

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



**УТВЕРЖДАЮ**  
 Проректор  
 по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 22 » апреля 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Аддитивные технологии»**

Направление подготовки 28.03.02 «Наноинженерия»

Профиль/программа подготовки:

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
7	5, 180	18	18	18	90	экзамен (36 ч)
Итого	5, 180	18	18	18	90	экзамен (36 ч)

Владимир, 2016

*Лис*

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Аддитивные технологии» направлено на достижение следующих целей ОПОП 28.03.02 «Наноинженерия»:

Код цели	Формулировка цели
Ц1	Подготовка выпускников к <i>научно-исследовательской и инновационной деятельности</i> в области нанотехнологий и нанодиагностики, в том числе междисциплинарных областях, связанных с выбором необходимых методов исследования, модифицирования существующих и разработки новых технологий исходя из задач конкретного исследования.
Ц2	Подготовка выпускников к <i>проектно-конструкторской и проектно-технологической деятельности</i> , включающей в себя участие в составе коллектива исполнителей в проведении расчетных и проектных работ при разработке процессов нанотехнологий

**Целями** освоения дисциплины «Аддитивные технологии» являются: формирование у студентов основных понятий, связанных с особенностями проектирования изделий для производства с помощью аддитивных технологий, применяемых на различных стадиях жизненного цикла изделия, а так же реализации технологических приемов послойного построения моделей изделий различного отраслевого назначения путем фиксации слоев модельного материала и их последовательного соединения между собой разными способами в зависимости от нюансов конкретной технологии.

**Задачи** изучения дисциплины:

- ознакомление студентов с основными базовыми принципами проектирования изделий на основе бионических форм;
- получение теоретических знаний и практических навыков проектирования технологических процессов производства изделий с помощью аддитивных технологий;
- ознакомление студентов с основными физическими процессами, протекающими при изготовлении изделий в зависимости от нюансов конкретной технологии;
- приобретение навыков проведения контрольных мероприятий по оценке качества готового изделия с использованием современных измерительных средств.

**Виды** учебной работы: лекционные, практические и лабораторные занятия. Изучение дисциплины заканчивается экзаменом в 7-м семестре.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Аддитивные технологии» относится к обязательным дисциплинам вариативной части.

Данная дисциплина по своему содержанию и логическому построению в учебном процессе подготовки бакалавра связана непосредственно с такими дисциплинами как «Системы конечно-элементного анализа», «САПР технологических процессов», «Компьютерные технологии в машиностроении» и др.

Студенты должны знать основы организации машиностроительного производства, владеть знаниями в области моделирования объектов машиностроения, иметь навыки анализа научной информации, применять элементы высшей математики и математической статистики для описания технологических систем разных отраслей машиностроения.

Изучение данной дисциплины необходимо для выполнения курсовых работ и проектов с использованием современных инструментальных средств, научно-исследовательских работ, и написания выпускной работы.

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

После изучения данной дисциплины студент приобретает знания, умения и опыт, соответствующие результатам ОПОП направления 28.03.02:

**Р1, Р2, Р4, Р5, Р6** (расшифровка результатов обучения приводится в ОПОП направления 28.03.02).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты обучения, согласующиеся с формируемыми компетенциями ОПОП:

– способностью в составе коллектива участвовать в разработке макетов изделий и их модулей, разрабатывать программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов (ПК-1):

*Знать:* основные особенности выбора и применения контрольно-измерительной аппаратуры для определения технических характеристик макетов;

*Уметь:* разрабатывать программные средства;

*Владеть:* способностью в составе коллектива участвовать в разработке макетов изделий и их модулей;

– способностью в составе коллектива исполнителей участвовать в проведении расчетных работ (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические) (ПК-6):

*Знать:* существующие методики проектирования нанообъектов и формируемых на их основе изделий;

*Уметь:* выполнять при разработке операции необходимые расчеты технологических параметров обработки;

*Владеть:* навыками проведения расчетных работ при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий;

– способностью в составе коллектива исполнителей участвовать в проектных работах по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе (ПК-7):

