

**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 магистратуры  
по направлению подготовки  
23.04.02 Наземные транспортно-технологические  
комплексы,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Аддитивные технологии получения деталей транспортно-  
технологических комплексов**

Направление подготовки: 23.04.02 Наземные транспортно-  
технологические комплексы

Направленность (профиль): Сервис транспортно-технологических  
комплексов

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: 87771  
Подписал: заведующий кафедрой Куликов Михаил Юрьевич  
Дата: 01.06.2023

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

Целью дисциплины формирование у магистров знаний, умений и навыков в области организации производственного процесса с применением аддитивных технологий и производство конкурентоспособной машиностроительной продукции.

Задачи дисциплины:

- изучение достижений науки и техники в области аддитивных технологий производства и ремонта транспортно-технологических машин, моделирования технологических процессов, технологической подготовки производства;
- освоение прогрессивных приемов и эффективных методов производства и ремонта подвижного состава на основе аддитивных технологий

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

**ПК-2** - Способен к участию в процессах разработки технологической документации, выбора инновационных материалов и оборудования при производстве, ремонте и сервисном обслуживании наземных транспортно-технологических комплексов;

**ПК-3** - Способен к моделированию технологических процессов производства, ремонта и сервисного обслуживания наземных транспортно-технологических комплексов с применением цифровых технологий.

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

**Знать:**

- основные принципы формирования методами аддитивных технологий;
- условия работы и динамику эксплуатации наземных транспортно-технологических машин и технологического оборудования.

**Уметь:**

- проводить анализ целесообразности применения аддитивных технологий
- проводить проверку средств измерений, применяемых при анализе поверхностных свойств деталей и инструментов.

**Владеть:**

- навыками применения адитивных технологий при производстве конкурентоспособной машиностроительной продукции;
- навыками применения средств измерения поверхностных свойств и их проверки при производстве (инженерии поверхностей) и эксплуатации наземных транспортно-технологических машин и технологического оборудования.

**3. Объем дисциплины (модуля).****3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).**

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 8 з.е. (288 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	Семестр	
		№3	№4
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	112	48	64
В том числе:			
Занятия лекционного типа	16	16	0
Занятия семинарского типа	96	32	64

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 176 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	<p>Лекция 1 «Основные понятия об аддитивных технологиях» Рассматриваемые вопросы: - Основные особенности аддитивных технологий; - Основные преимущества аддитивных технологий по сравнению с традиционными технологиями формообразования; - Что такое поддерживающие конструкции и их применения.</p> <p>Лекция 2 «Классификация аддитивных технологий» Рассматриваемые вопросы: - Классификация технологий по принципу отверждения основного материала; - Классификация технологий по исходному агрегатному состоянию применяемого материала.</p> <p>Лекция 3 «Основные принципы технологии избирательного лазерного спекание (SLS - Selective Laser Sintering)» Рассматриваемые вопросы: - Принципы работы технологии SLS; - Основные плюсы и минусы технологии SLS; - Применение технологии SLS.</p> <p>Лекция 4 «Основные принципы технологии прямого нанесения металла (DMD - Direct Metal Deposition)» Рассматриваемые вопросы: - Принципы работы технологии DMD; - Основные плюсы и минусы технологии DMD; - Применение технологии DMD.</p> <p>Лекция 5 «Основные принципы технологии моделирования оплавлением (FDM - Fused Deposition Modeling)» Рассматриваемые вопросы: - Принципы работы технологии FDM; - Основные плюсы и минусы технологии FDM; - Применение технологии FDM.</p> <p>Лекция 6 «Основные принципы технологии многоструйного воспроизведения (MJM - Multi Jet Modeling)» Рассматриваемые вопросы: - Принципы работы технологии MJM; - Основные плюсы и минусы технологии MJM; - Применение технологии MJM.</p> <p>Лекция 7 «Основные принципы технологии лазерной стереолитографии (SLA - Stereo Lithographics Apparatus)» Рассматриваемые вопросы: - Принципы работы технологии SLA;</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>- Основные плюсы и минусы технологии SLA; - Применение технологии SLA.</p> <p>Лекция 8 «Основные принципы технологии трехмерной наплавки (3DW - Three Dimensional Welding)» Рассматриваемые вопросы: - Принципы работы технологии 3DW; - Основные плюсы и минусы технологии 3DW; - Применение технологии 3DW.</p>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	<p>Лабораторная работа 1. Основные положения при выборе метода получения и материала детали. Рассматриваемые вопросы: - основные понятия об аддитивных технологиях; - основные методы формообразования методами аддитивных технологий; - материалы применяемые в аддитивных технологиях.</p> <p>Лабораторная работа 2. Проектирование трехмерной модели для изготовления методами аддитивных технологий. Рассматриваемые вопросы: - что такое параметрическая модель; - что такое триангуляция и ее применение в аддитивных технологиях; - проектирование модели.</p> <p>Лабораторная работа 3. Нарезка параметрической модели при помощи слайсера CURA Рассматриваемые вопросы: - основы работы слайсера CURA; - основные настраиваемые параметры печати.</p> <p>Лабораторная работа 4. Расчет режимов наплавки при изготовлении деталей методами технологии FDM. Рассматриваемые вопросы: - основы технологии FDM; - расчет режимов наплавки.</p> <p>Лабораторная работа 5 Анализ влияния параметров печати на качество поверхностного слоя. Рассматриваемые вопросы: - понятие качество поверхностного слоя; - влияние скорости и толщины слоя на качество.</p> <p>Лабораторная работа 6. Изучение основ растановки поддержек. Рассматриваемые вопросы: - изучение видов поддержек; - анализ модели на предмет появления во время печати прогибов и появления провисание модели; - добавление и удаление поддержек в параметрической модели.</p> <p>Лабораторная работа 7. Изучение типовых дефектов при 3D-печати изделий</p>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	<p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучение понятия дефекта бочкообразности;</li> <li>- изучение понятия дефекта седлообразности;</li> <li>- изучения понятий пор и газовых раковин.</li> </ul> <p>Лабораторная работа 8. Измерение шероховатости поверхности напечатанных изделий.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучение видов мерительного инструмента;</li> <li>- изучение понятия шероховатости;</li> <li>- методика проведения измерений.</li> </ul>

