



## СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	3
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ .....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ .....	5
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	6
4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля .....	6
4.2.2. Лекционный курс .....	7
4.2.3. Лабораторный практикум .....	8
4.2.4. Практические занятия .....	10
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	11
5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям .....	11
5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям .....	11
5.3. Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям .....	12
5.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	12
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	13
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	14
7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы .....	14
7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» .....	14
7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение .....	14
8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий .....	15
8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся .....	15
8.3. Требования к специализированному оборудованию .....	15
9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ .....	16
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ .....	17
ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	17
1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	18
2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины .....	18
3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины .....	19
4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине .....	22
5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции .....	29
Приложение 1. Фонд оценочных средств	
Приложение 2. Аннотация рабочей программы	

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Компьютерный инжиниринг и прототипирование» является:

- формирование навыков применения математического моделирования и компьютерного анализа в инженерных расчетах;
- освоение современных технологий компьютерного проектирования (CAD/CAM/CAE) и прототипирования (3D-печать, лазерная резка, ЧПУ);
- развитие умений работы с нормативной документацией и стандартами в области цифрового проектирования;
- изучение принципов разработки алгоритмов и программного обеспечения для управления робототехническими системами;
- формирование компетенций в области автоматизированного проектирования и оптимизации инженерных решений .

При этом *задачами* дисциплины являются:

- изучение основ математического моделирования и численных методов для решения инженерных задач;
- освоение современных CAD-систем для проектирования деталей и сборок;
- применение методов конечно-элементного анализа (FEA) и компьютерного инжиниринга (CAE) для проверки прочности и оптимизации конструкций;
- изучение технологий аддитивного производства (3D-печать) и субтрактивного производства (ЧПУ, лазерная резка);
- анализ нормативно-технической документации (ГОСТ, ISO) при проектировании и прототипировании;
- практическое применение системного подхода при решении комплексных задач компьютерного инжиниринга.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Дисциплина «Компьютерный инжиниринг и прототипирование» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 Дисциплины (модули), имеет тесную связь с другими дисциплинами.

2.2. В таблице приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП.

### Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1.	Информатика Системы автоматизированного проектирования	Цифровые двойники в промышленной робототехнике

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Планируемые результаты освоения образовательной программы (ОП) – компетенции обучающихся определяются требованиями стандарта по направлению подготовки и формируются в соответствии с матрицей компетенций ОП

№ п/п	Номер/ индекс компетенции	Наименование компетенции (или ее части)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:
1	2	3	4
1.	ПК-1	Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем	<b>ПК-1.1.</b> Выполняет анализ технического задания и нормативной документации (ГОСТ, ЕСКД и др.). <b>ПК-1.2.</b> Определяет функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию. <b>ПК-1.3.</b> Обосновывает выбор материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов <b>ПК 1.4.</b> Разрабатывает чертежи общего вида, сборочные чертежи, детализовки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.
2.	ПК-3	Способен разрабатывать электронные устройства мехатронных и робототехнических систем	<b>ПК-3.1.</b> Разрабатывает структурные и принципиальные схемы устройства с учётом совместимости с другими подсистемами мехатронной или робототехнической системы. <b>ПК-3.2.</b> Проводит моделирование и функциональную проверку разработанного устройства с использованием программных и аппаратных средств. <b>ПК-3.3.</b> Выполняет разработку печатных плат, компоновку узлов и трассировку с учётом норм ЭМС, тепловых и технологических требований.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

*Очная форма обучения*

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры
			№ 7
			часов
1		2	3
<b>Аудиторная контактная работа (всего)</b>		<b>50</b>	<b>50</b>
В том числе:			
Лекции (Л)		16	16
Лабораторные занятия (ЛЗ)		34	34
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)		-	-
<b>Контактная внеаудиторная работа</b>		<b>1,7</b>	<b>1,7</b>
В том числе индивидуальные групповые консультации		1,7	1,7
<b>Самостоятельная работа обучающегося (СРО)** (всего)</b>		<b>56</b>	<b>56</b>
<i>Подготовка к лабораторным занятиям (ЛЗ)</i>		36	36
<i>Подготовка к тестовому контролю</i>		10	10
<i>Подготовка к промежуточному контролю (ППК)</i>		10	10
<b>Промежуточная аттестация</b>	Зачет (З) <b>в том числе:</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
	<b>Прием зач., час.</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
	СРО, час.	-	-
<b>ИТОГО: Общая трудоемкость</b>	<b>часов</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

