

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Инженерная академия

(факультет/институт/академия)

Рекомендовано МССН

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины Аддитивные технологии

Рекомендуется для направления подготовки/специальности

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

(указываются код и наименование направления подготовки специальности)

Направленность программы (профиль)

Инженерно-физические технологии в nanoиндустрии (совместно с Евразийским  
национальным университетом им. Л.Н. Гумилева)

(наименование образовательной программы в соответствии с направленностью (профилем))

**1. Цели и задачи дисциплины:** Основной целью дисциплины «Аддитивные технологии» является формирование у студентов инженерных компетенций в области изготовления изделий с применением аддитивных технологий.

Задачи дисциплины «Аддитивные технологии» состоят в ознакомлении студентов с:

- основными понятиями аддитивных технологий;
- классификаций аддитивных технологий;
- оборудованием для изготовления изделий с применением аддитивных технологий;
- расходными материалами для аддитивных технологий;
- разработкой изделий в компьютерных программах для 3D печати.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Аддитивные технологии» относится к *вариативной* части блока 1 учебного плана.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

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

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
<b>Универсальные компетенции</b>			
1	УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели.	Основы применения нанотехнологий и микросистемной техники	Выпускная квалификационная работа
<b>Профессиональные компетенции (вид профессиональной деятельности научно-исследовательский)</b>			
2	ПК-5. Способность разрабатывать технологии изготовления наноструктурированных покрытий с заданными свойствами и проводить исследования их характеристик	-	Технология нанесения тонких пленок
3	ПК-7. Способность разрабатывать современные технологические процессы изготовления наноэлектронных изделий	-	Технология нанесения тонких пленок
4	ПК-8. Способность разрабатывать новые технологические процессы производства микро- и наноразмерных	-	Технология изготовления устройств нано- и микросистемной техники



	электромеханических систем		
--	----------------------------	--	--

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели; ПК-5. Способность разрабатывать технологии изготовления наноструктурированных покрытий с заданными свойствами и проводить исследования их характеристик; ПК-7. Способность разрабатывать современные технологические процессы изготовления нанoeлектронных изделий; ПК-8. Способность разрабатывать новые технологические процессы производства микро- и наноразмерных электромеханических систем.

(указываются в соответствии с ОС ВО РУДН)

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** - историю развитию аддитивных технологий;

- виды классификаций аддитивных технологий;
- классификация оборудования для аддитивных технологий;
- классификация расходного материала для аддитивных технологий.
- возможности аддитивных технологий;

- принцип разработки изделий в компьютерных программах для 3D печати.

**Уметь:** - приобретать новые знания в предметной области;

- анализировать и систематизировать материал в области аддитивных технологий;
- разрабатывать аналитические обзоры в области изучения аддитивных технологий;
- проводить информационный поиск по отдельным объектам исследований.

**Владеть:** - основными терминами и понятиями в области аддитивных технологий;

- методами для поиска, хранения, обработки информации об аддитивных технологиях в различных источниках и базах данных;
- способностью работать с компьютером как средством управления информацией.

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		2	3		
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>					
В том числе:	-	-	-	-	-
<i>Лекции</i>	17	8	9		
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	17	8	9		
<i>Семинары (С)</i>	-	-	-		
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	-	-	-		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	110	56	54		
Общая трудоемкость час	144	72	72		
зач. ед.	4	2	2		

### 5. Содержание дисциплины

#### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	Основные термины и определения. Классификация аддитивных технологий.	Основные понятия аддитивных технологий. Виды классификаций аддитивных технологий. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий. Характеристика рынка аддитивных технологий. Моделирование и разработка изделий в компьютерных программах для 3D печати.
2.	Оборудование и	Классификация оборудования и расходного материала.



материалы для аддитивных технологий.	Стереолитография. Аддитивные технологии с использованием тепловых процессов. Технологии SLS. LOM-технология. FDM-технология. Аддитивные технологии для формирования объёмных металлических структур. Полуаддитивные технологии формирования металлических трёхмерных структур. 3D печать электронных компонентов.
--------------------------------------	---

(Содержание указывается в дидактических единицах. По усмотрению разработчиков материал может излагаться не в форме таблицы)

## 5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего час.
1.	Основные термины и определения. Классификация аддитивных технологий.	8	8	-	-	56	72
2.	Оборудование и материалы для аддитивных технологий.	9	9	-	-	54	72

## 6. Лабораторный практикум – не предусмотрен

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1.			
2.			
...			

## 7. Практические занятия (семинары) (при наличии)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1.	1	Тема «Исторические предпосылки появления аддитивных технологий» Цель: изучить основные этапы происхождения аддитивных технологий, их возможности, области применений, преимущества и недостатки.	4
2.	1	Тема «Классификация аддитивных технологий» Цель: изучить и сравнить способы изготовления изделий с применением аддитивных технологий, их показатели.	4
3.	2	Тема «Аддитивные технологии с использованием тепловых процессов» Цель: изучить основные виды изготовления изделий с применением аддитивных технологий с использованием тепловых процессов.	4
4.	2	Тема «3D печать электронных компонентов» Цель: изучить возможности применения 3D печати (материалы, оборудование, технологический процесс) для изготовления электронных компонентов.	5

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Контрольные вопросы, сценарии к проведению лекций и практических занятий, подбор вопросов для докладов. Компьютерный класс, оснащенный видеопроектором.



