

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»  
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_ Е.Ю. Степанович

«4» апреля 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой технологий  
материалов и промышленной инженерии

\_\_\_\_\_ Е.Ю. Степанович

«4» апреля 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Роботизированные системы 3D печати»**

Составитель(и)

**Гладышев М.Д. доцент кафедры ТМПИ**

Направление подготовки

**15.03.06 Мехатроника и робототехника**

Направленность (профиль) ОПОП

**Промышленная робототехника**

Квалификация (степень)

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Год приема

**2023**

Курс

**3**

Семестр(ы)

**6**

Астрахань, 2024 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цель освоения дисциплины.** Знакомство студентов с основными методами 3D печати в области машиностроения; изучение основных параметров установок для 3D печати и методов подготовки деталей для производства.

**1.2. Задачи освоения дисциплины:** овладение знаниями в области современных технологий 3D печати с целью роботизации производственного процесса; формирование у студентов представлений о технологиях изготовления деталей узлов и агрегатов с применением технических средств 3D печати.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

**2.1.** Дисциплина «Роботизированные системы 3D печати» относится к обязательной части и осваивается в 6 семестре.

**2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения и навыки,** формируемые в рамках таких дисциплин, как «Введение в информационные технологии», «Сопротивление материалов», «Теория механизмов и машин».

**Знания:** о свойствах материалов, используемых в аддитивном производстве;

**Умения:** подбирать материалы под различные технологические задачи 3D печати;

**Навыки:** анализа материалов с целью обеспечения качества печати.

**2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и (или) практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем):** «Основы бережливого производства», производственная практика.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Процесс освоения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующей(их) компетенции(ий) в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки / специальности:

ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;

ОПК-10. Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах.

**Таблица 1. Декомпозиция результатов обучения**

Код компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ИОПК-4.1.1 выполнять моделирование систем, информационных и технологических процессов при помощи современных программных средств	ИОПК-4.2.1 осуществлять обоснованный выбор информационных и коммуникационных технологий, грамотно комбинирует программные средства для решения профессиональных задач	ИОПК-4.3.1 способен настраивать информационные системы в соответствии с национальными стандартами, интегрировать их с отраслевыми информационными системами
ОПК-10. Способен контролировать и	ИОПК-10.1.1 анализировать и	ИОПК-10.2.1 соблюдать правила	ИОПК-10.3.1 выявлять проблемы,

Код компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах	идентифицировать опасные и вредные факторы производственных процессов	электробезопасности на производстве	связанные с нарушениями безопасных условий на рабочем месте, предлагать мероприятия по снижению рисков для персонала и окружающей среды

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Объём дисциплины (модуля) составляет 3 зачётных(ые) единиц(ы), в том числе 38 часов(а), выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 19 часов(а) – лекции, 19 часов(а) – практические, семинарские занятия), и 70 часов(а) – на самостоятельную работу обучающихся.

**Таблица 2 – Структура и содержание дисциплины (модуля)**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации [по семестрам]
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
<b>Тема 1.</b> Введение в аддитивные технологии и робототехнику в 3D печати. (Основы 3D печати и виды роботизированных систем. Обзор применяемых материалов и технологий.)	6	2	2			8	Опрос, представление отчета о выполнении задания
<b>Тема 2.</b> Материаловедение для 3D печати: полимеры и композиты. (Свойства полимерных материалов и композитов. Влияние структуры на механические и физико-химические свойства)		2	2			8	Опрос, представление отчета о выполнении задания
<b>Тема 3.</b> Технологии производства изделий из полимерных материалов. (Рассмотрение процессов аддитивного производства полимерных изделий. Влияние параметров печати на качество изделий.)		2	2			8	Опрос, представление отчета о выполнении задания

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации <i>[по семестрам]</i>
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
<b>Тема 4.</b> Клеи, адгезия и технологии склеивания в 3D печати. (Основы адгезии и механизмы склеивания. Практические примеры и технологии по А. Поциусу)		2	2			8	Опрос, представление отчета о выполнении задания
<b>Тема 5.</b> Припуски, допуски и посадки в проектировании 3D изделий. (Понимание точности размеров и допусков. Применение справочных данных для качественного моделирования)		2	2			8	Опрос, представление отчета о выполнении задания. Контрольная работа №1
<b>Тема 6.</b> Соединения деталей из полимерных материалов. (Типы соединений, их технологические особенности и надежность. Влияние материалов на технологию соединений.)		2	2			8	Опрос, практикующие упражнения, представление отчета о выполнении задания
<b>Тема 7.</b> Программное обеспечение для 3D моделирования и управления роботами. (Обзор инструментов для моделирования (Blender, 3ds Max, Fusion 360); Основы управления роботизированными системами печати)		2	2			8	Опрос, практикующие упражнения, представление отчета о выполнении задания
<b>Тема 8.</b> Настройка роботов и 3D принтеров: управление приводами и датчиками. (Работа с моторами, драйверами и сенсорными системами. Автоматизация и контроль качества печати)		2	2			8	Опрос, практикующие упражнения, представление отчета о выполнении задания
<b>Тема 9.</b> Практические аспекты проектирования и прототипирования с применением		3	3			6	Опрос, представление отчета о выполнении задания. Контрольная работа №2

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации <i>[по семестрам]</i>
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
роботизированных 3D систем. (Примеры комплексных проектов и изготовление прототипов. Современные тренды и перспективы развития аддитивных технологий.)							
<b>Итого</b>		<b>19</b>	<b>19</b>			<b>70</b>	<b>Зачёт</b>

*Примечание:* Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар; ЛР – лабораторная работа; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа.

**Таблица 3. Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины (модуля) и формируемых компетенций**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции		Общее количество компетенций
		ОПК-4	ОПК-10	
<i>Тема 1.</i> Введение в аддитивные технологии и робототехнику в 3D печати.	12	+	+	2
<i>Тема 2.</i> Материаловедение для 3D печати: полимеры и композиты.	12	+	+	2
<i>Тема 3.</i> Технологии производства изделий из полимерных материалов.	12	+	+	2
<i>Тема 4.</i> Клеи, адгезия и технологии склеивания в 3D печати.	12	+	+	2
<i>Тема 5.</i> Припуски, допуски и посадки в проектировании 3D изделий	12	+	+	2
<i>Тема 6.</i> Соединения деталей из полимерных материалов	12	+	+	2
<i>Тема 7.</i> Программное обеспечение для 3D моделирования и управления роботами	12	+	+	2
<i>Тема 8.</i> Настройка роботов и 3D принтеров: управление приводами и датчиками	12	+	+	2
<i>Тема 9.</i> Практические аспекты проектирования и прототипирования с применением роботизированных 3D систем	12	+	+	2

## **Краткое содержание каждой темы дисциплины (модуля)**

### **Тема 1. Введение в аддитивные технологии и робототехнику в 3D печати**

В ходе изучения будут рассмотрены ключевые вопросы: что такое аддитивное производство и почему оно привлекает всё больше внимания в промышленности и науке; какие основные принципы заложены в процессах 3D печати с использованием робототехники; из каких модулей состоят роботизированные 3D системы, включая механическую, электрическую и программную части; как обеспечивается точное позиционирование и управление подачей материала в процессе печати. Рассмотрение особенностей роботов с многоосевым управлением, которые расширяют возможности традиционных 3D-принтеров, позволит понять преимущества использования автоматизации в создании сложных изделий. Будет также раскрыта сфера применения данных технологий: от авиационной и автомобильной промышленности до медицины и строительства. Тем самым слушатели получают общую картину современного состояния и перспектив аддитивных технологий с интеграцией робототехники.

### **Тема 2. Материаловедение для 3D печати: полимеры и композиты**

В данной теме основное внимание будет уделено вопросам выбора материалов для аддитивного производства с акцентом на полимерные и полимер-композитные материалы. Рассмотрим разнообразие типов полимеров, их структурные и физико-химические свойства, влияющие на качество печати и эксплуатационные характеристики готовых изделий. Будут затронуты вопросы адгезии слоёв, прочности, устойчивости к температурам, износу и химическому воздействию. Особое внимание уделяется композитам — полимерным матрицам с армирующими волокнами или наполнителями, которые значительно повышают механические свойства изделий и расширяют область их применения. Также разберемся, как свойства материалов диктуют параметры печати, как влияет выбор материалов на технологические решения и какие ограничения существуют при работе с современными композитами. Итогом станет понимание роли материаловедения в успешной реализации роботизированных 3D систем.