## 4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

*Очная форма обучения*

№ п/п	№ семестра	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу обучающихся (в часах)					Формы текущей и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	СРО	все го	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	3	Раздел 1. CAD/CAE-моделирование в робототехнике	6	14	-	18	38	Тестовый контроль
2.	3	Раздел 2. Технологии прототипирования и цифровое производство	6	14	-	18	38	Тестовый контроль
3.	3	Раздел 3. Цифровые двойники и виртуальная отладка	4	6	-	20	30	Тестовый контроль
4.	3	Внеаудиторная контактная работа					1,7	Индивидуальные и групповые консультации
5.	3	Промежуточная аттестация					0,3	Зачет
		<b>ИТОГО:</b>	16	34	-	56	108	

#### 4.2.2. Лекционный курс

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы лекции	Содержание лекции	Всего часов
1	2	3	4	5
<b>Семестр 7</b>				<b>ОФО</b>
1.	Раздел 1. CAD/CAE-моделирование в робототехнике	Введение в компьютерный инжиниринг. Основы CAD-моделирования	Роль цифрового проектирования в робототехнике. Эскизы, твердотельное и параметрическое моделирование. Принципы построения 3D-геометрии. Инженерный цикл: от идеи до модели.	2
2.	Раздел 1. CAD/CAE-моделирование в робототехнике	Сборочные модели и подготовка конструкторской документации	Создание сборок, типы сопряжений. Проверка кинематических зависимостей. Дефектоскопия моделей: коллизии, несоосности. Чертежи, спецификации, экспорт STEP/STL	2
3.	Раздел 1. CAD/CAE-моделирование в робототехнике	Основы CAE и инженерный анализ конструкций	МКЭ: принципы и область применения. Прочностной, тепловой, модальный анализ. Топологическая оптимизация под прототипирование. Связка CAD→CAE в инженерном цикле	2
4.	Раздел 2. Технологии прототипирования и цифровое производство	Технологии быстрого прототипирования: обзор и классификация	FDM/SLA/SLS: особенности, материалы, ограничения. CNC-обработка, литьё, комбинированные технологии. Выбор технологии под задачу робототехники	2
5.	Раздел 2. Технологии прототипирования и цифровое производство	3D-печать в инженерной практик	Подготовка моделей: толщина стенок, поддержка, ориентирование. Параметры печати и их влияние на качество. Типичные дефекты и способы их минимизации. Практические рекомендации для робототехнических узлов	2
6.	Раздел 2. Технологии прототипирования и цифровое производство	Технологическая подготовка производства прототипов	Оценка технологичности конструкций. Проектирование техпроцесса изготовления. Карты маршрутов, производственные данные. Взаимосвязь конструкторских решений и производства	2
7.	Раздел 3. Цифровые двойники и виртуальная отладка	Цифровые двойники в робототехнике: принципы и инструменты	Понятие цифрового двойника. Интеграция CAD-моделей в виртуальные среды. ROS, Gazebo, Webots, MATLAB Simscape	2

8.	Раздел 3. Цифровые двойники и виртуальная отладка	Виртуальная отладка робототехнических систем	Настройка сцены и физических свойств. Моделирование кинематики и динамики. Тестирование механизмов и анализ траекторий. Валидация виртуального прототипа	2
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>16</b>

#### 4.2.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Содержание лабораторной работы	Всего часов
1	2	3	4	5
<b>Семестр 7</b>				<b>ОФО</b>
1.	Раздел 1. CAD/CAE-моделирование	Освоение инженерного ПО, создание базовых моделей.	Настройка интерфейса. Работа с файлами, управление версиями проекта. Создание базовых эскизов: линии, дуги, привязки. Построение простых тел: выдавливание, вращение, вырезы.	2
2.		Параметрическое моделирование детали.	Создание таблицы параметров. Установка зависимых размеров. Проектирование детали, изменяемой одним параметром. Проверка связности при изменении размеров.	2
3.		Проектирование корпуса или узла робота.	Моделирование оболочек, рёбер жесткости, направляющих. Места под крепёж: стойки, посадки, отверстия. Учёт сборочных зазоров.	2
4.		Сборка механизма, проверка кинематики.	Импорт отдельных деталей в сборку. Наложение сопряжений: совпадение, параллельность, вращение, направляющие. Проверка на коллизии. Визуализация движения механизма.	2
5.		Прочностной анализ (МКЭ).	Назначение материалов. Создание сетки. Задание закреплений и нагрузок. Получение и анализ результатов: напряжения, деформации, коэффициент	2