## 9. Информационное обеспечение дисциплины

а) программное обеспечение: Стандартное программное обеспечение ЭВМ.

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS <http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>
- РИНЦ - национальная библиографическая база данных научного цитирования <https://elibrary.ru/authors.asp>
- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>

## 10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Каменев, С.В. Технологии аддитивного производства / С.В. Каменев, К.С. Романенко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017. – 145 с.: ил. Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7410-1696-1. – Текст: электронный. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=481769&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=481769&sr=1)
2. Переработка полимерных материалов: технологии последнего поколения / Н.В. Улитин, В.Г. Бортников, К.А. Терешенко и др.; под ред. В.Г. Бортникова; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань: КНИТУ, 2018. – 124 с.: табл., ил. – Текст: электронный. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=561121&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=561121&sr=1)

б) *Дополнительная литература:*

1. Чинакал В.О. Компьютерные технологии управления в технических системах [Текст/электронный ресурс]: Учебно-методический комплекс / В.О. Чинакал. - Электронные текстовые данные. - М.: Изд-во РУДН, 2013. - 212 с. - ISBN 978-5-209-05005-6: 267.14. [http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn\\_FindDoc&id=403193&idb=0](http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn_FindDoc&id=403193&idb=0)
2. Алексеенко А. Г. Введение в материалы и методы нанотехнологии [Текст/электронный ресурс]: Учебно-методический комплекс / А.Г. Алексеенко. - Электронные текстовые данные. - М.: Изд-во РУДН, 2013. - 151 с. - ISBN 978-5-209-05036-0: 214.07. [http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn\\_FindDoc&id=403224&idb=0](http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn_FindDoc&id=403224&idb=0)
3. Основы быстрого прототипирования / А.Н. Поляков, А.И. Сердюк, К. Романенко, И.П. Никитина; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». – Оренбург: ОГУ, 2014. – 128 с.– Текст: электронный. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=259324&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=259324&sr=1)
4. Дубровский Р. В. Компьютерные технологии в науке и производстве [Текст/электронный ресурс]: Учебно-методический комплекс / Р.В. Дубровский. - Электронные текстовые данные. - М.: Изд-во РУДН, 2013. - 126 с. - ISBN 978-5-209-05007-0: 195.56. [http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn\\_FindDoc&id=403270&idb=0](http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn_FindDoc&id=403270&idb=0)

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)



а) Методические указания для самостоятельной работы.

Рекомендуется использовать следующий перечень вопросов и заданий, охватывающий все темы дисциплины:

1. Что такое технология?
2. В чем заключается различие фундаментальных естественнонаучных знаний и технологий?
3. Что такое аддитивные технологии?
4. Классификация аддитивных технологий.
5. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий.
6. Стереолитография.
7. Перспективы развития аддитивных 3D технологий для производства изделий электронной техники.
8. Моделирование и разработка изделий в компьютерных программах для 3D печати.
9. Классификация оборудования и расходного материала.
10. 3-D принтер. Назначение и принцип работы.
11. Перспективы развития аддитивных технологий.
12. Методы создания и корректировки компьютерных моделей.
13. Аддитивные технологии с использованием тепловых процессов.
14. Машины и оборудование для выращивания металлических изделий.
15. Эксплуатация аддитивных установок.
16. Типы расходного материала.
17. ABS пластики.
18. 3D-печать электронных компонентов.
19. Струйное распыление расплавленного материала LMJP-(Liquid Metal Jet Printing).
20. Селективное спекание материалов.
21. Селективное лазерное спекание порошков (SLS – selective laser sintering).
22. Электронно-лучевое спекание порошков (EBM – Electron beam melting).
23. Селективное сплавление материалов.
24. Лазерное сплавление материалов.
25. Струйно-аэрозольная технология.
26. 3D MID-технологии.
27. Электродуговое наваривание в различных газовых средах (GMAW-технология / 3DMP-технология).
28. Ультразвуковая консолидация (наплавление) (UAM – Ultrasonic additive manufacturing, Fabrisonic) (сварка давлением без подогрева).
29. LOM-технология.
30. FDM-технология.

б) Методические указания для подготовки доклада

Цель выполнения доклада – закрепление, углубление и обобщение теоретических знаний, практических навыков, полученных студентами во время изучения дисциплины «Аддитивные технологии», а также создание и развитие навыков исследовательской работы, умения работать с научной литературой, делать на основе ее изучения выводы и обобщения. Студенты овладевают методологией проведения научных исследований; грамотного и логичного изложения материала; аргументированного собственного отношения к рассматриваемой проблеме (теме работы).

Тема доклада студентов должна:

- отвечать содержанию учебной программы для дисциплины «Аддитивные технологии»;
- иметь четкое и короткое название;
- отвечать сущности задач, которые изучаются.