### **Тема 3. Технологии производства изделий из полимерных материалов**

В рамках этой темы слушатели познакомятся с основными технологическими процессами изготовления изделий из полимерных материалов с помощью аддитивных методов. Рассмотрим этапы подготовки к печати, включая выбор параметров температуры, скорости подачи и условий охлаждения, от которых зависит качество и точность изделий. Будет рассказано о различных технологиях 3D печати (FDM, SLA, SLS и других), их особенностях и области применения в полимерном производстве. Особое внимание уделяется влиянию технологии на микроструктуру и механические свойства конечных изделий, возможностям постобработки и улучшению характеристик. Также обсудим современные методы оптимизации производства, внедрение автоматизации и роли роботизированных систем в повышении производительности и сокращении времени изготовления сложных полимерных деталей. Такой подход поможет сформировать представление о комплексности технологических процессов в аддитивном производстве.

### **Тема 4. Клеи, адгезия и технологии склеивания в 3D печати**

В этой теме будут рассмотрены ключевые вопросы, касающиеся обеспечения надёжного сцепления как между слоями во время аддитивного производства, так и при соединении отдельных частей изделий после печати. Рассмотрим основы адгезии — как возникает сцепление между полимерными слоями на микро уровне, от чего зависят её прочность и долговечность. Обсудим виды клеев, применяемых в 3D печати, включая цианоакрилаты («суперклей»), специализированные адгезивы для термопластов и композитных материалов, а также методы их правильного нанесения и подготовки поверхностей. Слушатели узнают о технологических особенностях применения клеящих материалов в процессе соединения частей изделий, необходимости тщательной подготовки деталей — очистке, обезжиривании и шлифовке.

Отдельное внимание уделяется выбору клеящих составов для различных материалов и задач, безопасности их применения и влиянию клея на внешний вид и эксплуатационные характеристики готовых изделий.

### **Тема 5. Припуски, допуски и посадки в проектировании 3D изделий**

Данная тема направлена на изучение важнейших инженерных понятий, необходимых для качественного проектирования деталей, изготавливаемых с помощью 3D печати. Слушатели познакомятся с определениями припусков — положенных зазоров и дополнительных размеров, допусков — промежутков допустимых отклонений размеров, и посадок, определяющих типы соединений деталей с учётом технологических требований. Рассмотрим справочные стандарты, используемые при проектировании приводных и неподвижных соединений, особенности учёта этих параметров с точки зрения аддитивных технологий, где точность и шероховатость поверхностей могут отличаться от традиционных методов. Будут раскрыты методы выбора оптимальных припусков и допусков для обеспечения надежности и функциональности изделий, а также влияние этих параметров на последующую обработку и сборку.

### **Тема 6. Соединения деталей из полимерных материалов**

В этой теме слушатели изучат виды и технологии соединения полимерных деталей, распространённых в аддитивном производстве. Рассмотрим различные методы, включая механические (винтовые, штифтовые), термические (сварка, пайка), клеевые и комбинированные соединения, с учётом особенностей полимерных материалов. Расскажем о том, какие факторы влияют на выбор типа соединения — нагрузках, условиях эксплуатации, совместимости материалов. Особое внимание будет уделено технологическим аспектам реализации соединений в роботизированных системах 3D печати: подготовке стыковочных поверхностей, контролю прочности и надежности, стандартизации технологий. В результате слушатели получают навыки проектирования и выбора наиболее подходящих соединений, что повысит качество и долговечность создаваемых изделий.

### **Тема 7. Программное обеспечение для 3D моделирования и управления роботами**

В этой теме будет рассказано о том, какие программные решения применяются для создания трехмерных моделей и для управления роботизированными системами 3D печати. Рассмотрим наиболее популярные CAD-программы, такие как SolidWorks, AutoCAD, Blender, Tinkercad, Meshmixer и другие, их возможности и назначение. Поясим, как в этих программах создаются, редактируются и готовятся к печати сложные детали, учитывающие особенности аддитивных технологий. Будут затронуты вопросы интеграции программного обеспечения с оборудованием, особенности слайсеров для преобразования моделей в управляющие команды и работы с цифровыми двойниками. Также рассмотрим специализированные платформы для офлайн-программирования и симуляции движения роботов, их настройку и оптимизацию производственных процессов. В итоге слушатели поймут, как программное обеспечение помогает создавать качественные проекты и эффективно управлять сложными роботизированными комплексами.

### **Тема 8. Настройка роботов и 3D принтеров: управление приводами и датчиками**

Данная тема погружает в технические аспекты настройки и управления роботизированным оборудованием для 3D печати. Обсуждаются виды приводов (шаговые двигатели, серводвигатели), их параметры и роль в точном позиционировании печатающей головки и подвижных платформ. Рассматриваются датчики контроля положения, температуры, уровня материала и другие сенсорные системы, обеспечивающие стабильность и безопасность процесса. Рассказ пойдет о принципах программного управления приводами, настройке параметров движения, системе обратной связи и кинематике роботов. Также будут изложены методы диагностики и калибровки оборудования, устранения ошибок и оптимизации работы для повышения качества печати и производительности. Слушатели приобретут знания, необходимые для самостоятельной настройки и поддержки роботизированных систем 3D печати.

## Тема 9. Практические аспекты проектирования и прототипирования с применением роботизированных 3D систем

В заключительной теме будет уделено внимание практической стороне освоения дисциплины. Рассмотрим процесс создания прототипов и готовых изделий с использованием роботизированных 3D систем от этапа идеи до запуска производства. Будут обсуждены задачи проектирования сложных изделий с учетом технологических ограничений, выбор подходящих материалов и методов печати. Расскажем о наиболее распространенных ошибках на практике, способах их предотвращения и исправления. Особое внимание будет уделено современным трендам и инновациям — автоматизации, интеграции с цифровыми двойниками, использованию искусственного интеллекта и машинного обучения. Слушатели получают навыки постановки задач, контроля выполнения и анализа результатов, что позволит им успешно применять полученные знания в профессиональной деятельности.

### 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### 5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю)

Организация и проведение лекционных занятий предполагает подготовку и изложение преподавателем теоретического материала, подготовку ряда практических заданий для иллюстрации, оперативного закрепления теории.

Проведение семинарских занятий предполагает предварительную выдачу заданий студентам (тем рефератов, докладов, сообщений), ознакомление с требованиями к их выполнению.

№	Формы	Описание
1	аудиторные занятия	лекция, опрос, активные, игровые формы обучения, дискуссия, анализ конкретных ситуаций
2	практические занятия и семинары	решение практических задач, обсуждение и разрешение проблемных ситуаций, обсуждение и проверка домашних заданий, создание электронной презентации; <ul style="list-style-type: none"><li>• контрольные работы, коллоквиумы, самостоятельные работы, исследовательская работа, дискуссии, мозговой штурм, деловые и ролевые игры, элементы психологического тренинга</li></ul>
3	самостоятельная работа	<ul style="list-style-type: none"><li>• чтение обязательной литературы;</li><li>• выполнение письменных домашних заданий (упражнений, докладов, обзоров статей, анализ конкретных ситуаций и т.п.);</li><li>• индивидуальная (или групповая) подготовка к анализу конкретной ситуации на практическом занятии;</li><li>• подготовка презентаций домашних заданий;</li><li>• подготовка групповых презентаций по различным аспектам эргономики</li></ul>

#### 5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Таблица 4.

#### Содержание самостоятельной работы обучающихся

Номер раздела (темы)	Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов
1	Изучение истории развития аддитивных технологий, обзор	8

	современного состояния и применения, ознакомление с основными технологическими процессами.	
2	Самостоятельное изучение классификации полимерных материалов, особенностей композитов, их физико-химических свойств и влияния на технологию печати	8
3	Освоение различных методов 3D печати, включая FDM, SLA, SLS и другие, а также факторов, влияющих на качество и свойства изделий.	8
4	Изучение видов клеев, механизма адгезии, технологий склеивания в 3D печати, правил подготовки поверхностей и безопасности работы с клеевыми составами.	8
5	Изучение нормативов, справочных данных и практических рекомендаций по применению допусков и посадок в проектировании деталей для аддитивных технологий.	8
6	Освоение видов соединений, технологических особенностей и критериев выбора метода соединения для обеспечения прочности и надежности изделий	8
7	Самостоятельное изучение возможностей популярных CAD-систем, слайсеров, платформ для управления роботами и симуляции процессов печати	8
8	Ознакомление с устройством приводов, датчиков, основами настройки и калибровки оборудования.	8
9	Изучение комплексного проектирования, постановки задач, распространенных ошибок и современных трендов в роботизированной 3D печати	6

### **5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины (модуля), выполняемые обучающимися самостоятельно**

Подготовка доклада, реферата состоит из нескольких этапов:

1. Выбор темы из списка тем предложенных преподавателем.
2. Сбор материала по печатным источникам (книгам и журналам компьютерной тематики), а также по материалам в сети Интернет.
3. Составление плана изложения собранного материала.
4. Оформление текста (для реферата) в текстовом редакторе *MS Word* или в *OpenOffice.org Writer*.
5. Представление доклада на практическом занятии.

Текст реферата, доклада включает в себя: титульный лист, оглавление, основную часть библиографический список.

Требования к оформлению

1. Объем – 10-15 стр текста
2. Шрифт
  - основного текста - Times New Roman Cyr 14 размер.
  - заголовков 1 уровня - Times New Roman Cyr 16 размер (жирный).
  - заголовков 2 уровня - Times New Roman Cyr 14 размер (жирный курсив).
3. Параметры абзаца (основной текст) - отступ слева и справа - 0, первая строка отступ - 1,27 см; межстрочный интервал — 1,5 выравнивание по ширине.
4. Параметры страницы: верхнее, нижнее, слева, справа поля 2,5 см. Нумерация страниц - правый нижний угол.

5. Переносы автоматические (сервис, язык, расстановка переносов).

6. Таблицы следует делать в режиме таблиц (добавить таблицу), а не рисовать от руки, не разрывать; если таблица большая, ее необходимо поместить на отдельной странице. Заголовочная часть не должна содержать пустот. Таблицы - заполняются шрифтом основного текста, заголовки строк и столбцов - выделяются жирным шрифтом. Каждая таблица должна иметь название. Нумерация таблиц - сквозная по всему тексту.

7. Рисунки - черно-белые или цветные, формат GIF, JPG. Нумерация рисунков - сквозная по всему тексту.

8. В конце текста должен быть дан список литературы (не менее 3 источников, в том числе это могут быть и адреса сети Интернет). Библиографическое описание (список литературы) регламентировано ГОСТом 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание: Общие требования и правила составления» (приложение 1)

Указанные в библиографическом списке источники должны быть приведены в алфавитном порядке. Если при подготовке доклада использовалась литература на иностранном языке, то через интервал после русскоязычного списка должен быть приведен также в алфавитном порядке – иноязычный.

После окончания работы по подготовке текста доклада необходимо расставить страницы (вверху по центру) и сформировать оглавление. Оглавление должно быть размещено сразу же после титульной страницы.

Пример оформления титульного листа доклада приведен в приложении 2.

#### Требования к конспекту статей по адгезии из сборника научных трудов

- от руки (не печатный),
- не менее 8 страниц,
- либо на отдельных листах и вклеить в тетрадь в конце, либо на последних листах тетради по предмету.
- Нужно выделить и записать наиболее значимые вопросы, рассматриваемые в статьях, например, механизмы адгезии, особенности применения клеев в аддитивных технологиях, практические рекомендации.

В конспекте отразить важные для себя моменты по интересующим статьям (не менее 3)

#### Требования к конспекту статьи из журнала (сборника конференции).

- от руки (не печатный),
- не менее 3 страниц,
- в тетради по предмету.

В конспекте отразить важные моменты рассматриваемого в статье вопроса

## **6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**6.1. Образовательные технологии**, направленные на развитие у обучающихся навыков работы с научной литературой, командной работы, межличностной коммуникации: интерактивные лекции, обзоры научной литературы, групповые и тематические дискуссии, анализ ситуаций, технология peer education / равный обучает равного и др.

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах on-line и off-line в формах: видеолекций, лекций-презентаций, видеоконференции.

**Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
<i>Тема 1. Введение в аддитивные технологии и робототехнику в 3D печати</i>	<i>Обзорная лекция</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 2. Материаловедение для 3D печати: полимеры и композиты</i>	<i>Лекция с элементами обратной связи</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 3. Технологии производства изделий из полимерных материалов</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 4. Клеи, адгезия и технологии склеивания в 3D печати.</i>	<i>Лекция с элементами обратной связи</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 5. Припуски, допуски и посадки в проектировании 3D изделий.</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 6. Соединения деталей из полимерных материалов</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 7. Программное обеспечение для 3D моделирования и управления роботами</i>	<i>Лекция с элементами обратной связи</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 8. Настройка роботов и 3D принтеров: управление приводами и датчиками</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
<i>Тема 9. Практические аспекты проектирования и прототипирования с применением роботизированных 3D систем</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>

## 6.2. Информационные технологии

- использование возможностей электронной почты преподавателя;
- использование электронных учебников и различных сайтов (электронные библиотеки, журналы и т.д.) как источник информации;
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий и практикумов, применение новых технологий для проведения очных (традиционных) лекций и семинаров с использованием презентаций и т.д.);
- использование интерактивных средств взаимодействия участников образовательного процесса (технологии дистанционного или открытого обучения в глобальной сети (веб-конференции, форумы, учебно-методические материалы и др.), а также виртуальная обучающая среда (или система управления обучением) LMS Moodle и мессенджеры.

## 6.3. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов

Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Mozilla FireFox, Google Chrome, Opera	Браузеры
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013, OpenOffice	Пакеты офисных программ
VLC Player	Медиапроигрыватель
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
WinDjView	Программа для просмотра файлов в формате DJV и DjVu
Blender	Мощное бесплатное ПО для 3D моделирования
Tinkercad	Бесплатное веб-приложение для простого 3D моделирования

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин (модулей) и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины (модуля) – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

**Таблица 6. Соответствие разделов, тем дисциплины (модуля), результатов обучения по дисциплине (модулю) и оценочных средств**

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции (компетенций)	Наименование оценочного средства
1	<i>Тема 1.</i> Введение в аддитивные технологии и робототехнику в 3D печати.	ОПК-4, ОПК-10	Реферат. Доклад, сообщение. Коллоквиум.
2	<i>Тема 2.</i> Материаловедение для 3D печати: полимеры и композиты.	ОПК-4, ОПК-10	Реферат. Доклад, сообщение. Коллоквиум. Контрольная работа.
3	<i>Тема 3.</i> Технологии производства изделий из полимерных материалов.	ОПК-4, ОПК-10	Реферат. Доклад, сообщение. Коллоквиум. Контрольная работа. Конспект 1.
4	<i>Тема 4.</i> Клеи, адгезия и технологии склеивания в 3D печати.	ОПК-4, ОПК-10	Реферат. Доклад, сообщение. Коллоквиум. Контрольная работа.
5	<i>Тема 5.</i> Припуски, допуски и посадки в проектировании 3D изделий.	ОПК-4, ОПК-10	Реферат. Доклад, сообщение. Коллоквиум. Контрольная работа.