			запаса.	
6.		Тепловой/модальный анализ.	Теплоотвод и теплопередача в стационарных условиях. Определение тепловых потоков и температурных полей. Модальный анализ: поиск собственных частот и форм колебаний.	2
7.		Топологическая оптимизация под 3D-печать.	Создание исходной модели. Определение зон запрета и зон опоры. Построение оптимизированного объёма. Перенос результата в CAD и сглаживание поверхности.	2
8.	Раздел 2. Технологии прототипирования	Подготовка моделей к 3D-печати.	Проверка толщина стенок, углов свеса, наличия замкнутых полостей. Добавление фасок/скруглений под FDM. Редизайн под технологичность.	2
9.		Работа со слайсером, настройка режимов печати.	Настройка сопла, слойности, инфила, поддержек. Расчёт времени и расхода филамента. Превью траекторий сопла.	2
10		Практическая печать детали.	Подготовка принтера: калибровка стола, подача филамента. Загрузка G-кода. Контроль процесса печати, устранение дефектов первых слоёв.	2
11		Постобработка и контроль размеров.	Снятие поддержек, шлифование, обезжиривание. Измерение штангенциркулем и микрометром. Оценка погрешности размеров.	2
12		Проектирование техпроцесса изготовления прототипа.	Определение этапов производства. Выбор оборудования. Расчёт времени изготовления. Оформление технологической карты.	2
13		Анализ технологичности конструкции.	Анализ ориентации деталей. Минимизация поддержек. Упрощение модели без потери функционала.	2
14		Подготовка производственного комплекта данных (чертежи, маршруты).	Подготовка чертежей. Формирование спецификации. Подготовка файлов: STL, STEP, G-код, маршрутная карта.	2

15	Раздел 3. Цифровые двойники и виртуальная отладка	Импорт CAD-модели в симулятор	Экспорт в URDF/SDF/OBJ/STEP. Создание сцены, настройка материалов и коллизий. Проверка корректности геометрии.	2
16		Настройка сцены, материалов, ограничений	Задание массы, инерции, трения и упругости. Задание связей: шарнир, призматическая пара, вращение. Проверка устойчивости и взаимодействия с окружением.	2
17		Виртуальная проверка механизма, анализ траекторий.	Задание траекторий движения. Анализ коллизий, заеданий, резонансов. Оптимизация движения.	2
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>34</b>

#### 4.2.4. Практические занятия

*Не предусмотрены*

#### 4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	№ п/п	Виды СРО	Всего часов
1	2	3	4	5
<b>Семестр 7</b>				<b>ОФО</b>
1.	Раздел 1. CAD/CAE-моделирование в робототехнике	1.1.	Подготовка к лабораторным работам	14
		1.2.	Подготовка к тестовому контролю	4
2.	Раздел 2. Технологии прототипирования и цифровое производство	2.1.	Подготовка к лабораторным работам	14
		2.2.	Подготовка к тестовому контролю	4
3.	Раздел 3. Цифровые двойники и виртуальная отладка	3.1.	Подготовка к лабораторным работам	8
		3.2.	Подготовка к тестовому контролю	2
		3.5.	Подготовка к промежуточному контролю	10
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>56</b>

## **5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям**

Обучающимся необходимо ознакомиться: с содержанием рабочей программы дисциплины, с ее целями и задачами, связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками, имеющимися на сайте вуза и в библиотечно-издательском центре, с графиком консультаций преподавателя.

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Необходимо приходить на лекцию подготовленным, ведь только в этом случае преподаватель может вести лекцию в интерактивном режиме, что способствует повышению эффективности лекционных занятий. Именно поэтому обучающимся необходимо:

- перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, что позволит сэкономить время на записывание темы лекции, ее основных вопросов, рекомендуемой литературы;

- на отдельные лекции приносить соответствующий материал на бумажных носителях, присланный лектором на «электронный почтовый ящик группы» (таблицы, графики, схемы), который будет охарактеризован, прокомментирован, дополнен непосредственно на лекции;

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции, воспроизвести основные определения, отметить непонятные термины и положения, подготовить вопросы с целью уточнения правильности понимания, попытаться ответить на контрольные вопросы по ключевым пунктам содержания лекции.

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, необходимо обратиться к преподавателю (по графику его консультаций или на практических занятиях, или написать на адрес электронной почты).

Вузовская лекция – главное звено дидактического цикла обучения. Её цель – рассмотрение теоретических вопросов излагаемой дисциплины в логически выдержанной форме; формирование ориентировочной основы для последующего усвоения обучающимися учебного материала. В состав лекционного курса по дисциплине «Компьютерный инжиниринг и прототипирование» включены: конспекты (тексты, схемы) лекций в электронном представлении; файл с раздаточным материалом; списки учебной литературы, рекомендуемой обучающимся в качестве основной и дополнительной по темам лекций.

Общий структурный каркас, применимый ко всем лекциям дисциплины, включает в себя сообщение плана лекции и строгое следование ему. В план включены наименования основных узловых вопросов лекций, которые положены в основу промежуточного контроля; связь нового материала с содержанием предыдущей лекции, определение его места и назначения в дисциплине, а также в системе с другими дисциплинами и курсами; подведение выводов по каждому вопросу и по итогам всей лекции.

