

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета машиностроения и  
аэрокосмической техники

 /И.Г. Дроздов/

\_\_\_\_\_ 202\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Аддитивные технологии в робототехнических системах»

Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение

Профиль Интеллектуальные автономные робототехнические комплексы

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2024

Автор программы \_\_\_\_\_ М.В. Паринов

Заведующий кафедрой  
Мехатроники и  
робототехники \_\_\_\_\_ М.В. Паринов

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_ М.В. Паринов

Воронеж 2024

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины «Аддитивные технологии в робототехнических системах» являются формирование у студентов общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС,

Понимание основ аддитивных технологий:

Знакомство с теоретическими основами аддитивного производства, включая процесс создания объектов путем послойного наращивания материала.

Интеграция аддитивных технологий в робототехнику:

Анализ возможностей использования аддитивных технологий для создания компонентов робототехнических систем, улучшения их функциональности и сокращения затрат.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

- Исследовать материалы, используемые в аддитивных технологиях, их свойства и поведение.

- Освоить методы 3D-моделирования и использование САД-систем для создания печатных объектов.

- Изучить правила проектирования для аддитивных технологий с учетом их особенностей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Аддитивные технологии в робототехнических системах» относится обязательной части блока ФТД.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Аддитивные технологии в робототехнических системах» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Готовность участвовать в разработке программы обследования объекта управления и выработки исходных

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	знать методы моделирования и анализа роботизированных систем.
	уметь проводить обследование объектов управления и собирать необходимые данные.
	владеть навыками использования инструментов и программ для сбора и анализа данных.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Аддитивные технологии в робототехнических системах» составляет 2 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	20	20
В том числе:		
Лекции	10	10
Практические занятия (ПЗ)	10	10
<b>Самостоятельная работа</b>	52	52
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	72	72
зач.ед.	2	2

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в аддитивные технологии в робототехнических системах	Введение в основную терминологию и понятия. История и развитие аддитивных технологий. Принципы работы аддитивных технологий.	4	4	13	21
2	Энергетические системы и силовые установки	Виды силовых установок и источников энергии. Бортовые энергетические системы. Электродвигатели и двигатели внутреннего сгорания. Аспекты выбора и интеграции силовой установки в конструкцию беспилотной системы. Эффективность и оптимизация энергопотребления.	2	2	13	17
3	Связь и передача данных в беспилотных системах	Технологии и протоколы связи. Радиосвязь и передача данных. Методы защиты информации. Системы обмена данными между БЛА и наземными станциями. Обеспечение надежности и устойчивости каналов связи.	2	2	13	17
4	Обучение и квалификация операторов. Будущее беспилотных систем	Требования к обучению, психологические и физические аспекты. Тенденции, инновации, проблемы и вызовы в индустрии	2	2	13	17
<b>Итого</b>			<b>10</b>	<b>10</b>	<b>52</b>	<b>72</b>

#### 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Подготовка 3D-модели для печати с использованием программного обеспечения для слайсинга.
2. Изучение материалов для 3D-печати

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	знать методы моделирования и анализа роботизированных систем.	Проверочная работа, лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь проводить обследование объектов управления и собирать необходимые данные.	Проверочная работа, лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками использования инструментов и программ для сбора и анализа данных.	Проверочная работа, лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3, 4 семестре для очной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-2	знать методы моделирования и анализа роботизированных систем.	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь проводить обследование объектов управления и собирать	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	необходимые данные.			
	владеть навыками использования инструментов и программ для сбора и анализа данных.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

ИЛИ

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-2	знать методы моделирования и анализа роботизированных систем.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь проводить обследование объектов управления и собирать необходимые данные.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками использования инструментов и программ для сбора и анализа данных.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Какие основные компоненты входят в состав беспилотной летательной системы (БЛС)?

- Пилотируемый модуль, автопилот, камера
- Летательный аппарат, система управления, система связи +
- Силовая установка, парашют, автопилот
- Навигационная система, пилотируемый модуль, камера

2. Что является основным источником энергии для большинства современных БЛА?