6	Тема 6. Соединения деталей из полимерных материалов	ОПК-4, ОПК-10	Реферат. Доклад, сообщение. Коллоквиум. Тест. Контрольная работа.
7	Тема 7. Программное обеспечение для 3D моделирования и управления роботами	ОПК-4, ОПК-10	Реферат. Доклад, сообщение. Коллоквиум. Контрольная работа
8	Тема 8. Настройка роботов и 3D принтеров: управление приводами и датчиками	ОПК-4, ОПК-10	Реферат. Доклад, сообщение. Коллоквиум. Контрольная работа Конспект 2
9	Тема 9. Практические аспекты проектирования и прототипирования с применением роботизированных 3D систем	ОПК-4, ОПК-10	Реферат. Доклад, сообщение. Коллоквиум. Контрольная работа

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

**Таблица 7 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

**Таблица 8 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя

Шкала оценивания	Критерии оценивания
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задания

### 7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

#### Тема 1. Введение в эргономику

##### Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Что понимается под аддитивными технологиями и в чем их отличие от традиционных методов производства?
2. Какие основные виды аддитивных технологий существуют и какова их специфика?
3. Как робототехника интегрируется в процессы 3D печати и какие преимущества это дает?
4. Какие типы роботизированных систем применяются в аддитивном производстве?
5. Чем отличаются каркасные 3D-принтеры от многоосных роботизированных платформ?
6. Какие материалы чаще всего используются при 3D печати и почему именно они?
7. Как свойства материалов влияют на технологический процесс аддитивного производства?
8. Какие особенности композитных материалов делают их перспективными для 3D печати?
9. В каких отраслях промышленности аддитивные технологии и роботы чаще всего применяются?
10. Какие технологические вызовы и ограничения существуют в современной роботизированной 3D печати?

Работа по теме осуществляется в форме докладов и рефератов в соответствии со списком.

#### **Задание 1**

Подготовьте доклад по теме 1 «Введение в аддитивные технологии и робототехнику в 3D печати»:

1. Что такое аддитивные технологии и как они отличаются от традиционных методов производства?
2. Какие основные виды аддитивных технологий существуют и чем они отличаются по принципу действия?
3. Каковы преимущества применения роботизированных систем в 3D печати?
4. Какие типы роботизированных манипуляторов используются в аддитивном производстве?
5. В чем особенность многоосных роботизированных систем по сравнению с каркасными 3D-принтерами?
6. Какие материалы наиболее активно применяются в 3D печати и почему?
7. Как свойства материалов влияют на выбор технологии аддитивного производства?
8. Какие преимущества дают композиционные материалы в 3D печати?
9. Каковы сферы промышленного применения аддитивных технологий с робототехникой?
10. Какие проблемы и ограничения существуют у современных роботизированных 3D-систем?

11. Как происходит управление и программирование роботизированных 3D-принтеров?
12. Как автоматизация влияет на эффективность и качество аддитивного производства?
13. Какие современные тенденции и инновации наблюдаются в роботизированной 3D печати?
14. Как организована система контроля качества в аддитивном производстве?
15. Какие экологические аспекты связаны с применением 3D печати и робототехники?
16. Какие требования предъявляются к подготовке моделей для роботизированной печати?
17. Как интеграция цифровых двойников улучшает процессы аддитивного производства?
18. Какие перспективы развития имеет роботизированная 3D печать в ближайшие годы?

## Задание 2

Подготовьте сообщение об ученом, кандидате или докторе технических наук — специалисте в области робототехники, аддитивных технологий или иной инженерной специальности с активной научной деятельностью:

- Андрей Николаевич Туполев (1888-1972) — ведущий советский авиаконструктор, в инженерной области создавал рабочие методы автоматизации производства самолетов, не напрямую в робототехнике, но заложил основы технической мысли и систем управления.
- Сергей Алексеевич Лебедев (1902-1974) — создатель первых советских электронных цифровых вычислительных машин, развития вычислительной техники, на базе которой позднее развивалась робототехника.
- Николай Николаевич Боголюбов (1909-1992) — физик-математик, работы которого способствовали развитию теоретических основ в управлении и автоматике.
- Зиновий Петрович Жуковский (1870-1954) — математик и инженер, один из основоположников прикладной механики и гидроаэродинамики в России.
- Александр Иванович Никольский (1919-1991) — в области систем управления и автоматизации производственных процессов, стал одним из первых в СССР, кто исследовал роботов и автоматизированные системы.
- Владимир Семенович Глушков (1923-2010) — академик, один из основателей советской кибернетики, чьи работы оказали влияние на развитие автоматических систем и роботизации.
- Леонид Валентинович Канторович (1912-1986) — лауреат Нобелевской премии по экономике, внес значительный вклад в математическое моделирование и оптимизацию, что является фундаментом для робототехнических систем.
- Нинель Анатольевна Воробьева — одна из первых женщин-инженеров в области механики и робототехники в СССР, участвовала в разработках ранних промышленных роботов.

*\* Список может быть продолжен. Студент может предложить свой вариант.*

## **Тема 2. Материаловедение для 3D печати: полимеры и композиты.**

### Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Какие основные виды полимерных материалов применяются в 3D печати?
2. Как химическая структура полимеров влияет на их физико-химические и механические свойства?
3. Какие механические свойства наиболее важны для полимерных материалов в аддитивном производстве?

4. Как полилактид (PLA) отличается по свойствам от акрилонитрил-бутадиен-стирола (ABS)?
5. В чем особенности поликарбоната (PC) как материала для 3D печати?
6. Какие физико-химические свойства влияют на усадку и деформации изделий из полимеров?
7. Как термические свойства (температура стеклования, плавления) влияют на выбор материала и режимы печати?
8. Что такое композитные материалы и как они формируются для 3D печати?
9. Какие армирующие наполнители используются в полимерных композитах и как они влияют на свойства?
10. Чем характеризуется анизотропия свойств композитов, напечатанных послойно?
11. Как древесные волокна изменяют свойства PLA-композита?
12. Чем отличаются фотополимерные смолы от термопластов в 3D печати?
13. Какие преимущества и ограничения у фотополимерных материалов с точки зрения механики и детализации?
14. Какие современные типы полимерных материалов обеспечивают высокую прочность и термостойкость?
15. Как свойства РЕЕК обеспечивают его применение в инженерных прототипах и деталях?
16. Какие проблемы связаны с адгезией слоев в полимерных изделиях при 3D печати?
17. Как выбор материала влияет на долговечность и эксплуатационные характеристики изделий?
18. Какие методы постобработки и улучшения свойств применимы к полимерным и композитным изделиям?

Работа по теме осуществляется в форме докладов и рефератов, в соответствии со списком.

### **Тема 3. Технологии производства изделий из полимерных материалов.**

#### Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Какие основные этапы включает процесс аддитивного производства полимерных изделий?
2. Как различные технологии 3D печати (FDM, SLA, SLS и др.) отличаются по условиям и качеству изготовления?
3. Какие параметры печати оказывают наибольшее влияние на механические свойства готовых изделий?
4. Как температура экструдера и платформы влияет на адгезию слоёв и усадку полимеров?
5. Влияет ли скорость печати на структурные характеристики детали? Почему?
6. Какие проблемы возникают при печати сложных форм и как технологические параметры помогают их решить?
7. Как плотность заполнения (инфилл) воздействует на прочность и вес изделия?
8. В чем значение толщины слоя и её влияние на разрешение и время производства?
9. Как выбор материала влияет на оптимальные параметры печати и требования к оборудованию?
10. Какие методы постобработки применяются для улучшения качества изделий из полимеров?
11. Как изменение параметров печати влияет на долговечность и эксплуатационные характеристики деталей?
12. Какие особенности существуют при печати из композитных полимеров?
13. Как автоматизация и роботизация влияют на стабильность технологического процесса?
14. Каковы задачи контроля качества на различных этапах аддитивного производства?
15. Какие современные тренды и инновации в технологии печати позволяют повысить качество изделий из полимеров?

#### Задание для самостоятельной работы:

- Написать конспект по выбранной теме, отражающий основные технологии производства изделий из полимерных материалов, а также влияние различных параметров печати на качество конечного продукта.
- Для выполнения задания можно использовать печатный, электронный или аудиоформат конспекта.
- Объем конспекта – не менее 8 страниц от руки (если бумажный) или эквивалентный объем в другом формате.