### **5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям**

Лабораторные работы составляют важную часть профессиональной подготовки обучающихся. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение обучающимися лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических

знаний по конкретным темам дисциплин;

формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Методические указания по проведению лабораторных работ включают:

заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование; цель работы; предмет и содержание работы; оборудование, технические средства, инструмент; порядок (последовательность) выполнения работы; правила техники безопасности и охраны труда по данной работе (по необходимости); общие правила к оформлению работы; контрольные вопросы и задания; список литературы (по необходимости).

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью – подтверждением теоретических положений – в ходе выполнения заданий у обучающихся в формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Порядок проведения лабораторных работ в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос обучающихся для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия. Список литературы для подготовки к лабораторным занятиям приведены ниже

### **5.3. Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям**

*Не предусмотрены*

### **5.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Важной частью самостоятельной работы является чтение учебной и научной литературы. Основная функция учебников – ориентировать обучающегося в системе знаний, умений и владений, которые должны быть усвоены и освоены будущими бакалаврами по данной дисциплине.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	№ семестра	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Всего часов
				<b>ОФО</b>
<b>Семестр 7</b>				
1	2	3	4	5
1.	3	Лекция «Сборочные модели и подготовка конструкторской документации»	Лекция с применением интерактивных технологий	2
2.	3	Лекция «Основы САЕ и инженерный анализ конструкций»	Лекция с применением интерактивных технологий	2
3.	3	Лекция «3D-печать в инженерной практике».	Лекция с применением интерактивных технологий	2
4.	3	Лекция «Технологическая подготовка производства прототипов»	Лекция с применением интерактивных технологий	2
5.	3	Лекция «Цифровые двойники в робототехнике: принципы и инструменты»	Лекция с применением интерактивных технологий	2
6.	3	Лекция «Виртуальная отладка робототехнических систем»	Лекция с применением интерактивных технологий	2

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

<b>Список основной литературы</b>	
1.	Каменев, С. В. Технологии аддитивного производства : учебное пособие / С. В. Каменев, К. С. Романенко. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 145 с. — ISBN 978-5-7410-1696-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/71339.html">https://www.iprbookshop.ru/71339.html</a>
2.	Черепашков, А. А. Компьютерная графика и геометрическое моделирование в машиностроении : учебное пособие / А. А. Черепашков. — 2-е изд. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 134 с. — ISBN 978-5-7964-1810-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/91762.html">https://www.iprbookshop.ru/91762.html</a>
3.	Материалы и аддитивные технологии. Современные материалы для аддитивных технологий : учебное пособие / А. А. Попович, В. Ш. Суфияров, Н. Г. Разумов [и др.]. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2021. — 204 с. — ISBN 978-5-7422-7090-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/116134.html">https://www.iprbookshop.ru/116134.html</a>
<b>Список дополнительной литературы</b>	
1.	Хохлов, П. В. Технологии трехмерной печати : учебное пособие для СПО / П. В. Хохлов, В. Н. Хохлова. — Саратов : Профобразование, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-4488-1870-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/139052.html">https://www.iprbookshop.ru/139052.html</a>
2.	Антонова, В. С. Аддитивные технологии : учебное пособие / В. С. Антонова, И. И. Осовская. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2017. — 30 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/102502.html">https://www.iprbookshop.ru/102502.html</a>
3.	Кравченко, Е. Г. Аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие для СПО / Е. Г. Кравченко, А. С. Верещагина, В. Ю. Верещагин. — Саратов : Профобразование, 2021. — 139 с. — ISBN 978-5-4488-1193-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/105721.html">https://www.iprbookshop.ru/105721.html</a>

### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

<http://window.edu.ru> - Единое окно доступа к образовательным ресурсам;  
<http://fcior.edu.ru> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;  
<http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.

### 7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение

	Реквизиты лицензий/ договоров
MS Office 2003, 2007, 2010, 2013	Сведения об Open Office: 63143487, 63321452, 64026734, 6416302, 64344172, 64394739, 64468661, 64489816, 64537893, 64563149, 64990070, 65615073

	Лицензия бессрочная
Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite	Лицензионный договор № 621 Срок действия: с 25.09.2025 до 24.09.2026
Консультант Плюс	Договор № 7 от 15.01.2026 г.
Цифровой образовательный ресурс IPR SMART	Лицензионный договор № 12873/25П от 02.07.2025 г. Срок действия: с 01.07.2025 г. до 30.06.2026 г.
Бесплатное ПО	
Sumatra PDF, 7-Zip	

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий**

#### **1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа (ауд.320)**

Набор демонстрационного оборудования: интерактивная система Smart Board 480, ноутбук - 1 шт., компьютер в сборе - 1 шт., МФУ – 1 шт., плоттер - 1 шт.