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<p>Практическая работа 1. Разработка параметрической 3D-модели по индивидуальному заданию.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-изучение САD-системы;</li> <li>-основные методы параметрического проектирования.</li> </ul> <p>Практическая работа 2. Разработка параметрической 3D-модели по индивидуальному заданию.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- построение габаритной модели.</li> </ul> <p>Практическая работа 3. Создание контрольных карт измерения.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбор базовых поверхностей для измерения;</li> <li>- построение контрольных карт измерений;</li> <li>- выбор мерительного инструмента.</li> </ul> <p>Практическая работа 4. Подготовка 3D-модели к печати.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понятие триангуляции;</li> <li>- метод компиляции.</li> </ul> <p>Практическая работа 5. Подготовка 3D-модели к печати.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расстановка поддерживающих конструкций;</li> <li>- выбор режимов печати;</li> <li>- нарезка 3D-модели на слои.</li> <li>- компиляция в G-код.</li> </ul> <p>Практическая работа 6. Подготовка 3D-принтера к печати.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучение основных узлов принтера;</li> <li>- изучение системы управления принтера;</li> <li>- заправка материала перед печатью.</li> </ul> <p>Практическая работа 7. Печать на 3D-принтере</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- настройка режимов печати;</li> <li>- печать изделия на 3D-принтере.</li> </ul>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<p>Практическая работа 8. Изучение методов контроля свойств поверхностных слоев деталей полученных методами аддитивных технологий.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- измерение шероховатости поверхности;</li> <li>- контроль качества.</li> </ul>

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Самостоятельная подготовка к лабораторным работам. Работа с пособиями (1-5)
2	Выполнение курсовой работы.
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

1. Создание технологического процесса изготовления детали типа корпус с применением технологии лазерной стереолитографии (SLA - Stereo Lithographics Apparatus).

2. Создание технологического процесса изготовления детали типа корпус с применением технологии избирательного лазерного спекание (SLS - Selective Laser Sintering).

3. Создание технологического процесса изготовления детали типа корпус с применением технологии трехмерной наплавки (3DW - Three Dimensional Welding).

4. Создание технологического процесса изготовления детали типа корпус с применением технологии изготовление с использованием баллистики частиц (BPM - Ballistic Particle Manufacturing).

5. Создание технологического процесса изготовления детали типа корпус с применением технологии прямого нанесения металла (DMD - Direct Metal Deposition).

6. Создание технологического процесса изготовления детали типа корпус с применением технологии моделирования оплавлением (FDM - Fused Deposition Modeling).

7. Создание технологического процесса изготовления детали типа корпус с применением технологии осаждения из газовой фазы (GPD - Gas Phase Deposition).