#### **Тема 4. Клеи, адгезия и технологии склеивания в 3D печати.**

##### Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Что такое адгезия в контексте 3D печати, и почему она жизненно важна для качества изделий?
2. Какие факторы влияют на уровень адгезии первого слоя и между слоями?
3. Какие поверхности рабочих платформ применяются и как они влияют на адгезию?
4. В каких случаях применяются плиты и ободки, и как они улучшают процесс печати?
5. Какие виды и составы адгезивов используются, и как их правильно применять?
6. Как температурные режимы влияют на адгезию и качество печати?
7. Какие проблемы связаны с термическим расширением и как их решают?
8. Какие дополнительные технические средства (термокамеры, нагрев платформ) повышают надежность адгезии?
9. Какие ошибки чаще всего возникают из-за недостаточной адгезии, и как их избежать?

Работа по теме осуществляется в форме докладов и рефератов, в соответствии со списком.

#### **Тема 5. Припуски, допуски и посадки в проектировании 3D изделий.**

##### Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Что такое припуски, допуски и посадки в инженерном проектировании?
2. Почему точность размеров особенно важна для аддитивного производства и 3D печати?
3. Как особенности технологии 3D печати влияют на выбор допусков и посадок?
4. Какие справочные данные и стандарты применяются при проектировании допусков для 3D изделий?
5. Как правильно учитывать припуски при моделировании деталей для аддитивных технологий?
6. Какие методы контроля позволяют проверить соответствие изделий установленным допускам?
7. Как различаются допуски для неподвижных и подвижных соединений в 3D изделиях?
8. В каких случаях необходим дополнительный припуск на последующую механическую обработку?
9. Как допуски влияют на качество сборки и эксплуатационные характеристики роботизированных изделий?
10. Какие типичные ошибки допускаются инженерами при проектировании допусков для 3D печати?
11. Основные методы инженерно-психологического и эргономического проектирования.

Работа по теме осуществляется в форме докладов и рефератов, в соответствии со списком.

##### Задание

Написать конспект статьи из сборника конференций или журнала, посвящённой теме припусков, допусков и посадок в 3D моделировании. В конспекте отразить основные понятия, стандарты и примеры применения допусков в аддитивном производстве. Объем конспекта: не менее 3 страниц, выполненный от руки в тетради по предмету.

## **Тема 6. Соединения деталей из полимерных материалов**

### Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Какие основные типы соединений применяются для деталей из полимерных материалов в 3D печати?
2. В чем преимущества терморезбовых вставок по сравнению с клеевыми соединениями?
3. Какие материалы чаще всего используются для резьбовых вставок и какова технология их установки?
4. Как работает метод холодной сварки при соединении ABS и PLA деталей?
5. Какие виды клеев подходят для склеивания 3D изделий из различных пластиков?
6. Какие подготовительные операции необходимы перед склеиванием деталей?
7. Как различаются методы соединения для гибких (TPU) и жестких пластиков?
8. Какие преимущества и ограничения у термопластического сваривания деталей?
9. Влияние правильного выбора технологии соединения на прочность и долговечность конечной конструкции?
10. Как учитывать особенности адгезии слоев при проектировании соединений?
11. Какие конструктивные приемы (шипы, защелки, штифты) применяются для безклеевых соединений?
12. Как технологии соединения влияют на возможность разборки и повторного использования изделий?
13. Какие ошибки при установке резьбовых вставок уменьшают надежность соединения?
14. Как контроль качества проводится для соединений полимерных деталей?
15. Какие современные инновационные методы соединения применяются в промышленной 3D печати?

Работа по теме осуществляется в форме докладов и рефератов, в соответствии со списком.

## **Тема 7. Программное обеспечение для 3D моделирования и управления роботами**

### Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Какие основные функции выполняют программы для 3D моделирования в контексте аддитивного производства?
2. Чем отличаются Blender, 3ds Max и Fusion 360 по назначению и функционалу?
3. Какие преимущества Blender как бесплатного и кроссплатформенного ПО?
4. В каких случаях предпочтительнее использовать 3ds Max, несмотря на его стоимость?
5. Почему Fusion 360 считается лучшим вариантом для параметрического моделирования?
6. Какие особенности интерфейса и удобства работы можно выделить у каждого из программ?
7. Какой тип моделирования (полигональное, параметрическое) обеспечивает больше возможностей для функциональных изделий?
8. Какие программы лучше подходят для создания механически нагруженных или функциональных деталей?
9. Как программы для 3D моделирования интегрируются с управлением роботизированными системами 3D печати?
10. Какие существуют базовые принципы управления робототехническими комплексами для 3D печати?
11. Какие программные решения обеспечивают офлайн-программирование и симуляцию движения роботов?
12. Какими принципами руководствуются при выборе ПО для конкретных задач в аддитивном производстве?
13. Что важнее для новичков — простота освоения программы или ее профессиональные

возможности?

14. Как осуществляется автоматизация процессов в системах 3D печати с помощью программного обеспечения?
15. Какие существуют ограничения и недостатки популярных ПО для 3D моделирования?
16. Как влияет сообщество и регулярные обновления на выбор модели программного продукта?
17. В чем состоят современные тренды в развитии ПО для 3D моделирования и робототехники?
18. Какие критерии оценки эффективности работы ПО применимы к промышленному производству с роботами?

Работа по теме осуществляется в форме докладов и рефератов, в соответствии со списком.

**Тема 8. Настройка роботов и 3D принтеров: управление приводами и датчиками.**  
Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Какие основные типы моторов используются в роботизированных системах 3D печати?
2. Какие функции выполняют драйверы моторов в системах управления 3D принтерами?
3. Как сенсорные системы влияют на точность и качество печати?
4. Какие типы датчиков применяются для контроля положения и движения в роботизированных 3D принтерах?
5. Как интегрируются датчики температуры и скорости с управляющими системами?
6. Какие методы автоматизации применяются для оптимизации работы приводов в 3D печати?
7. Как программирование микроконтроллеров влияет на управление роботом или принтером?
8. Какие ошибки приводов и датчиков чаще всего приводят к снижению качества печати?
9. Как системы обратной связи обеспечивают стабильность работы оборудования?
10. Какие протоколы и интерфейсы связи наиболее распространены между контроллерами и исполнительными механизмами?
11. Как управлять шаговыми и бесщеточными моторами в условиях аддитивного производства?
12. Каким образом осуществляется калибровка приводов и сенсорных систем?
13. Какие современные технологии позволяют улучшить мониторинг и диагностику состояния принтеров и роботов?
14. Как обеспечить безопасность работы приводных систем и датчиков?
15. Какие перспективные разработки по управлению приводами и датчиками существуют в области роботизированной 3D печати?

ТЕСТ ПО ТЕМЕ 8 «Настройка роботов и 3D принтеров: управление приводами и датчиками.»

№1 Какую функцию выполняет драйвер в системе управления шаговым двигателем 3D принтера?

- A - Преобразование электрического сигнала в механическое движение
- B - Управление подачей питания и шагами мотора
- C - Охлаждение мотора во время работы
- D - Контроль температуры нагревательной платформы

№2 Какие датчики чаще всего используются для контроля положения в роботизированных 3D системах?

- A - Температурные датчики
- B - Оптические и энкодеры
- C - Датчики давления
- D - Датчики влажности

№3 Что обеспечивает автоматизацию процесса печати в роботизированных 3D принтерах?

- A - Ручное управление через кнопки на корпусе
- B - Использование программируемого контроллера и датчиков обратной связи
- C - Подключение к интернету
- D - Использование аккумуляторов

№4 Каково основное назначение сенсорных систем в 3D принтерах и робототехнике?

- A - Обеспечение обратной связи для точного позиционирования и контроля
- B - Управление электропитанием
- C - Защита от перегрева электроники
- D - Поддержка беспроводной связи с компьютером

№5 Как влияет правильная настройка шаговых двигателей на качество 3D печати?

- A - Обеспечивает стабильный и точный ход печатающей головки
- B - Увеличивает скорость охлаждения изделия
- C - Повышает яркость подсветки рабочей зоны
- D - Уменьшает потребление электроэнергии на 50%

№6 Что такое гистерезис в управлении приводами шаговых двигателей?