Специализированная мебель: доска ученическая – 1 шт., стол офисный – 2 шт., стол – 1 шт., стол компьютерный - 2 шт., стол ученический - 14 шт., стул мягкий – 4 шт., стул ученический- 28 шт., стол металлический – 3 шт., стол лабораторный – 1 шт., шкаф – 1 шт., кафедра – 1 шт., стеллажи – 3 шт., шкаф вытяжной

#### **2. Лаборатория информационных технологий (ауд.317)**

Лабораторное оборудование: системный блок – 11 шт., монитор - 11 шт., клавиатура – 11 шт., мышь проводная – 11 шт.

Специализированная мебель: стол компьютерный - 10 шт., стул мягкий – 10 шт., стол компьютерный угловой - 1 шт., офисное кресло – 1 шт., книжный шкаф – 1 шт.

#### **3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд.312)**

Специализированная мебель: столы компьютерные – 13 шт., стулья ученические – 25 шт., столы ученические – 6 шт., стол двухтумбовый – 1 шт., стол одностумбовый – 1 шт.

Персональные компьютеры с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно - образовательную среду Организации - 13 шт..

### **8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся**

1. Рабочее место преподавателя, оснащенное ноутбуком.
2. Рабочее место обучающегося, оснащенное компьютером с доступом к сети «Интернет», для работы в электронных образовательных средах, а также для работы с электронными учебниками.

### **8.3. Требования к специализированному оборудованию**

Выделенные стоянки автотранспортных средств для инвалидов; достаточная ширина дверных проемов в стенах, лестничных маршей, площадок

## **9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Для обеспечения образования инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается (в случае необходимости) адаптированная образовательная программа, индивидуальный учебный план с учетом особенностей их психофизического развития и состояния здоровья, в частности применяется индивидуальный подход к освоению дисциплины, индивидуальные задания: рефераты, письменные работы и, наоборот, только устные ответы и диалоги, индивидуальные консультации, использование диктофона и других записывающих средств для воспроизведения лекционного и семинарского материала.

В целях обеспечения обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья комплектуется фонд основной учебной литературой, адаптированной к ограничению электронных образовательных ресурсов, доступ к которым организован в БИЦ Академии. В библиотеке проводятся индивидуальные консультации для данной категории пользователей, оказывается помощь в регистрации и использовании сетевых и локальных электронных образовательных ресурсов, предоставляются места в читальном зале.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Компьютерный инжиниринг и прототипирование**

**1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**Компьютерный инжиниринг и прототипирование**

**1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины**

Индекс	Формулировка компетенции
ПК-1	Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем
ПК-3	Способен разрабатывать электронные устройства мехатронных и робототехнических систем

**2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины**

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимися.

Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

Разделы (темы) дисциплины	Формируемые компетенции (коды)	
	ПК-1	ПК-3
Раздел 1. CAD/CAE-моделирование робототехнике <b>в</b>	+	+
Раздел 2. Технологии прототипирования и цифровое производство	+	+
Раздел 3. Цифровые двойники и виртуальная отладка	+	+

### 3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины

#### ПК-1 Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем

Индикаторы достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
<b>ПК-1.1.</b> Выполняет анализ технического задания и нормативной документации (ГОСТ, ЕСКД и др.).	Не знает требования к оформлению документации (ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД) и умение выполнять чертежи простых объектов	Демонстрирует частичные знания требований к оформлению документации (ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД) и умение выполнять чертежи простых объектов	Демонстрирует знания требований к оформлению документации (ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД) и умение выполнять чертежи простых объектов	Раскрывает полные знания требований к оформлению документации (ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД) и умение выполнять чертежи простых объектов	Тестовый контроль	ОФО Зачет
<b>ПК-1.2.</b> Определяет функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.	Не умеет и не готов определять функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.	Частично умеет определять функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.	Умеет использовать определять функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.	Готов и умеет определять функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.	Тестовый контроль	
<b>ПК-1.3.</b> Обосновывает выбор материалов, комплектующих и методов изготовления деталей	Не владеет навыками выбора материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов	Владеет отдельными навыками выбора материалов, комплектующих и методов изготовления деталей	Владеет отдельными навыками выбора материалов, комплектующих и методов изготовления деталей	Демонстрирует полное владение навыками выбора материалов, комплектующих и методов изготовления деталей	Тестовый контроль	

