

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

Институт прикладной математики, физики и информатики

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
_____ К.С. Хорьков
« 30 » 08 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

направление подготовки / специальность

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Нанотехнологии и микросистемная техника
(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир

2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Аддитивные технологии» формирование знаний, связанных с особенностями проектирования изделий для производства с помощью аддитивных технологий, применяемых на различных стадиях жизненного цикла изделия, а также реализации технологических приемов послойного построения изделий различного отраслевого назначения путем фиксации слоев материала и их последовательного соединения между собой разными способами в зависимости от нюансов конкретной технологии.

Задачи:

- изучить основные технологические процессы, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей.
- изучить основные технологические, эксплуатационные, эстетические и экономические параметры изделий, получаемых с помощью аддитивных технологий.
- получение знаний о свойствах материалов, применяемых в аддитивных технологиях.
- ознакомление студентов с современными методами разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых аддитивных технологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Аддитивные технологии» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1. Способен проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий	ПК-1.1. Знает основные физико-математические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологий и микросистемной техники, а также методы моделирования. ПК-1.2. Умеет проводить моделирование процессов, явлений и объектов в области нанотехнологий и микросистемной техники, в том числе с использованием современных программных средств. ПК-1.3. Владеет навыками анализа процессов и объектов нанотехнологий и микросистемной техники на основе физико-математического и компьютерного моделирования.	Знает: • основные физические и математические законы, модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов аддитивных технологиях. Умеет: • решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов аддитивного производства. Владеет: • математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов аддитивного производства.	Отчёты по лабораторным работам. Контрольные вопросы к лабораторным работам. Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.
ПК-2. Способен проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	ПК-2.1. Знает основные физико-химические модели в области нанотехнологий и микросистемной техники, методы проведения экспериментов и наблюдений, структуру, свойства и назначение наноматериалов и наноструктур. ПК-2.2. Умеет применять методы	Знает: • основные методики экспериментальных исследований синтеза и анализа материалов и компонентов аддитивных технологий. Умеет: • планировать и проводить исследования по	Отчёты по лабораторным работам. Контрольные вопросы к лабораторным работам.

	<p>проведения экспериментов для анализа работы и синтеза микроэлектромеханических устройств, материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.</p> <p>ПК-2.3. Владеет навыками проведения экспериментов, наблюдений и измерений, анализа мультифизических взаимодействий, процессов и явлений в области нанотехнологий и микросистемной техники.</p>	<p>синтезу и анализу материалов для аддитивных технологий;</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводить исследования свойств материалов, использующихся в процессе аддитивного производства. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками выбора оптимальных методов проведения исследований материалов и компонентов аддитивного производства. 	<p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.</p>
<p>ПК-4. Способен совершенствовать процессы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p>	<p>ПК-4.1. Знает основные методы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур, а также назначение, устройство и принцип действия используемого для этого оборудования.</p> <p>ПК-4.2. Умеет работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией.</p> <p>ПК-4.3. Владеет навыками внедрения и контроля качества новых методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов для аддитивных технологий. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • осуществлять диагностику неполадок и частичный ремонт измерительного, диагностического, технологического оборудования; • оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками мониторинга диагностического, технологического оборудования; • навыками оценки свойств материалов для аддитивных технологий. 	<p>Отчёты по лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.</p>

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	История развития аддитивных технологий	6	1-2	2	–	4	4	8	рейтинг-контроль №1
2	Основные этапы процесса формирования изделий методами аддитивных технологий	6	3-6	4	–	8	8	12	
3	Методы получения микро и наноструктурированных изделий с использованием аддитивного подхода	6	7-12	6	–	12	12	20	рейтинг-контроль №2

4	Лазерные методы формирования прототипов и готовых изделий	6	13-16	4	–	8	8	10	рейтинг-контроль №3
5	Экспериментальные модели	6	17-18	2	–	4	4	4	
Всего за 8 семестр:		–	–	18	–	36	36	54	зачет с оценкой
Наличие в дисциплине КП/КР		–	–	–	–	–	–	–	–
Итого по дисциплине		–	–	18	–	36	36	54	зачет с оценкой

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. История развития аддитивных технологий.

1) История развития аддитивных технологий. Современные направления развития.

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

1) САПР для формирования прототипов. Основные этапы проектирования.

2) Особенности формирования структуры прототипов.

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

1) Экструзионные методы: проблемы и преимущества. Технологии прямой записи: ограничения и развитие.

2) Ink-jet- технологии: перспективы развития. Spray-jet- технология: возможности и недостатки

3) Методы плавления и формовки. Методы химического осаждения. Методы послойного физического осаждения.

Раздел 4. Лазерные методы формирования прототипов и готовых изделий.

