

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
15.03.06 Мехатроника и робототехника,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Роботизированные системы 3D печати**

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Автоматизация и роботизация  
технологических процессов

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 6216  
Подписал: заведующий кафедрой Неклюдов Алексей  
Николаевич  
Дата: 01.06.2023

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- знакомство студентов с основными методами 3D печати в области машиностроения;
- изучение основных параметров установок для 3D печати и методов подготовки деталей для производства.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- 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. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

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

**ПК-2** - Способен производить комплексную настройку мехатронных и робототехнических систем, используя программное обеспечение контроллеров и управляющих ЭВМ, их систем управления .

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Знать:**

- методику создания 3D моделей узлов и деталей;
- технологии и методы подготовки деталей для 3D печати.

### **Уметь:**

- создавать модели деталей и узлов с применением современных САПР;
- подготавливать детали для 3D-печати.

### **Владеть:**

- навыками 3D проектирования деталей и узлов;
- методами проектирования деталей и узлов с помощью САПР;
- навыками подготовки деталей к 3D-печати с использованием различных технологий.

## 3. Объем дисциплины (модуля).

### 3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 2 з.е. (72 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Сем. №5
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	48	48
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	16	16

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 24 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

## 4. Содержание дисциплины (модуля).

### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Введение в 3D-печать. Рассматриваемые вопросы: - классификация технологий 3D-печати;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- группы материалов для печати (полимеры, термопластики, реактопласты, металл и другие материалы).
2	<p>Экструзия материала – FFF.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технологии экструзии материала;</li> <li>- характеристики принтера;</li> <li>- точная размерность;</li> <li>- материалы;</li> <li>- постобработка;</li> <li>- преимущества и ограничения;</li> <li>- промышленная и настольная FFF-печать;</li> <li>- типичные области применения;</li> <li>- новые разработки.</li> </ul>
3	<p>Полимеризация в ванночке – SLA/DLP.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технологии полимеризации в ванночке;</li> <li>- характеристики принтера;</li> <li>- точность размеров;</li> <li>- материалы;</li> <li>- постобработка;</li> <li>- преимущества и ограничения;</li> <li>- промышленная и настольная печать полимеризацией в ванночке;</li> <li>- распространенные области применения;</li> <li>- новые разработки.</li> </ul>
4	<p>Плавка порошков (полимеры) – SLS.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технологии плавки порошков;</li> <li>- характеристики принтера;</li> <li>- точность размеров;</li> <li>- материалы;</li> <li>- постобработка;</li> <li>- преимущества и ограничения;</li> <li>- распространенные области применения;</li> <li>- новые разработки.</li> </ul>
5	<p>Струйная 3D-печать – струйная 3D-печать, DOD.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технологии струйной печати связующим веществом;</li> <li>- характеристики принтера;</li> <li>- точность размеров;</li> <li>- материалы;</li> <li>- постобработка;</li> <li>- преимущества и ограничения;</li> <li>- распространенные области применения.</li> </ul>
6	<p>Струйная печать связующим веществом.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технологии струйной печати связующим веществом;</li> <li>- характеристики принтера;</li> <li>- точность размеров;</li> <li>- материалы;</li> <li>- постобработка;</li> <li>- преимущества и ограничения;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- распространенные области применения.
7	<p>Плавка порошков - металлы DMLS/SLM, EBM.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технологии плавки порошков;</li> <li>- характеристики принтера;</li> <li>- точность размеров;</li> <li>- материалы;</li> <li>- постобработка;</li> <li>- преимущества и ограничения;</li> <li>- распространенные области применения.</li> </ul>
8	<p>Общие особенности проектирования для 3D печати.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- толщина слоя;</li> <li>- стягивание и искривление;</li> <li>- структуры поддержек;</li> <li>- скругления.</li> </ul>
9	<p>Проектирование для FFF-печати.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- структуры поддержек и направление изделия;</li> <li>- анизотропность;</li> <li>- заполнение;</li> <li>- отверстия.</li> </ul>
10	<p>Проектирование для SLA/DLP-печати.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- структуры поддержек и направление изделий;</li> <li>- полые секции.</li> </ul>
11	<p>Проектирование для SLS-печати.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- стягивание и искривление;</li> <li>- избыточное спекание;</li> <li>- удаление порошка;</li> <li>- сравнение с литьем под давлением;</li> <li>- ступенчатая поверхность;</li> <li>- проектные элементы при SLS-печати.</li> </ul>
12	<p>Проектирование для струйной 3D печати.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поддерживающие структуры и направление изделия;</li> <li>- полноцветная печать;</li> <li>- комбинирование материалов;</li> <li>- проектные элементы в струйной 3D-печати.</li> </ul>
13	<p>Проектирование для печати связующим веществом.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- связующее вещество;</li> <li>- сырое состояние;</li> <li>- полноцветные отпечатки;</li> <li>- пропитка и сплавление;</li> <li>- проектные элементы печати связующим веществом.</li> </ul>
14	<p>Проектирование для DMLS/SLM-печати.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поддержки и направление изделий;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- полые секции;</li> <li>- подложка;</li> <li>- оболочка и наполнение;</li> <li>- типичные параметры проектирования.</li> </ul>
15	<b>Инструменты для создания 3D проектов.</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- САD-проектирование;</li> <li>- топологическая оптимизация;</li> <li>- обратное проектирование.</li> </ul>
16	<b>Применение технологий 3D печати.</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- применение технологий FFF-печати;</li> <li>- применение технологий SLA/DPL-печати;</li> <li>- применение технологий SLS-печати;</li> <li>- применение технологий струйной 3D-печати;</li> <li>- применение технологий печати связующим веществом;</li> <li>- применение технологий DMLS/SLM-печати.</li> </ul>