и узлов		и узлов	и узлов	и узлов	
<b>ПК 1.4.</b> Разрабатывает чертежи общего вида, сборочные чертежи, деталировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.	Не разрабатывает чертежи общего вида, сборочные чертежи, деталировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.	Владеет отдельными навыками разработки чертежей общего вида, сборочных чертежей, деталировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД	Владеет навыками разработки чертежей общего вида, сборочных чертежей, деталировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД	В полной мере владеет навыками разработки чертежей общего вида, сборочных чертежей, деталировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД	Тестовый контроль

### ПК 3. Способен разрабатывать электронные устройства мехатронных и робототехнических систем

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
<b>ПК-3.1.</b> Разрабатывает структурные и принципиальные схемы устройства с учётом совместимости с другими подсистемами мехатронной или робототехнической системы.	Схемы отсутствуют, нечитаемы или не соответствуют задаче.	Разработаны упрощенные схемы, отражающие основную идею, но с ошибками в обозначениях, без учета интерфейсов совместимости.	Схемы разработаны корректно, соответствуют стандартам. Учтены основные требования по совместимости (уровни сигналов, питание).	Разработаны детальные и точные схемы. Полностью учтены все аспекты совместимости с другими подсистемами (согласование импедансов, защита цепей, развязка). Предусмотрены элементы диагностики и тестирования.	текущий тестовый контроль	зачет
<b>ПК-3.2.</b> Проводит моделирование и функциональную проверку разработанного	Моделирование и проверка не проведены.	Проведено упрощенное моделирование основных узлов или поверхностная	Проведено корректное моделирование ключевых характеристик и	Проведено комплексное моделирование (электрическое, тепловое,		

<p>устройства с использованием программных и аппаратных средств.</p>		<p>проверка на стенде. Результаты неполные.</p>	<p>функциональная проверка на макете/стенде. Устройство выполняет основные функции. Анализ результатов удовлетворительный.</p>	<p>помехоустойчивость) и всесторонняя проверка на аппаратном прототипе. Результаты тщательно проанализированы, выявлены и устранены все недочеты.</p>		
<p><b>ПК-3.3.</b> Выполняет разработку печатных плат, компоновку узлов и трассировку с учётом норм ЭМС, тепловых и технологических требований.</p>	<p>Проект ПП не выполнен или содержит критические ошибки, делающие изготовление невозможным.</p>	<p>Разработан базовый проект ПП, но с нарушениями правил трассировки (узкие дорожки, острые углы), без учета ЭМС и теплового режима.</p>	<p>ПП разработана корректно, соблюдены основные правила. Частично учтены требования ЭМС (развязка цепей) и технологичности. Проект пригоден для изготовления.</p>	<p>ПП разработана профессионально с учетом всех норм ЭМС (разделение аналоговых/цифровых цепей, экранирование), теплового расчета (тепловые отверстия, полигоны), технологических ограничений (минимальные зазоры, контроль импеданса). Проект оптимизирован для серийного производства.</p>		

#### **4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине**

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

**Кафедра «Мехатронные и робототехнические системы»**

#### **Перечень вопросов для зачета**

1. Объяснить суть параметрического моделирования и его преимущества в робототехнике.
2. Дать характеристику твердотельного и поверхностного моделирования и их различий.
3. Описать основные типы сопряжений в сборках и их назначение.
4. Раскрыть понятие кинематической ссылки (joint) и её роль в сборочной модели.
5. Перечислить этапы подготовки деталей для создания сборки.
6. Представить требования к конструкторской документации изделия.
7. Охарактеризовать метод конечных элементов (МКЭ) и область его применения.
8. Привести виды инженерного анализа, применяемые в робототехнике.
9. Пояснить принципы выбора креплений и нагрузок для прочностного анализа.
10. Описать сущность модального анализа и его значение для подвижных механизмов.
11. Раскрыть назначение топологической оптимизации и её возможности.
12. Пояснить влияние параметров сетки на точность CAE-анализов.
13. Дать классификацию технологий быстрого прототипирования и их ключевых особенностей.
14. Обосновать выбор технологии изготовления для конкретного робототехнического узла.
15. Представить требования к 3D-модели перед выполнением печати.
16. Описать роль поддержек в FDM-печати и их влияние на изделие.
17. Объяснить влияние ориентации детали на платформе на качество и прочность изделия.
18. Раскрыть значение параметра infill и его влияние на свойства детали.
19. Перечислить основные дефекты аддитивного производства и способы их устранения.
20. Представить состав технологической подготовки производства детали.
21. Охарактеризовать понятие технологичности конструкции и факторы, которые её определяют.
22. Указать параметры печати, оказывающие ключевое влияние на точность размеров.
23. Описать необходимость постобработки и основные применяемые методы.