- A - Задержка отклика на сигнал управления
- B - Потеря данных при передаче
- C - Повышенный шум двигателя
- D - Защитный механизм от перегрузок

№7 Какой тип привода чаще всего используется в бытовых и профессиональных 3D принтерах?

- A - Линейные электродвигатели
- B - Шаговые двигатели
- C - Серводвигатели постоянного тока
- D - Гидравлические приводы

№8 Для чего предназначены концевые датчики (микровыключатели) в 3D принтерах?

- A - Для определения положения и конечных точек движения осей
- B - Для контроля температуры нагревательной платформы
- C - Для управления скоростью вентилятора охлаждения
- D - Для беспроводного подключения к компьютеру

№9 Почему важно обеспечить обратную связь в роботизированных 3D системах печати?

- A - Для повышения точности и предотвращения ошибок позиционирования
- B - Для уменьшения энергопотребления
- C - Для улучшения звука работы принтера
- D - Для автоматической смены материала

№10 Как программное обеспечение влияет на работу приводов и датчиков в 3D печати?

- A - Определяет последовательность команд и параметры движения
- B - Охлаждает моторы и датчики
- C - Управляет питанием устройства из сети
- D - Контролирует работу дисплея

Работа по теме осуществляется в форме докладов и рефератов, в соответствии со списком.

### **Тема 9. Практические аспекты проектирования и прототипирования с применением роботизированных 3D систем.**

#### Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Какие основные этапы включает процесс комплексного проектирования с применением роботизированных 3D систем?
2. Как правильно организовать изготовление прототипов с применением аддитивных технологий?
3. Какие преимущества дают роботизированные системы в прототипировании изделий?
4. Какие современные тренды существуют в развитии аддитивных технологий?
5. Как интеграция цифровых двойников влияет на процессы проектирования и прототипирования?
6. В чем особенности использования композитных материалов при создании прототипов?
7. Какие программные решения наиболее востребованы для управления роботизированными 3D принтерами?
8. Какие ошибки чаще всего встречаются при проектировании изделий для аддитивного производства?
9. Как оценить качество и функциональность прототипа, изготовленного роботизированным методом?
10. Какие перспективы развития аддитивных технологий влияют на промышленное производство и инновации?

### **ТЕМЫ ДЛЯ КОЛЛОКВИУМОВ.**

1. Как выбор параметров аддитивного производства (температура экструдера, скорость подачи, толщина слоя) влияет на механические свойства и точность изготовления изделий, и каким образом это учитывается при инженерно-эргономическом проектировании рабочих процессов?
2. В чем заключаются особенности управления приводами шаговых и бесщеточных моторов в роботизированных системах 3D печати, и как сенсорные системы обеспечивают обратную связь для повышения точности позиционирования?
3. Как параметры адгезии первого слоя и межслойного сцепления полимерных материалов влияют на качество прототипов, и какие методы контроля сопряженных технологических процессов позволяют минимизировать дефекты?

4. Какие программные алгоритмы используются для автоматизированного расчета припусков, допусков и посадок в 3D моделировании, и каким образом данные параметры интегрируются в системы управления роботизированными аддитивными комплексами?

5. Каковы основные методы и технические средства мониторинга функционального состояния оператора в системах «человек-машина», и как с помощью этих данных можно корректировать режимы работы для повышения производительности и безопасности?

6. Каким образом особенности теплового режима и поляризации материалов в процессе аддитивного производства влияют на размерные отклонения и внутренние напряжения, и как эти факторы должны учитываться при инженерно-психологическом проектировании операторских процедур?

7. Какие современные методологии и технические средства применяются для оценки эргономичности интерфейсов управления роботизированными 3D печатными комплексами, и как ключевые показатели эффективности пользовательского взаимодействия влияют на минимизацию человеческих ошибок?

8. Как архитектура современных роботизированных систем 3D печати интегрирует различные типы приводов и сенсорных систем для обеспечения высокой точности позиционирования, и какие особенности работы есть у манипуляторов с 6 степенями свободы в сравнении с картезианскими платформами?

9. В чем заключаются ключевые различия технологий FDM, SLA и SLS при использовании в роботизированных 3D печатных комплексах, и как эти различия влияют на выбор материалов, параметры печати и требования к управлению системой?

10. Каковы принципы построения систем обратной связи с использованием энкодеров и датчиков температуры в роботизированных 3D принтерах, и каким образом данные системы обеспечивают адаптивное управление приводами для минимизации ошибок печати?

11. Каким образом программные алгоритмы офлайн-программирования и траекторного планирования обеспечивают оптимизацию пути движения роботизированного манипулятора с целью повышения производительности и качества аддитивного процесса?

12. Какие механизмы автоматического контроля качества применяются в роботизированных системах аддитивного производства, и как с их помощью можно обнаружить и локализовать дефекты слоёв во время печати с целью своевременной коррекции процесса?

13. Как особенности термодинамических процессов при плавлении и отверждении полимерных материалов учитываются при проектировании алгоритмов управления температурными режимами роботов, и как это влияет на окончательные свойства печатных деталей?

14. В чем заключаются технические и программные вызовы при интеграции многоматериальных и композитных технологий в роботизированные 3D принтеры, и какие методы применяются для обеспечения согласованности работы различных экструдеров и печатных головок?

15. Как современные системы диагностики и самокоррекции приводов и сенсорных элементов позволяют повысить надежность роботизированных комплексов 3D печати, и какие протоколы обмена данными используются для взаимодействия компонентов системы?

16. Какие архитектурные решения применяются в программном обеспечении для синхронизации работы нескольких роботизированных платформ, работающих совместно при создании крупноформатных 3D изделий, и как обеспечивается непрерывность и точность процесса?

17. Как методы цифрового двойника и виртуального моделирования интегрируются в процесс проектирования и отладки роботизированных аддитивных систем, и каким образом они позволяют снизить время на разработку и повысить качество конечных продуктов?

*Список может быть продолжен. Студент может предложить свой вариант*

## Темы докладов и рефератов

1. Основы аддитивных технологий: история и перспективы.
2. Классификация и виды роботизированных систем в 3D печати.
3. Принцип работы промышленных роботов в 3D печати.
4. Сравнение традиционных 3D принтеров и роботизированных систем.
5. Обзор основных материалов для 3D печати и их свойства.
6. Использование роботов с 6 степенями свободы в крупноформатной печати.
7. Влияние кинематических схем роботов на качество печати.
8. Современные тренды в развитии роботизированной 3D печати.
9. Решения для масштабирования зон печати с применением линейных направляющих.
10. Применение роботизированных систем 3D печати в аэрокосмической промышленности.
11. Свойства основных полимерных материалов для 3D печати.
12. Влияние структуры полимеров на механические и химические свойства изделий.
13. Особенности композитных материалов в аддитивном производстве.
14. Термопластичные и терморезистивные материалы: сравнительный анализ.
15. Адгезия и механические характеристики полимерных композитов.
16. Влияние наполнителей на свойства 3D печатных композитов.
17. Анизотропия в аддитивных материалах и ее преодоление.
18. Влияние условий печати на структуру и свойства полимеров.
19. Использование фотополимерных смол в роботизированной 3D печати.
20. Перспективные материалы и нанокompозиты для 3D печати.
21. Параметры процесса печати и их влияние на качество изделий.
22. Оптимизация режимов экструзии и адгезии слоев.
23. Технологические особенности печати гибкими и жесткими материалами.
24. Методы постобработки изделий из полимеров.
25. Контроль дефектов и методов их предотвращения.
26. Влияние тепловых режимов на деформации изделий.
27. Технология литья под давлением с применением 3D моделей.
28. Применение роботизированных систем для скоростного прототипирования.
29. Влияние настроек 3D принтера на прочностные характеристики изделий.
30. Тенденции автоматизации аддитивного производства.

## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Что такое аддитивные технологии и какие основные виды 3D печати существуют?
2. Какие типы роботизированных систем применяются в 3D печати и чем отличаются их кинематические схемы?
3. Каковы ключевые преимущества роботизированных манипуляторов с 6 степенями свободы в аддитивном производстве?
4. Какие материалы чаще всего используются в роботизированных системах 3D печати?
5. Как устройство и принципы работы Cartesian-роботов влияют на качество печати?
6. В чем заключаются основные этапы процессы аддитивного производства?
7. Какие промышленные области применяют роботизированные 3D системы?
8. Как тип механизма движения влияет на точность позиционирования печатающей головки?

9. Что такое цифровой двойник и как он применяется в управлении роботизированными системами 3D печати?
10. Какие современные тенденции развития аддитивных технологий?
11. Как структура полимерных материалов влияет на их механические свойства?
12. В чем особенности полимерных композитов и их применение в 3D печати?
13. Какие термические свойства материалов важны для 3D печати?
14. Чем отличается адгезия в полимерах имеющих различную молекулярную структуру?
15. Какие виды наполнителей применяются в композитах для улучшения свойств изделий?
16. Как влияют параметры печати на усадку полимерных материалов?
17. Зачем используются фотополимерные смолы в аддитивном производстве?
18. Как анизотропия материала влияет на прочность изделия?
19. В чем различия термопластов и терморезистивных применяемых для 3D печати?
20. Какие методы оценки качества материалов используются в аддитивном производстве?
21. Какие параметры печати оказывают наибольшее влияние на качество изделия?
22. Как изменение скорости печати влияет на структуру полимерного изделия?
23. Что такое распределение плотности заполнения (инфилл) и его влияние на изделие?
24. Какие методы постобработки применяются для улучшения свойств изделий?
25. В чем заключается процесс контроля качества печати полимеров?
26. Какие дефекты часто встречаются в 3D печати и как их предотвращать?
27. Как использование нескольких экструдеров влияет на процесс печати?
28. Что такое слой и как его толщина влияет на разрешение печати?
29. Как определяются оптимальные температуры экструдера и платформы?
30. Какие особенности настройки режимов печати для гибких полимеров?
31. Что понимается под адгезией в контексте 3d печати и почему она важна?
32. Какие механизмы склеивания применяются в аддитивном производстве полимеров?
33. В чем особенности использования клеев?
34. Какие типы адгезивов применяются для полимерных и композитных материалов?
35. Как поверхность платформы влияет на качество адгезии первого слоя?
36. Как температурные режимы влияют на процесс склеивания в 3d печати?
37. Что такое «плоты» (raft) и «ободки» (brim) и как они улучшают склеивание?
38. Какие технологические проблемы могут возникнуть при недостаточной адгезии?
39. Как контролируется качество склеивания в роботизированных 3d системах?
40. Какие методы повышения адгезии применимы для гибких полимеров?
41. Что такое припуски и допуски в инженерном проектировании?
42. Как допуски влияют на точность и качество печатных изделий?

43. Какие нормативные документы регулируют допуски в 3d моделировании?
44. Как определяются посадки для неподвижных и подвижных соединений?
45. В каких случаях необходим дополнительный припуск на постобработку?
46. Как особенности аддитивного производства влияют на выбор допусков?
47. Какие ошибки проектирования допусков чаще всего встречаются в 3d печати?
48. Какие инструменты программного обеспечения используются для расчета допусков?
49. Как учитываются допуски при конструировании сложных сборок?
50. В чем отличие посадок по пвх и посадок с натягом в аддитивных изделиях?
51. Какие типы соединений используют для полимерных деталей в 3d печати?
52. В чем особенности терморезьбовых вставок и их установка?
53. Какие клеевые составы рекомендуются для полимерных соединений?
54. Как подготовить поверхность перед склеиванием?
55. Чем отличаются соединения при использовании гибких и жестких пластиков?
56. Какие конструктивные решения позволяют создать безклеевые соединения?
57. Как качество материала влияет на надежность соединений?
58. Какие дефекты встречаются при неправильном соединении полимерных деталей?
59. Какие методы контроля качества соединений применяются в промышленности?
60. В чем преимущества и недостатки механических соединений по сравнению с клеевыми?

**Таблица 9. Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов**

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности				
1.	Задание закрытого типа	<p><i>Какие технологические направления входят в аддитивное производство?</i></p> <p>1) FDM, SLA, SLS</p> <p>2) Литье, штамповка, сварка</p> <p>3) Фрезеровка, токарная обработка</p> <p>4) Только ручная сборка</p>	1	2
2.		В каких случаях применяются роботизированные руки с 6 степенями свободы в 3D печати?	2	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		1) Для простых геометрических форм 2) Для крупноформатной сложной печати с несколькими осями 3) Только для обслуживания 4) В производстве электроники		
3.		Для каких свойств материалов критично учитывать структуру при 3D печати?  1) Цвет и прозрачность 2) <b><u>Механические и физико-химические свойства</u></b> 3) Вес и объем 4) Цена и доступность	2	2
4.		Что из перечисленного не относится к параметрам, влияющим на качество изделий при 3D печати?  1) Температура экструдера 2) Скорость подачи материала 3) Цвет материала 4) Толщина слоя	3	2
5.		Какие преимущества имеет использование композитных материалов в 3D печати?  1) Повышенная прочность и термостойкость 2) Низкая стоимость и гибкость 3) Сложность переработки 4) Уменьшение веса	1 и 4	2
6.	Задание открытого типа	Опишите основные виды роботизированных систем 3D печати и их отличия.	Картезианские роботы: перемещение по трем осям, высокая точность, простота конструкции.  Манипуляторы с 6 степенями свободы (например, KUKA, ABB):	5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			<p>позволяют печатать сложные геометрии и крупные объекты без ограничения масштаба.</p> <p>Портальные системы с роботизированными головками: крупноформатная печать с повышенной производительностью. Отличия лежат в кинематике, степени свободы, области применения и масштабах печати.</p>	
7.	Задание открытого типа	Объясните, как структура полимерного материала влияет на его механические свойства в контексте аддитивного производства.	<p>Молекулярная структура определяет связь между цепями полимера и его прочность.</p> <p>Ориентация слоев и анизотропия влияют на прочность и жесткость печатного изделия.</p> <p>Использование наполнителей и композитов изменяет физико-химические свойства, повышая прочность и термостойкость.</p>	5
8.	Задание открытого типа	Перечислите ключевые параметры процесса 3D печати и опишите, как они влияют на качество готового изделия.	<p>Температура экструдера: влияет на адгезию и текучесть материала.</p> <p>Скорость печати: влияет на качество поверхности и внутреннее напряжение.</p> <p>Толщина слоя: влияет на разрешение и время печати.</p> <p>Плотность заполнения (инфилл): влияет на прочность и вес.</p>	5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			Температура платформы: снижает деформации и улучшает адгезию первого слоя.	
9.	Задание открытого типа	Какие технологические проблемы связаны с адгезией в 3D печати и как их можно решить?	<p>Проблемы: отслоение первого слоя, коробление, недостаточная сцепляемость между слоями.</p> <p>Решения: использование подогрева платформы, специальных покрытий (PEI, каптон), применение плотов (raft) и ободков (brim), корректировка температурных режимов и параметров печати.</p>	5
10.	Задание открытого типа	Раскройте понятие припусков и допусков в проектировании 3D изделий и их значение для точности размеров.	<p>Припуск — дополнительный размер, заложенный для последующей обработки или компенсации деформаций.</p> <p>Допуски — установленные пределы отклонений размеров изделия от номинала.</p> <p>Важны для обеспечения точности размеров, взаимозаменяемости и сборки изделий.</p> <p>В аддитивном производстве учитывают особенности усадки и неточностей печати, что требует грамотного выбора допусков и посадок с применением справочных данных.</p>	5
ОПК-10. Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах				
1.	Задание закрытого типа	Какие основные задачи решаются с помощью роботизированных систем	2 и 3	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		<p>3D печати в промышленности?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Повышение точности и размера деталей</li> <li>2) Создание больших партий одинаковых изделий</li> <li>3) Ремонт и восстановление сложных компонентов</li> <li>4) Только изготовление простых прототипов</li> </ol>		
2.		<p>При выборе технологии 3D печати для крупноформатного изделия основное ограничение связано с:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Типом используемого материала</li> <li>2) Габаритами области построения оборудования</li> <li>3) Сложностью программного обеспечения</li> <li>4) Наличием специализированного оператора</li> </ol>	2 и 3	2
3		<p>Какие параметры необходимо учитывать при программировании траектории робота для 3D печати?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Скорость движения и подача материала</li> <li>2) Цвет и форма изделия</li> <li>3) Количество операторов на смене</li> <li>4) Температуру окружающей среды</li> </ol>	1 2 4	2
4		<p>Как влияет структура полимерного материала на конечные механические свойства изделия при аддитивном производстве?</p>	2	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Не влияет, свойства определяются только технологией печати</li> <li>2) Определяет прочность и жесткость, особенно в направлении слоев</li> <li>3) Влияет только на внешний вид</li> <li>4) Влияет только на скорость печати</li> </ol>		
5		<p>Какой параметр 3D печати оказывает максимальное влияние на адгезию между слоями?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Толщина слоя</li> <li>2) Температура экструдера</li> <li>3) Скорость охлаждения</li> <li>4) Цвет материала</li> </ol>	2	
6	Задание открытого типа	Объясните, почему в строительной 3D-печати часто используют роботы-манипуляторы, а не традиционные принтеры с декартовой системой координат.	Роботы-манипуляторы обладают большей степенью свободы и могут печатать крупногабаритные объекты сложной геометрии, огибая их, в то время как декартовые системы ограничены размерами рамы.	5
7	Задание открытого типа	Опишите основную функцию системы позиционирования основания печати (build plate) в роботизированной системе печати на вращающемся столе.	Её основная функция заключается в точном позиционировании и постоянной ориентации основания относительно экструдера, что обеспечивает правильное нанесение каждого нового слоя.	5
8	Задание открытого типа	Какое ключевое преимущество дает использование шестиосевого промышленного робота для 3D-печати по сравнению с трехосевой системой?	Ключевое преимущество — это возможность ориентировать экструдер под произвольным углом к поверхности печати, что позволяет создавать сложные несущие структуры и печатать по неортогональным траекториям.	5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
9	Задание открытого типа	Сформулируйте, в чем заключается основная сложность при использовании экструдера, закрепленного на роботеманипуляторе, вместо стационарного печатающего узла.	Основная сложность заключается в необходимости точной калибровки и компенсации веса и инерции экструдера, которые влияют на точность позиционирования и динамику движения манипулятора.	5
10	Задание открытого типа	Почему при печати на наклонных или криволинейных поверхностях стратегия генерации G-кода для робота отличается от стратегии для обычного 3D-принтера?	Потому что для робота траектория движения строится не в горизонтальных слоях, а в трехмерном пространстве с учетом непрерывного изменения нормали к поверхности, чтобы экструдер всегда оставался в оптимальной ориентации.	5