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

##### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<b>Технология проектирования для FFF-печати.</b> В результате выполнения практического задания рассматривается технология проектирования основных конструктивных элементов с учетом особенностей FFF-печати.
2	<b>Технология проектирования для SLA-печати.</b> В результате выполнения практического задания рассматривается технология проектирования основных конструктивных элементов с учетом особенностей SLA-печати.
3	<b>Изучение программных комплексов для FFF-печати.</b> В результате выполнения практического задания рассматриваются ключевые особенности программных комплексов для осуществления подготовки моделей к SLA-печати.
4	<b>Изучение программных комплексов для SLA-печати.</b> В результате выполнения практического задания рассматриваются ключевые особенности программных комплексов для осуществления подготовки моделей к SLA-печати.
5	<b>Постобработка деталей, изготовленных методом SLA-печати.</b> В результате выполнения практического задания рассматривается технология обработки деталей изготовленных с применением SLA-печати (мойка, засветка).
6	<b>Топологическая оптимизация моделей деталей.</b> В результате выполнения практического задания рассматривается методика топологической оптимизации конструкции детали для осуществления 3D печати различными методами.
7	<b>Обратное проектирование деталей с использованием технологий 3D-печати.</b> В результате выполнения практического задания рассматриваются технологии обратного проектирования (3D сканирование) и методика последующей подготовки полученных моделей деталей к 3D печати различными методами.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Текущая подготовка к практическим занятиям.
2	Выполнение курсового проекта.
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

Разработка элемента мехатронного модуля или роботизированного комплекса с учётом нагружения и конструктивных особенностей, а также выбор технологии его изготовления с использованием 3D-печати в зависимости от предъявляемых требований по вариантам.

Курсовой проект состоит из следующих этапов:

1. Расчет параметров элемента конструкции по классическим методикам (справочной литературе);
2. 3D моделирование элемента конструкции по определенным параметрам;
3. Прочностной анализ элемента конструкции в соответствии с заданным режимом нагружения и последующая корректировка конструкции по полученным данным;
4. Подготовка модели изделия к 3D печати элемента в соответствии с правилами подготовки моделей.

Пояснительная записка должна содержать описание основных этапов проекта (объем 30-40 страниц) и графическое приложение с рабочими чертежами конструкции (2-3 листа формата А3).