24. Перечислить элементы производственного комплекта данных на изделие.
25. Дать определение цифровому двойнику и привести примеры его применения.
26. Перечислить типы файлов, применяемые для импорта моделей в симулятор.
27. Охарактеризовать формат URDF и его назначение в робототехнике.
28. Представить порядок задания физических параметров модели в среде симуляции.
29. Описать задачи, решаемые виртуальной отладкой механизма.
30. Показать, какие ошибки конструкции выявляются на стадии симуляции и недоступны в CAD.

**Кафедра «Мехатронные и робототехнические системы»**

**Задания для текущего тестового контроля**

**1. Основная цель компьютерного инжиниринга**

- A) Увеличение производительности ПК
- B) Создание виртуальных моделей изделий
- C) Оптимизация сетевой инфраструктуры
- D) Конструирование бытовой техники

**2. САД-система — это**

- A) Программа для симуляции микропроцессоров
- B) Средство управления производством
- C) Средство автоматизированного проектирования
- D) Компилятор С-подобных языков

**3. САМ-системы используются для**

- A) Печати 3D-моделей
- B) Автоматизации изготовления деталей
- C) Создания инженерных чертежей
- D) Управления роботами-манипуляторами

**4. Конечный элемент — это**

- A) Минимальная деталь механизма
- B) Элемент сетки для расчётной модели
- C) Часть 3D-сканера
- D) Узел конструкции станка

**5. Основной формат обмена 3D-моделями для 3D-печати**

- A) DWG
- B) STEP
- C) STL
- D) VRML

**6. Ось Z в 3D-печати отвечает за**

- A) Движение экструдера по горизонтали
- B) Подачу материала

- C) Послойное наращивание по высоте
- D) Контроль температуры

**7. Тип 3D-печати для работы с фотополимерными смолами**

- A) FDM
- B) SLS
- C) SLA
- D) EBM

**8. SLS-печать использует**

- A) Резиновую нить
- B) Расплавленный металл
- C) Порошковые материалы
- D) Углеклонную нить

**9. Основная причина деформации FDM-печати**

- A) Слишком высокая скорость вентилятора
- B) Перегрев экструдера
- C) Неравномерное охлаждение
- D) Выбор неправильной цветовой схемы модели

**10. 3D-сканирование позволяет**

- A) Получить STL-модель с нуля
- B) Отсканировать электронную схему
- C) Выполнить реверсивный инжиниринг
- D) Управлять роботами

**11. Параметр infill в FDM-печати отвечает за**

- A) Температуру подогрева стола
- B) Вентиляцию
- C) Заполнение модели
- D) Качество поверхности

**12. При проектировании сборочных единиц важна**

- A) Цветовая гамма деталей
- B) Совместимость размеров и допусков
- C) Формат файла
- D) Толщина стенки минимум 10 мм

**13. Виртуальная сборка позволяет**

- A) Ускорить химические процессы
- B) Проверить коллизии и движение механизмов
- C) Построить графики анализа ПИД-регуляторов
- D) Определить плотность металлов

**14. Для выбора направления печати важен**

- A) Цвет прутка
- B) Угол, обеспечивающий минимальное количество поддержек
- C) Материал упаковки
- D) Срок годности пластика

**15. Основной недостаток ABS-пластика**

- A) Плохо плавится
- B) Имеет низкую прочность
- C) Подвержен усадке и короблению
- D) Не подходит для черного цвета

**16. PLA обладает**

- A) Высокой температурой плавления
- B) Низкой жесткостью
- C) Биосовместимостью и простотой печати
- D) Сильным токсичным запахом

**17. Пример устройства для субтрактивного прототипирования**

- A) FDM-принтер
- B) Лазерный резак
- C) SLA-принтер
- D) SLS-установка

**18. Параметр *layer height* определяет**

- A) Скорость подачи нити
- B) Толщину печатного слоя
- C) Массу детали
- D) Объем supports

**19. Постобработка SLA-моделей включает**

- A) Высокотемпературное плавление
- B) Промывание в изопропиловом спирте
- C) Обжиг в печи
- D) Пропитку маслом

**20. Методология prototyping подразумевает**

- A) Длительный цикл разработки
- B) Создание старых моделей
- C) Быстрые итерации и тестирование
- D) Отказ от физического моделирования