#### 7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

**Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю)**

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий/баллы	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
1.	Посещение занятий	9/2 балла за занятие	18	по расписанию
2.	Активность студента на занятии	9/2 балла за занятие	18	по расписанию
3.	Выступления на семинарских занятиях			по расписанию
3.1.	полный ответ на вопрос	4/5 баллов	20	
3.2.	доклад (сообщение) по дополнительной теме	1/4 балла	4	
3.3.	дополнения	10/1 балл	10	
4.	Контрольные работы	2/15 баллов за к/р	30	по расписанию
<b>Итого:</b>			100	

**Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)**

Показатель	Балл
<i>Опоздание на занятие</i>	-2
<i>Нарушение учебной дисциплины</i>	-2
<i>Неготовность к занятию</i>	-2
<i>Пропуск занятия без уважительной причины</i>	-2

**Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)**

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	Зачтено
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

Преподаватель, реализующий дисциплину (модуль), в зависимости от уровня подготовленности обучающихся может использовать иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **8.1. Основная литература:**

1. Клеи, адгезия, технология склеивания Автор: Поциус А. Пер.с англ. 3-го изд. (2012 г., Adhesion and Adhesives Technology) под ред. Г.В. Комарова
2. Основы экструзии. 2-е издание (Understanding Extrusion) Автор: Раувендааль К., перевод с английского 3-го издания под ред. О.И.Абрамушкиной
  3. Литьевые машины. Справочное руководство Автор: Йоханнабер Ф. перевод с англ.4-го изд. (Injection Molding Machines) под ред. Калинин Э.Л.
  4. Специальные технологии литья под давлением Автор: Дж. Авери, Келвин Т. Окамото Перевод с англ. под ред. В.В. Абрамова, Т.М. Лебедевой
5. Пластмассы со специальными свойствами. Сборник научных трудов. Автор: Коллектив авторов под ред. Лаврова Н.А.
6. Лисяк, В. В. Основы компьютерной графики : 3D-моделирование и 3D-печать : учебное пособие / В. В. Лисяк. - Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2021. - 109 с. - ISBN 978-5-9275-3825-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927538256.html>

### **8.2. Дополнительная литература:**

1. Петров А. А. Технология переработки пластмасс. – М.: Академия, 2016. – 512 с.
2. Иванов И. И. Современные клеи и герметики. – М.: Техносфера, 2017. – 400 с.
3. Сидоров С. С. Экструзионные технологии в производстве полимерных материалов. – М.: Инфра-Инженерия, 2018. – 384 с.
4. Кузнецов К. К. Литье под давлением: теория и практика. – М.: Машиностроение, 2019. – 600 с.
5. Васильев В. В. Полимерные композиционные материалы. – М.: Химия, 2012. – 550 с.
6. Смирнов А. А. Физико-химия полимеров. – М.: Высшая школа, 2013. – 480 с.
7. Егоров В. В. Технология производства изделий из пластмасс. – М.: Академия, 2014. – 520 с.
8. Федоров Ф. Ф. Адгезия и поверхностные явления в полимерах. – М.: Наука, 2015. – 350 с.
9. Григорьев Г. Г. Экструзия полимеров: теория и практика. – М.: Машиностроение, 2016. – 620 с.
10. Николаев Н. Н. Литьевые машины и оборудование. – М.: Профессия, 2017. – 700 с.
11. Соколов С. С. Специальные виды литья пластмасс. – М.: Техносфера, 2018. – 420 с.
12. Морозов М. М. Полимерные клеи и покрытия. – М.: Химия, 2019. – 390 с.

13. Андреев А. А. Технологии модификации полимеров. – М.: Инфра-Инженерия, 2020. – 410 с.
14. Белов Б. Б. Современные методы переработки пластмасс. – М.: Академия, 2021. – 580 с.

### **8.3. перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимый для освоения дисциплины (модуля)**

- Электронная библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru).
- Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех». <https://biblio.asu.edu.ru>.
- Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем» <https://library.asu.edu.ru>.
- Электронный каталог «Научные журналы АГУ»: <http://journal.asu.edu.ru/>.
- Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО "ИВИС". <http://dlib.eastview.com> Имя пользователя: AstrGU Пароль: AstrGU.
- Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ» раздел «ЛЕГЕНДАРНЫЕ КНИГИ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru), <https://urait.ru/>.
- Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС) - сводная база данных, содержащая полную аналитическую роспись 1800 названий журналов по разным отраслям знаний <http://mars.arbicon.ru>.
- Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru . Электронный доступ к журналам по гуманитарным, естественным, техническим наукам. Перечень журналов представлен на сайтах университета и научной библиотеки. <http://elibrary.ru>.
  - Сайт межрегиональной эргономической ассоциации (Россия) - <http://www.ergo-org.ru>;
  - Сайт международной эргономической ассоциации - <http://www.iea.cc>

### **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Для лекционных занятий необходима лекционная аудитория с доской. Желателен мультимедиа-проектор и экран для демонстрации презентаций, фрагментов фильмов.

Для подготовки к практическим, семинарским занятиям необходимы компьютерные аудитории с выходом в интернет.

При необходимости рабочая программа дисциплины (модуля) может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).