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Рэдвуд, Б. 3D-печать. Практическое руководство : руководство / Б. Рэдвуд, Ф. Шофер, Б. Гаррэт ; перевод с английского М. А. Райтмана.. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 220 с. — ISBN 978-5-97060-738-1.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/140567">https://e.lanbook.com/book/140567</a> (дата обращения: 11.03.2023). - Текст: электронный.
2	Ридланд, М. 3D-печать с помощью SketchUp : руководство / М. Ридланд ; перевод с английского А. Ю. Петелина. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 136 с.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/140570">https://e.lanbook.com/book/140570</a> (дата обращения: 11.03.2023). - Текст: электронный.
3	Лисяк, В. В. Основы компьютерной графики:	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/195375">https://e.lanbook.com/book/195375</a>

	3D-моделирование и 3D-печать : учебное пособие / В. В. Лисяк. — Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2021. — 109 с. — ISBN 978-5-9275-3825-6.	(дата обращения: 11.03.2023). - Текст: электронный.
4	Черепашин, А. А. Технологические процессы в машиностроении : учебное пособие / А. А. Черепашин, В. А. Кузнецов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 184 с. — ISBN 978-5-8114-4303-1.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/118618">https://e.lanbook.com/book/118618</a> (дата обращения: 11.03.2023). - Текст: электронный.
5	Горьков Д. Е. 3D-печать с нуля / Д.Е. Горьков. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2020. - 256 с. - ISBN 978-5-9775-6599-8.	URL: <a href="https://ibooks.ru/bookshelf/369872/reading">https://ibooks.ru/bookshelf/369872/reading</a> (дата обращения: 11.03.2023). - Текст: электронный.
6	Вячеслав Никонов. КОМПАС-3D: создание моделей и 3D-печать. - Санкт-Петербург : Питер, 2020. - 209 с. - ISBN 978-5-4461-1456-6.	URL: <a href="https://ibooks.ru/bookshelf/371705/reading">https://ibooks.ru/bookshelf/371705/reading</a> (дата обращения: 11.03.2023). - Текст: электронный.
7	Рихтер А.А. Информационные и учебно-методические основы 3D-моделирования (теория и практика) / А.А. Рихтер, М.А. Шахраманьян. - Москва : Инфра-М, 2018. - 239 с.	URL: <a href="https://ibooks.ru/bookshelf/361280/reading">https://ibooks.ru/bookshelf/361280/reading</a> (дата обращения: 11.03.2023). - Текст: электронный.
8	Большаков В.П. Твердотельное моделирование деталей в CAD-системах: AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, Creo / В.П. Большаков, А.Л. Бочков, Ю.Т. Лячек. - Санкт-Петербург : Питер, 2015. - 480 с. - ISBN 978-5-496-01179-2.	URL: <a href="https://ibooks.ru/bookshelf/342317/reading">https://ibooks.ru/bookshelf/342317/reading</a> (дата обращения: 11.03.2023). - Текст: электронный.

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Официальный сайт РУТ (МИИТ) (<https://www.miit.ru/>)

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>)

Образовательная платформа «Юрайт» (<https://urait.ru/>)

Общие информационные, справочные и поисковые «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru/>),

«Гарант» (<http://www.garant.ru/>),

Главная книга (<https://glavkniga.ru/>)

Электронно-библиотечная система издательства (<http://e.lanbook.com/>)

Электронно-библиотечная система [ibooks.ru](http://ibooks.ru/) (<http://ibooks.ru/>)



7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Microsoft Office (Word, Excel); КОМПАС-3D; Cura; Repetier-Host.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

1. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключённым к сетям INTERNET. Программное обеспечение для создания текстовых и графических документов, презентаций.

2. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой и интерактивной доской.

3. Для проведения тестирования: компьютерный класс.

4. Специализированная аудитория для выполнения практических работ, оснащенная испытательными стендами, оборудованная рабочими столами, электрическими розетками, компьютером, проектором и экраном, и доступом в интернет.

5. 3D принтеры и 3D сканеры.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 5 семестре.

Курсовой проект в 5 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, к.н. кафедры «Наземные  
транспортно-технологические  
средства»

П.А. Григорьев

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС  
Председатель учебно-методической  
комиссии

А.Н. Неклюдов

С.В. Володин