- Бензиновые двигатели
- Дизельные двигатели
- Электрические аккумуляторы +

d) Паровые турбины

3. Какая система используется для глобального позиционирования БЛА?

a) RADAR

b) GPS +

c) SONAR

d) LiDAR

4. Что такое инерциальная навигационная система (INS)?

a) Система, использующая радиосигналы для навигации

b) Система, использующая инерционные датчики для отслеживания положения и движения +

c) Система, основанная на оптических датчиках

d) Система, использующая лазеры для измерения расстояний

5. Какой метод используется для повышения надежности передачи данных между БЛА и наземной станцией?

a) Компрессия данных

b) Шифрование данных

c) Множественное резервирование каналов связи +

d) Увеличение мощности передатчика

6. Какая технология наиболее распространена для создания 3D моделей БЛА?

a) САПР (CAD) +

b) Фотограмметрия

c) 3D-сканирование

d) Ручное черчение

7. Что такое "крейсерская скорость" БЛА?

a) Максимальная скорость, на которую способен БЛА

b) Минимальная скорость для устойчивого полета

c) Оптимальная скорость для экономии топлива и ресурсов +

d) Скорость взлета

8. Какой из следующих факторов НЕ является основным при выборе материалов для конструкции БЛА?

a) Прочность материала

b) Вес материала

c) Стоимость материала

d) Цвет материала +

9. Какая система управления используется для стабилизации полета БЛА?

a) Автопилот +

- b) Ручное управление
- c) Система аварийного спасения
- d) Наземная станция управления

10. Что такое "циклическая проверка избыточности" (CRC) в контексте передачи данных БЛА?

- a) Метод коррекции ошибок на основе паритета
- b) Метод проверки и исправления ошибок при передаче данных +
- c) Метод шифрования данных
- d) Метод сжатия данных

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Какая из следующих характеристик НЕ относится к основным аэродинамическим параметрам БЛА?

- a) Подъемная сила
- b) Лобовое сопротивление
- c) Масса аппарата +
- d) Угол атаки

2. Какой тип аккумуляторов наиболее часто используется в современных БЛА?

- a) Никель-кадмиевые (NiCd)
- b) Литий-ионные (Li-ion) +
- c) Свинцово-кислотные
- d) Никель-металлогидридные (NiMH)

3. Какая система обеспечивает передачу команд и данных между БЛА и наземной станцией?

- a) INS
- b) GPS
- c) Радиоканал связи +
- d) Оптический канал связи

4. Что такое "радиус действия" БЛА?

- a) Максимальная скорость полета БЛА
- b) Максимальная высота полета БЛА
- c) Максимальное расстояние, на которое БЛА может отдалиться от оператора +
- d) Максимальное время полета БЛА

5. Какие датчики чаще всего используются для определения высоты полета БЛА?

- a) Гироскопы

- b) Барометрические датчики +
- c) Температурные датчики
- d) Магнитометры

6. Что такое "миссия" в контексте использования БЛА?

- a) Процесс сборки и настройки БЛА
- b) Программа полета и задания, выполняемые БЛА +
- c) Процесс зарядки аккумуляторов БЛА
- d) Обслуживание и ремонт БЛА

7. Какие параметры определяют эффективность силовой установки БЛА?

- a) Мощность и вес установки
- b) КПД и потребление энергии +
- c) Длина и ширина установки
- d) Цвет и форма установки

8. Какой метод используется для стабилизации полета БЛА в ветреных условиях?

- a) Увеличение крейсерской скорости
- b) Использование гироскопических датчиков и автопилота +
- c) Увеличение массы БЛА
- d) Использование более прочных материалов

9. Какая из следующих задач является основной при проектировании корпуса БЛА?

- a) Обеспечение минимального веса при максимальной прочности +
- b) Обеспечение максимального объема для полезной нагрузки
- c) Обеспечение яркого и заметного окраса
- d) Обеспечение легкости сборки

10. Что такое "зона безопасности" при запуске БЛА?

