

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УМР  
А.А.Панфилов

« 08 » апреля 20 15 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
8	4 / 144	27	-	27	63	экз. (27 ч.)
Итого	4 / 44	27	-	27	63	экз. (27 ч.)

Владимир 2015

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Аддитивные технологии» являются

1. Получение представления об основных направлениях развития методов аддитивного формирования новых материалов.
2. Мотивация студентов к проведению самостоятельных исследовательских работ по получению нано- и микросистемной техники для подготовки выпускной квалификационной работы.
3. Развитие навыков самостоятельного использования экспериментальной техники и представления результатов исследований.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Аддитивные технологии» относится к обязательным дисциплинам вариативной части основной профессиональной образовательной программы. Изучение дисциплины проходит в восьмом семестре, так как она должна помочь бакалавру определиться с возможностью проведения экспериментов в рамках квалификационной работы по получению новых элементов нано- и микросистемной техники.

Для изучения дисциплины студенты должны обладать знаниями, умениями и навыками в рамках общего раздела физики, теории наноматериалов, понимать основные принципы формирования наноструктурированных материалов, владеть методами синтеза и диагностики наноструктур.

Освоение дисциплины необходимо для изучения следующих дисциплин и практик учебного плана: «Проектирование электронных средств в нанoeлектронике», «Научно-исследовательская работа в семестре», «Научно-исследовательская практика», «Преддипломная практика», выполнение выпускной квалификационной работы.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить следующие компетенции:

готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-2);

готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-8).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

**Знать:** базовые технологические методы для производства материалов, компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-8).

**Уметь:** проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-2).

**Владеть:** оборудованием применяемым в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-8).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	История развития аддитивных технологий	8	1	1	-	-	-	3	-		Рейтинг-контроль №1
2	Основные этапы процесса формирования изделий методами аддитивных технологий	8	2-3	6	-	7	-	18	-	6/46%	
3	Методы получения микро и наноструктурированных изделий с использованием аддитивного подхода	8	4-6	12	-	12	-	21	-	12/50%	Рейтинг-контроль №2
4	Лазерные методы формирования прототипов и готовых изделий	8	7-9	8	-	8	-	21	-	8/50%	Рейтинг-контроль №3
Всего		8	9	27	-	27	-	63	-	26/48%	Экзамен (27 ч.)

#### СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

##### Темы лекций:

**Раздел 1.** История развития аддитивных технологий.

**Лекция 1.** История развития аддитивных технологий. Современные направления развития.

**Раздел 2.** Основные этапы процесса формирования изделий методами аддитивных технологий

**Лекция 2-3.** САПР для формирования прототипов. Основные этапы проектирования.

**Лекция 4-5.** Особенности формирования структуры прототипов.

**Раздел 3.** Методы получения микро и наноструктурированных изделий с использованием аддитивного подхода.

**Лекция 6.** Экструзионные методы: проблемы и преимущества.

**Лекция 7.** Технологии прямой записи: ограничения и развитие.

**Лекция 8.** Ink-jet- технологии: перспективы развития

**Лекция 9 .** Spray-jet- технология: возможности и недостатки

**Лекция 10.** Методы плавления и формовки.

**Лекция 11.** Методы химического осаждения

**Лекция 12.** Методы послойного физического осаждения.

**Раздел 4.** Лазерные методы формирования прототипов и готовых изделий

**Лекция 13.** Лазерные методы воздействия на материалы.

**Лекция 14.** Лазерная стереолитография.

**Лекция 15.** SLS/SLM – различие и сходство.

**Лекция 16.** Лазерная послойная обработка.

**Лекция 17.** Лазерное струйное осаждение.

#### **Темы лабораторных работ:**

**Лабораторная работа 1.** Изготовление прототипов монолитных изделий простых форм (сферическая, кубическая и т.д.).

**Лабораторная работа 2.** Изготовление прототипов изделий с внутренними полостями.

**Лабораторная работа 3.** Оптимизация процесса расстановки подпорок.

**Лабораторная работа 4.** Оптимизация расположения детали для уменьшения плоскости роста.

**Лабораторная работа 5.** Конвертация модели в формат STL.

**Лабораторная работа 6.** Изготовление прототипа методом лазерной стерелитографии

**Лабораторная работа 7.** Изготовление прототипа методом лазерного спекания металлических порошков.

**Лабораторная работа 8.** Постобработка прототипов.

### **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При проведении лекционных занятий применяется классический подход преподнесения учебного материала, предполагающий проблемную постановку задач и переход к рассмотрению методов их решения. В ходе лекционных занятий лектор стимулирует студентов к формированию собственных суждений, задавая вопросы по текущему материалу или обращаясь к необходимым для его понимания знаниям, полученным в ходе предыдущего обучения.