8. Создание технологического процесса изготовления детали типа корпус с применением технологии формирования с помощью лазерной инженерной

сети (LENS - Laser Engineering Net Shaping).

9. Создание технологического процесса изготовления детали типа корпус с применением технологии многоструйного воспроизведения (MJM - Multi Jet Modeling).

10. Создание технологического процесса изготовления детали типа корпус с применением технологии отверждение плотного основания (SGC - Solid Ground Curing).

11. Создание технологического процесса изготовления детали типа тела вращения с применением технологии лазерной стереолитографии (SLA - Stereo Lithographics Apparatus).

12. Создание технологического процесса изготовления детали типа тела вращения с применением технологии избирательного лазерного спекание (SLS - Selective Laser Sintering).

13. Создание технологического процесса изготовления детали типа тела вращения с применением технологии трехмерной наплавки (3DW - Three Dimensional Welding).

14. Создание технологического процесса изготовления детали типа тела вращения с применением технологии изготовление с использованием баллистики частиц (BPM - Ballistic Particle Manufacturing).

15. Создание технологического процесса изготовления детали типа тела вращения с применением технологии прямого нанесения металла (DMD - Direct Metal Deposition).

16. Создание технологического процесса изготовления детали типа тела вращения с применением технологии моделирования оплавлением (FDM - Fused Deposition Modeling).

17. Создание технологического процесса изготовления детали типа тела вращения с применением технологии осаждения из газовой фазы (GPD - Gas Phase Deposition).

18. Создание технологического процесса изготовления детали типа тела вращения с применением технологии формирования с помощью лазерной инженерной сети (LENS - Laser Engineering Net Shaping).

19. Создание технологического процесса изготовления детали типа тела вращения с применением технологии многоструйного воспроизведения (MJM - Multi Jet Modeling).

20. Создание технологического процесса изготовления детали типа тела вращения с применением технологии отверждение плотного основания (SGC - Solid Ground Curing).



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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Полимерные аддитивные технологии Ляпков А. А., Троян А. А. Учебное пособие "Лань", 120 стр., ISBN 978-5-8114-8708-0 , 2022	<a href="https://e.lanbook.com/book/200318">https://e.lanbook.com/book/200318</a> (дата обращения: 01.09.2022). Текст: электронный.
2	Аддитивные технологии в машиностроении Кравченко Е. Г., Верещагина А. С., Верещагин В. Ю. Учебное пособие Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 140 стр., ISBN 978-5-7765-1350-3 , 2018	<a href="https://e.lanbook.com/book/151709">https://e.lanbook.com/book/151709</a> (дата обращения: 01.09.2022). Текст: электронный.
3	Технологические процессы в машиностроении Черепяхин А. А., Кузнецов В. Учебное пособие Издательство "Лань" (СПО), 184 стр., ISBN 978-5-8114-4303-1 , 2022	<a href="https://e.lanbook.com/book/208985">https://e.lanbook.com/book/208985</a> (дата обращения: 01.09.2022). Текст: электронный.
4	Технологии наукоемких машиностроительных производств Должиков В. П. Учебное пособие Издательство "Лань", 304 стр., ISBN 978-5-8114-2393-4 , 2022	<a href="https://e.lanbook.com/book/212423">https://e.lanbook.com/book/212423</a> (дата обращения: 01.09.2022). Текст: электронный.
5	Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники Кулик В.И., Нилов А.С Учебное пособие Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова, 160 стр., УДК 621-024.41:629.7(075.8) , 2018	<a href="https://e.lanbook.com/book/122070">https://e.lanbook.com/book/122070</a> (дата обращения: 01.09.2022). Текст: электронный

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

1 <http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ.

2 <http://www.library.ru/> - информационно-справочный портал Проект Российской государственной библиотеки.

3 <http://tehmasmiit.wmsite.ru/> - информационно-справочный портал кафедры ТТМиРПС

4 <https://lanbook.com> - электронных библиотек издательство «Лань».

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

Компьютеры на рабочих местах в компьютерном классе должны быть обеспечены стандартными программными продуктами Microsoft.

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

Компьютерный класс (учебная аудитория) для проведения групповых занятий (лекционных, практических и/или лабораторных)

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 3, 4 семестрах.

Курсовая работа в 4 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

М.А. Ларионов

Согласовано:

Заведующий кафедрой ТТМиРПС

М.Ю. Куликов

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин