектирования и моделирования следует учитывать? Дайте краткое объяснение каждого этапа.

14. Какие преимущества и ограничения применения программных средств автоматизированного проектирования? Какие основные требования следует учитывать при выборе программного обеспечения?

15. Какова роль и значение эргономики в проектировании беспилотных авиационных систем? Какие принципы обеспечивают эффективное взаимодействие человека и системы управления БЛА?

### **Задания для проектов**

Задание 1. Введение в системы автоматизированного проектирования.

Задание 2. Моделирование и проектирование логических схем.

Задание 3. Схемотехническое моделирование 2

Задание 4. Моделирование микропроцессорных устройств и систем.

Задание 5 Моделирование систем управления: аналоговые системы

Задание 6. Моделирование систем управления: цифровые системы

Задание 7. Системы связи: обработка, передача и прием аналоговых сигналов.

Задание 8. Системы связи: обработка, передача и прием цифровых сигналов.

Задание 9. 3D-моделирование узлов и конструкций

Задание 10. Разработка 3D моделей БЛА в САД-системах

Задание 11. Моделирование аэродинамических характеристик БЛА.

Задание 12. Моделирование навигационных систем БЛА: БИНС

Задание 13. Моделирование навигационных систем БЛА: спутниковые навигационные системы

Задание 14. Моделирование навигационных систем БЛА: визуальные системы навигации

Задание 15. Полетные контроллеры БЛА

Задание 16. Имитационное моделирование полета БЛА

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

Методика преподавания дисциплины «Практикум по системам автоматизированного проектирования и моделирования 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 СПб ГУГА 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 виде зачета с оценкой во 2 семестре. К моменту сдачи зачета должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля. Зачет позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 25.04.03 Аэронавигация.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры № 14 «Аэродинамики и динамики полета»

«13» марта 2024 года, протокол № 8.

Разработчик:

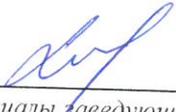
К.Т.Н.

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

Ю.В. Земсков

И.о. заведующего кафедрой № 8 «Прикладной математики и информатики»

К.Т.Н.

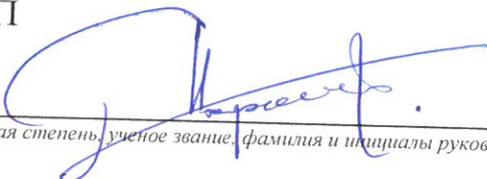
  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Ю.В. Земсков

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

К.Т.Н., доцент

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

Н.Е. Баранов

Программа рассмотрена и согласована на заседании Учебно-методического совета Университета «17» апреля 2024 года, протокол № 7.