Структурными элементами доклада являются:

Вводная часть



- титульный лист (образец в приложении А)
- содержание;
- введение.

Основная часть

- три (возможно два) раздела;
- заключение

Список использованной литературы

Приложения.

Доклад оформляется в бумажном и электронном виде (в формате .doc), а также оформляется презентация в электронном виде (в формате .ppt), отражающая все структурные элементы доклада.

Титульный лист содержит наименование высшего учебного заведения, департамента, где выполнена работа; фамилия, имя, отчество автора; тема работы; шифр и наименование специальности; шифр группы; ученая степень, ученое звание, фамилия, имя и отчество руководителя работы; город и год.

Текст доклада следует печатать, соблюдая следующие параметры:

- формат бумаги - А4 (210x297 мм) на одной стороне листа,
- размеры полей: левое - 30 мм, правое - 10 мм, верхнее и нижнее - 20 мм,
- абзац - 10 мм,
- шрифт Times New Roman размером 14 пт (с одинарным межстрочным интервалом) или 12 (интервал полуторный),
- форматирование - выравнивание по ширине листа,
- переносы в тексте автоматические,
- отступы и интервалы - 0 см,
- при настройке позиции «Положение на странице» - снять все галочки,
- сквозная нумерация страниц текста арабскими цифрами, включая список использованных источников и приложения (титульный лист не нумеруется). Номер страницы проставлять внизу страницы в средней ее части без точки в конце и не заключая в дефисы. Номер страницы не должен сливаться с текстом. Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, компьютерные распечатки, приложения включают в общую нумерацию страниц документа.

Вне зависимости от способа выполнения работы качество напечатанного текста и оформление иллюстраций (таблиц, графиков и т.п.) должно удовлетворять требованиям: равномерная плотность, контрастность и четкость букв, цифр, знаков и изображения по всей работе.

Каждый раздел (Введение, разделы основной части, Заключение) должен начинаться с новой страницы и иметь номер (арабскими цифрами) и заголовок. Раздел можно разбивать на подразделы, пункты и подпункты. Наименования разделов и подразделов должны соответствовать наименованиям, приведенным в Содержании. Разделы могут обозначаться как Главы.

Если заголовок включает несколько предложений, их разделяют точками. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Заголовки разделов следует располагать посередине строки, печатать прописными буквами без точки в конце.

Заголовки подразделов и пунктов следует начинать с абзацного отступа и печатать с прописной буквы без точки в конце.

Интервал между заголовками разделов и текстом должен быть не менее 6 пунктов.

Пункты и подпункты основной части следует писать с абзацного отступа.



По окончании работы необходимо тщательно отредактировать рукопись, поскольку наличие орфографических, стилистических, оформительских ошибок может отрицательно сказаться на оценке работы. Все листы работы следует сброшюровать.

Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Все иллюстрации называются Рисунок и нумеруются.

Если рисунок один, то он обозначается «Рис. 1». Слово «рисунок» и его наименование располагают посередине строки. Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, Рис. 1.1.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование. Слово «Рис.» и наименование помещают после иллюстрации и располагают по центру.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например, Рис. А.3. При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рис. 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рис. 1.2» при нумерации в пределах раздела. Сокращения слова рисунок при ссылке в тексте недопустимы.

Приложение оформляют как продолжение работы на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного раздела работы.

В тексте работы на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте работы. Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение».

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ъ. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O.

В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в выпускной работе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

На все приложения в основном тексте документа должны быть сделаны ссылки, а в содержании перечислены все приложения с указанием их номера и заголовка.

Перечень тем докладов.

1. История развития аддитивных технологий.
2. Технологические особенности реализации аддитивных технологий.
3. 3-D принтер.
4. Роль аддитивных технологий в создании изделий нанoeлектроники.
5. Аддитивные технологии и литейное производство.
6. Аддитивные технологии и порошковая металлургия
7. Применение аддитивных технологий в различных сферах промышленности.
8. Технология выборочного лазерного спекания.
9. Технология выборочно лазерной плавки.
10. Аддитивные технологии в медицине.
11. Аддитивные технологии в оборонной промышленности.
12. Аддитивные технологии в аэрокосмической сфере.
13. Реинжиниринг в технологическом процессе изготовления изделий.
14. Технология стереолитографии.
15. Аддитивные технологии и быстрое прототипирование.
16. 3D-печать электронных компонентов.

**12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**



Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Аддитивные технологии» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.


**Разработчики:**

Доцент,  
Кафедра «Нанотехнологии и  
микросистемная техника»  
должность, название кафедры

  
\_\_\_\_\_ подпись

С.В.Агасиева  
инициалы, фамилия

**Руководитель программы**  
Доцент,  
Кафедра «Нанотехнологии и  
микросистемная техника»  
должность, название кафедры

  
\_\_\_\_\_ подпись

С.В.Агасиева  
инициалы, фамилия

**ИО заведующего кафедрой**  
Доцент,  
Кафедра «Нанотехнологии и  
микросистемная техника»  
должность, название кафедры

  
\_\_\_\_\_ подпись

С.В.Агасиева  
инициалы, фамилия