- a) Область, где запрещено присутствие людей и техники во время взлета и посадки +
- b) Область, где происходит сборка и настройка БЛА
- c) Область, предназначенная для хранения БЛА
- d) Область, где хранятся запчасти для БЛА

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Какой датчик используется для определения ориентации БЛА в пространстве?

- a) Барометр
- b) Гироскоп +
- c) Термистор

d) Вольтметр

Какое преимущество дает использование карбоновых материалов в конструкции БЛА?

- a) Повышенная прочность и легкость +
- b) Повышенная гибкость
- c) Низкая стоимость
- d) Простота обработки

Что такое "рейнджер" в контексте систем управления БЛА?

- a) Датчик высоты
- b) Датчик дистанции до препятствий +
- c) Датчик скорости
- d) Датчик температуры

Какая система предотвращает столкновения БЛА с препятствиями?

- a) INS
- b) Система избегания столкновений (collision avoidance system) +
- c) GPS
- d) Система дистанционного управления

Какая из следующих функций выполняется наземной станцией управления БЛА?

- a) Обеспечение физической поддержки БЛА
- b) Передача и прием команд управления +
- c) Заправка топливом
- d) Техническое обслуживание

Какой тип миссий чаще всего требует наличия камеры на борту БЛА?

- a) Доставка грузов
- b) Метеорологический мониторинг
- c) Аэрофотосъемка +
- d) Геолокация

Что такое "FPV" в контексте беспилотных систем?

- a) Полет по заранее заданному маршруту
- b) Полет с использованием первого лица (First Person View) +
- c) Полет в ручном режиме
- d) Полет на автопилоте

Какой метод используется для увеличения времени полета БЛА?

- a) Увеличение массы полезной нагрузки
- b) Использование более емких аккумуляторов +
- c) Уменьшение размеров крыла
- d) Увеличение скорости полета

Какой тип миссий наиболее часто использует беспилотные подводные аппараты (БПА)?

- a) Мониторинг сельскохозяйственных угодий
- b) Исследование морских глубин и дна океана +
- c) Аэрофотосъемка
- d) Метеорологический мониторинг

Какая система используется для стабилизации изображения при аэрофотосъемке БЛА?

- a) INS
- b) Гиристабилизированная подвеска +
- c) GPS
- d) Система охлаждения

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. Основные компоненты беспилотной летательной системы (БЛС).
2. Типы беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и их классификация.
3. Принципы работы и типы систем управления БЛА.
4. Основные этапы проектирования БЛА.
5. Типы силовых установок, используемых в БЛА, и их характеристики.
6. Принципы аэродинамики и их применение в конструировании БЛА.
7. Системы навигации и их использование в БЛА.
8. Особенности разработки программного обеспечения для систем управления БЛА.
9. Методы и средства тестирования и отладки БЛА.
10. Экологические и экономические аспекты эксплуатации БЛА.

#### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

*(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.*

*1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.*

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в проектирование и конструирование беспилотных систем	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Аэродинамика и конструкция беспилотных летательных аппаратов (БЛА)	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Системы управления и навигации беспилотных систем	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Энергетические системы и силовые установки	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Связь и передача данных в беспилотных системах	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Практические аспекты разработки и испытаний беспилотных систем	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач

на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

Чижов М.И., Мануковский А.Ю. САПР технологического оснащения: Учеб. Пособие. Воронеж, 2011. магн.  
[http://calsvstu.ru/images/files/pdf/saprto\\_up.pdf](http://calsvstu.ru/images/files/pdf/saprto_up.pdf)

2. Хохленков Р.В. Solid Edge с синхронной технологией. М., ДМК Пресс, 2010. 376 с. Электр.

3. Данилов Ю., Артамонов И. Практическое использование NX М., ДМК Пресс, 2011. 332 с. Электр.

### **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Microsoft Windows 7, SolidWorks, MATLAB, NX, Microsoft Office 2013 (Word, Access, Excel, PowerPoint, Visio).

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная проектором

Проведение лабораторных работ проводятся в специализированной лаборатории

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Проектирование и конструирование беспилотных систем» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета \_\_\_\_\_. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"><li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li><li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li><li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li><li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li><li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li></ul>

Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.
---------------------------------------	--

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--