**21. Назначение STL-формата**

---

**22. Отличие FDM-печати от SLA-печати**

---

**23. Определение реверсивного инжиниринга**

---

**24. Основная задача CAE-моделирования**

---

**25. Что влияет на прочность FDM-деталей**

---

**26. Смысл параметра «поддержки» (supports)**

---

**27. Назначение 3D-сканирования в робототехнике**

---

**28. Влияние температуры экструдера**

---

**29. Ограничения SLA-печати**

---

**30. Что обеспечивает параметр wall thickness**

---

## 5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции

№ п.п.	Оценочное средство	Процедура оценивания (методические рекомендации)
1.	Тестовые задания	являются простейшей форма контроля, направленная на проверку владения терминологическим аппаратом, современными информационными технологиями и конкретными знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин. Тест состоит из небольшого количества элементарных задач; может предоставлять возможность выбора из перечня ответов; занимает часть учебного занятия (10–30 минут); правильные решения разбираются на том же или следующем занятии; частота тестирования определяется преподавателем
2.	Зачет	служит формой проверки качества усвоения обучающимися учебного материала

Данные формы контроля осуществляются с привлечением разнообразных технических средств. Технические средства контроля могут содержать: программы компьютерного тестирования, учебные задачи, комплексные ситуационные задания.

В понятие технических средств контроля может входить оборудование, используемое обучающимся при практических работах и иных видах работ, требующих практического применения знаний и навыков в учебно-производственной ситуации, овладения техникой эксперимента.

Однако контроль с применением технических средств имеет ряд недостатков, т.к. не позволяет отследить индивидуальные способности и креативный потенциал обучающегося. В этом он уступает письменному и устному контролю. Как показывает опыт некоторых вузов - технические средства контроля должны сопровождаться устной беседой с преподавателем.

Информационные системы и технологии (ИС) оценивания качества учебных достижений обучающихся являются важным сегментом информационных образовательных систем, которые получают все большее распространение в вузах при совершенствовании (информатизации) образовательных технологий. Программный инструментальный (оболочка) таких систем в режиме оценивания и контроля обычно включает: электронные обучающие тесты, электронные аттестующие тесты, электронный практикум и др.

Электронные обучающие и аттестующие тесты являются эффективным средством контроля результатов образования на уровне знаний и понимания.

Режим обучающего, так называемого репетиционного, тестирования служит, прежде всего, для изучения материалов дисциплины и подготовке обучающегося к аттестующему тестированию, он позволяет обучающемуся лучше оценить уровень своих знаний и определить, какие вопросы нуждаются в дополнительной проработке. В обучающем режиме особое внимание должно быть уделено формированию диалога пользователя с системой, путем задания вариантов реакции системы на различные действия обучающегося при прохождении теста. В результате обеспечивается высокая степень интерактивности электронных учебных материалов, при которой система предоставляет обучающемуся возможности активного взаимодействия с модулем, реализуя обучающий диалог с целью выработки у него наиболее полного и адекватного знания сущности изучаемого материала

Аттестующее тестирование знаний обучающихся предназначено для контроля уровня знаний и позволяет автоматизировать процесс текущего контроля успеваемости, а также промежуточной аттестации.

### **5.1. Критерии оценки тестового контроля**

Оценка «отлично», если правильные ответы составляют 100 - 85%

Оценка «хорошо», если правильные ответы составляют 84 – 70 %

Оценка «удовлетворительно», если правильные ответы составляют 69 – 50 %

Оценка «неудовлетворительно», если правильные ответы составляют 49 % и менее.

### **5.2. Критерии оценивания зачета:**

Оценка «**зачтено**» выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, содержащегося в основных и дополнительных рекомендованных литературных источниках, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы, за умение анализировать изучаемые явления в их взаимосвязи и диалектическом развитии, применять теоретические положения при решении практических задач.

Оценка «**не зачтено**» - за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за незнание основных понятий дисциплины.

## Аннотация рабочей программы

Дисциплина	Компьютерный инжиниринг и прототипирование
Реализуемые компетенции	ПК-1, ПК-3
Индикаторы достижения компетенций	<p><b>ПК-1.1.</b> Выполняет анализ технического задания и нормативной документации (ГОСТ, ЕСКД и др.).</p> <p><b>ПК-1.2.</b> Определяет функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.</p> <p><b>ПК-1.3.</b> Обосновывает выбор материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов</p> <p><b>ПК-1.4.</b> Разрабатывает чертежи общего вида, сборочные чертежи, деталировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.</p> <p><b>ПК-3.1.</b> Разрабатывает структурные и принципиальные схемы устройства с учётом совместимости с другими подсистемами мехатронной или робототехнической системы.</p> <p><b>ПК-3.2.</b> Проводит моделирование и функциональную проверку разработанного устройства с использованием программных и аппаратных средств.</p> <p><b>ПК-3.3.</b> Выполняет разработку печатных плат, компоновку узлов и трассировку с учётом норм ЭМС, тепловых и технологических требований.</p>
Трудоемкость, з.е.	<b>108/3</b>
Формы отчетности (в т.ч. по семестрам)	Зачет в 3 семестре ОФО