Лабораторные занятия проводятся частично в интерактивной форме, а также с применением лабораторного оборудования кафедры и ЦКП с целью развития компетенций ПК-2, ПК-8. На каждом занятии происходит заслушивание рефератов в форме научного доклада с последующим обсуждением. Тема реферата соответствует теме текущего занятия. После доклада остальные студенты задают вопросы, что является необходимым условием успешного прохождения текущего контроля успеваемости (количество заданных каждым слушателем вопросов фиксируется преподавателем). После доклада, при необходимости, преподаватель производит более подробное объяснение материала. На основе представленного доклада и качества ответов на вопросы преподавателем совместно со студентами принимается решение об оценке за подготовленный реферат (по десятибальной шкале, пересчитываемой затем в баллы рейтинг-контроля). Время на доклад и обсуждение определяется при распределении тем рефератов в зависимости от состава учебной группы и может корректироваться на конкретном занятии в зависимости от текущей явки и подготовленности докладчиков.

Таким образом, как минимум 28% аудиторных занятий проводится в интерактивной форме.

Внеаудиторная работа направлена на поиск и анализ литературных источников по заданным темам рефератов, на подготовку к докладам.

### **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ**

## ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

**Текущий рейтинг-контроль** успеваемости является распределённым и основан на оценке нескольких составляющих.

1. Подготовка и защита реферата.
2. Участие в обсуждении рефератов.
3. Выполнение лабораторных работ.

### Темы рефератов для рейтинг-контроля 1

1. Проектирование изделия в среде САПР (основные пакеты для проектирования прототипов)
2. Преобразование данных в STL формат
3. Преобразование данных из STL в командные коды
4. Особенности изготовления изделий в различных методов аддитивных технологий:
  - а) системы с использованием фотополимеров
  - б) системы с использованием порошков
  - в) системы с расплавленным материалом
  - г) твердые листовые материалы
5. Постобработка изделий после процесса выращивания
6. Ограничения различных методов

### Темы рефератов для рейтинг-контроля 2

1. Экструзионные системы: экструзия; отверждение
2. FDM-технология
3. Технологии прямой записи
4. Использование технологии ink-jet
5. Аэрозольная прямая запись
6. Термическое напыление
7. Экструзия расплава
8. Распыление материала методом струйной печати
9. Использование различных материалов для струйной печати:
  - Полимеры
  - Керамика
  - Металлы
10. Осаждение растворов и взвесей
11. Методы формирования капель
12. Методы контролируемого испарения капель
13. Методы распыления (непрерывный, DOD)
14. Использование связующих материалов для методы распыления
15. Формирование слоистых материалов (склеивание и адгезивное связывание)
16. Формирование слоистых материалов (соединение и раскрой, раскрой и соединение )
17. Формирование слоистых материалов (термоскрепление, прессование, ультразвуковая обработка)
18. Процессы направленного энерговклада.

### Темы рефератов для рейтинг-контроля 3

1. Лазерные методы аддитивного производства
2. Лазерная фотополимеризация
3. Лазерное селективное спекание
4. Лазерное селективное плавление (лазерная наплавка)
5. Лазерная обработка слоистых материалов
6. Лазерное осаждение «чернил»
7. Лазерное осаждение расплавленного материала

### Участие в обсуждении рефератов.

Преподаватель фиксирует активность студентов в процессе обсуждения рефератов и качество представления докладов. Поскольку основные вопросы на экзамене полностью повторяют темы рефератов, то повышенная активность студентов позволяет им пройти подготовку к сдаче экзамена.

### Выполнение лабораторных работ.

Выполнение лабораторных работ нацелено на закрепление полученных теоретических знаний. Лабораторная работа состоит из краткой теоретической части, описания проведения работы и полученных результатов. После выполнения работы и оформления отчета происходит защита работа в группах по 3-4 человека. Таким образом студенты получают навык научной работы в команде и разделению обязанностей в научной группе.

**Промежуточная аттестация** проходит в форме семинара. Вопросы семинара охватывают всю тематику, рассмотренную в ходе представления рефератов в течение семестра.

### Вопросы к экзамену:

1. Проектирование изделия в среде САПР (основные пакеты для проектирования прототипов)
2. Преобразование данных в STL формат
3. Преобразование данных из STL в командные коды
4. Особенности изготовления изделий в различных методов аддитивных технологий:
  - а) системы с использованием фотополимеров
  - б) системы с использованием порошков
  - в) системы с расплавленным материалом
  - г) твердые листовые материалы
5. Постобработка изделий после процесса выращивания
6. Ограничения различных методов
7. Экструзионные системы: экструзия; отверждение
8. FDM-технология
9. Технологии прямой записи
10. Использование технологии ink-jet
11. Аэрозольная прямая запись
12. Термическое напыление
13. Экструзия расплава
14. Распыление материала методом струйной печати