1) Лазерные методы воздействия на материалы. Лазерная стереолитография.

2) Лазерная послойная обработка. Лазерное струйное осаждение

Раздел 5. Экспериментальные модели.

1) SLS/SLM – различие и сходство.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Раздел 1. История развития аддитивных технологий.

1) Изучение программного обеспечения установок аддитивного производства.

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

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

2) Изготовление прототипов изделий с внутренними полостями.

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

1) Оптимизация процесса расстановки подпорок.

2) Оптимизация расположения детали для уменьшения плоскости роста.

3) Конвертация модели в формат STL.

Раздел 4. Лазерные методы формирования прототипов и готовых изделий.

1) Изготовление прототипа методом лазерной стереолитографии.

2) Изготовление прототипа методом лазерного спекания металлических порошков.

Раздел 5. Экспериментальные модели.

3) Постобработка прототипов.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №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 различными методами 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 аддитивных технологий.

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №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 энергозаклада.

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №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

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (зачёт с оценкой).

Примерный перечень вопросов к зачёту

- 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 различными методами аддитивных технологий.
- 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.
- 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 энерговклада.
- 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.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Аддитивные технологии» включает в себя следующие виды деятельности:

1) Аудиторная самостоятельная работа студента по дисциплине выполняется на лабораторных и практических занятиях при решении задач.

2) Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом при углубленном изучении дисциплины по теме пройденной лекции, при подготовке к лабораторным работам и практическим занятиям. Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, рекомендованной литературы.

Основным источником информации для выполнения самостоятельной работы являются справочные подсистемы и официальные сайты программных пакетов, изучаемых в рамках дисциплины. В ходе самостоятельной работы студенты должны познакомиться с содержанием соответствующих ресурсов, имеющих отношение к рассматриваемым на лекциях вопросам, к заданиям лабораторных работ и к вопросам для самостоятельной работы. При этом рекомендуется самостоятельно проанализировать и частично реализовать примеры, данные в справочных материалах.

Самостоятельная работа завершает задачи всех других видов учебного процесса и может осуществляться на лекциях, семинарах, практических занятиях, лабораторных занятиях, консультациях. Как форма организации учебного процесса самостоятельная работа студентов представляет собой целенаправленную систематическую деятельность по приобретению знаний, осуществляемую вне аудитории.

Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в ходе выполнения и защиты лабораторных работ по дисциплине, при выполнении практических заданий, на экзамене.

Вопросы для самостоятельной работы студентов

- 1) Программа «Технет».
- 2) Современные установки аддитивного производства.
- 3) Получение металлических изделий с использованием фотополимерных методов печати.
- 4) Плазменная наплавка.
- 5) Рынок металлических порошков для аддитивных технологий.
- 6) Требования к сырью для производства металлических порошков для аддитивных технологий.
- 7) Упаковка и хранение металлических порошков.
- 8) Характеристики литейных форм.
- 9) Моделирование процессов при сплавлении порошковых материалов.
- 10) Информационные ресурсы по аддитивным технологиям.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1 О.С.Сироткин Основы современного материаловедения: М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 364 с	2015	http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=432594
2. 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	2014	http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=426490
3. В.А. Горохов Материалы и их технологии. В 2 ч. Ч. 2.: М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 533 с.	2014	http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=446098
Дополнительная литература		
1. Федотов, А.К. Физическое материаловедение. Ч. 2. Фазовые превращения в металлах и сплавах [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Минск: Выш. шк., 2012. – 446 с.	2012	http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=508082
2. Лепешев, А. А. Плазменное напыление аморфных и нанокристаллических материалов [Электронный ресурс] : монография / А. А. Лепешев. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 224 с.	2013	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.	2013	http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=415572

6.2. Периодические издания

1. Журнал «Новости материаловедения. Наука и техника». Режим доступа (электронная библиотека 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).

6.3. Интернет-ресурсы

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

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной.

Лекционные аудитории, оснащённые доской и переносным проектором для проведения занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов (420-3, 430-3; 431-3; 318-3).

Аудитории для проведения практических и лабораторных занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением (122б-3) и научные лаборатории (104-3, 107а-3, 107-3, 123-3, 419-3, лаборатории послыного роста 2 и 4 корпусов), где размещены современные лазерные комплексы.

Аудитории для проведения занятий оснащены современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованы необходимым системным и прикладным программным обеспечением.

Рабочую программу составил дир. ИПМФИ Хорьков К.С.

(ФИО, должность, подпись)

Рецензент

Генеральный директор ООО «ВладИнТех»

А.В. Осипов

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол №1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой

С.М. Аракелян

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01

Протокол №1 от 30.08.2021 года

Председатель комиссии

С.М. Аракелян

(ФИО, должность, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой

С.М. Аракелян

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____