15. Использование различных материалов для струйной печати:
  - Полимеры
  - Керамика
  - Металлы
16. Осаждение растворов и взвесей
17. Методы формирования капель
18. Методы контролируемого испарения капель
19. Методы распыления (непрерывный, DOD)
20. Использование связующих материалов для методы распыления
21. Формирование слоистых материалов (склеивание и адгезивное связывание)
22. Формирование слоистых материалов (соединение и раскрой, раскрой и соединение )
23. Формирование слоистых материалов (термоскрепление, прессование, ультразвуковая обработка)
24. Процессы направленного энерговыклада.
25. Лазерные методы аддитивного производства
26. Лазерная фотополимеризация
27. Лазерное селективное спекание
28. Лазерное селективное плавление (лазерная наплавка)
29. Лазерная обработка слоистых материалов
30. Лазерное осаждение «чернил»
31. Лазерное осаждение расплавленного материала

**Самостоятельная работа** студентов включает в себя:

1. Подготовку рефератов (подбор источников по заданной теме, их анализ, написание текста, подготовку к докладу). Контроль осуществляется на занятиях. Процедура контроля описана выше в п.5.

2. Подготовке к выполнению лабораторных работ, оформлению отчетов по лабораторным.

3. Работу с дополнительной литературой по вопросам, связанным с материалом аудиторных занятий. Контроль осуществляется на экзамене. Студент должен продемонстрировать освоенные самостоятельно знания во время ответов на экзаменационные вопросы.

Распределение видов самостоятельной работы по разделам курса.

Раздел 1. Работа с дополнительной литературой (3 ч.)

Раздел 2. Работа с дополнительной литературой (6 ч.); Подготовка реферата (8 ч.), подготовка лабораторных работ (4ч)

Раздел 3. Работа с дополнительной литературой (6 ч.); Подготовка реферата (9 ч.), подготовка лабораторных работ (6ч)

Раздел 4. Работа с дополнительной литературой (6 ч.); Подготовка реферата (9 ч.), подготовка лабораторных работ (6ч)

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

**а) основная литература:**

1. О.С.Сироткин Основы современного материаловедения: М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 364 с ISBN 978-5-16-009335-2. (ЭБС Znanium <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=432594>)

2. Федотов, А.К. Физическое материаловедение. Ч. 2. Фазовые превращения в металлах и сплавах [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Минск : Выш. шк., 2012. – 446 с.: ISBN 978-985-06-2063-7. (ЭБС Znanium <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=508082>)

3. В.А. Горохов Материалы и их технологии. В 2 ч. Ч. 2.: М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 533 с. ISBN 978-5-16-009532-5, (ЭБС Znanium <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=446098>)

#### **б) дополнительная литература:**

1. А.А. Ильин, В.В. Плихунов, Л.М. Петров и др. Вакуумная ионно-плазменная обработка: Учебное пособие / - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 160 с.: ISBN 978-5-98281-366-4 (ЭБС Znanium <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=426490>)

2. Лепешев, А. А. Плазменное напыление аморфных и нанокристаллических материалов [Электронный ресурс] : монография / А. А. Лепешев. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 224 с. - ISBN 978-5-7638-2803-0. (ЭБС Znanium <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=492492>)

3. А.А.Ильин, Г.Б.Строганов, С.В.Скворцова Покрытия различного назначения для металлических материалов: Учебное пособие / - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013 - 144 с., ISBN 978-5-98281-355-8, (ЭБС Znanium <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=415572>)

#### **в) периодические издания:**

1. Журнал «Новости материаловедения. Наука и техника». Режим доступа (электронная библиотека [elibrary.ru](http://elibrary.ru))

2. Журнал «Успех физических наук». Архив номеров. Режим доступа: <http://www.rufn.ru/archive/>

3. Журнал Металлообработка № 05-06.2013: журнал / под ред. Г.Ф. Мощенко. - М.: Издательство "Политехника" Режим доступа (студенческая электронная библиотека [studerium.ru](http://studerium.ru))

#### **в) интернет-ресурсы**

1. Аддитивные технологии. Режим доступа: <http://make-3d.ru/articles/chto-eto-takoe-additivnye-texnologii/>

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

Для представления лекционного материала и рефератов студентов используется проекционное оборудование.

Для проведения лабораторных работ будет использоваться оборудование каф. ФиПМ и ЦКП.



Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС  
ВО по направлению 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочую программу составил доцент кафедры ФиПМ А.О. Кучерик  
(ФИО, подпись)



Рецензент

(представитель работодателя)

ФкП, МП, кафедра нас. отдела Акимов И.А.

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_

Протокол № 11 от 07.04.2015 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(ФИО, подпись)



Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Протокол № 11 от 07.04.2015 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_


(ФИО, подпись)



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 16-17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.16 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  


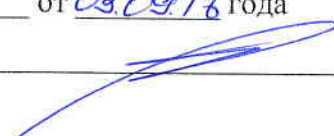
Рабочая программа одобрена на 2017-2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
 Арашвили С. М.

Рабочая программа одобрена на 18-19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
 Арашвили С. М.