*Знать:* физические явления, лежащие в основе высокоэффективных методов обработки наноматериалов;

*Уметь:* выбирать оптимальный метод обработки изделий;

*Владеть:* навыками реализации проектных работ по созданию и производству нанообъектов.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7 семестр: общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	СРС	Контрольная работа		
1	Раздел 1. Общая последовательность процесса аддитивного производства. Этапы процесса аддитивного производства. Различия технологий аддитивного производства. Системы с использованием металлов.	7	1-6	6	6	6	30	-	12/67%	Рейтинг-контроль 1
2	Раздел 2. Техническое обслуживание оборудования. Вопросы подготовки, обслуживания и хранения материалов. Ориентация изделия, постобработка полученных изделий. Элементы фиксации частей конструкции. Области применения, не включающие традиционное моделирование в среде САПР.	7	7-12	6	6	6	30	-	12/67%	Рейтинг-контроль 2
3	Раздел 3. Руководство по выбору процесса аддитивного производства. Преимущества бюджетных систем аддитивного производства. Задачи программного обеспечения в аддитивном производстве.	7	13-18	6	6	6	30	-	12/67%	Рейтинг-контроль 3
	Итого			18	18	18	90	-	36/67%	Экзамен (36ч)

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

На лабораторных и практических занятиях используются активные формы обучения, включающие компьютерные симуляции, деловые игры, разбор конкретных ситуаций, проблемное изложение материала, постановку и разрешение проблем при активном участии студентов, работа над проектами в команде, а также такие формы активизации студентов как защита рефератов, выполнение индивидуальных заданий, участие в НИРовских работах, выполняемых на кафедре.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ; УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **Вопросы для проведения рейтинг-контроля №1.**

1. Какова общая последовательность процесса аддитивного производства?
2. Укажите основные этапы аддитивного производства.
3. Концептуализация изделия и его проектирование в среде САПР.
4. Преобразование данных САПР в STL/AMF форматы.
5. Передача STL/AMF файлов на машины аддитивного производства и их обработка.
6. Настройка оборудования для аддитивного производства.
7. Процесс построения изделия.
8. Постобработка изделия.
9. Различия технологий аддитивного производства (фотополимеры, порошки, расплавленные и твердые листовые материалы).
10. Особенности использования подложек.
11. Влияние плотности энергии на технологические характеристики процесса.

### **Вопросы для проведения рейтинг-контроля № 2**

1. Особенности технического обслуживания оборудования для различных технологий аддитивного производства.
2. Особенности подготовки, обслуживания и хранения материалов при различных технологиях аддитивного производства.
3. Ориентация изделия на платформе.
4. Удаление опорных элементов.
5. Особенности создания элементов фиксации частей конструкции и ребер жесткости.
6. Идентификационная маркировка изделий при аддитивном производстве.
7. Аддитивное производство изделий на основе медицинских данных.
8. Аддитивное производство изделий на основе данных реверс-инжиниринга.
9. Дальнейшие перспективы развития и применения аддитивного производства.
10. Какие проблемы могут возникнуть при использовании поверхностного моделирования при создании трехмерных моделей изделий для аддитивного производства?

### **Вопросы для проведения рейтинг-контроля № 3**

1. Методы выбора процесса аддитивного производства изделий. Теория принятия решений.
2. Методы определения приемлемости.
3. Планирование производства и предварительная обработка.
4. Изготовление детали и постобработка.
5. Преимущества бюджетных систем аддитивного производства.
6. Недостатки бюджетных систем аддитивного производства.

7. Подготовка трехмерных моделей. Проблемы STL/AMF файлов.
8. Задачи расчета каждого профиля сечения. Прямое разбиение модели САПР.
9. Форматы файлов для аддитивного производства.
10. Моделирование процессов аддитивного производства с помощью конечно-элементного анализа.
11. Применение STL файлов при механической обработки.

#### **Вопросы к экзамену**

1. Какова общая последовательность процесса аддитивного производства?
2. Укажите основные этапы аддитивного производства.
3. Концептуализация изделия и его проектирование в среде САПР.
4. Преобразование данных САПР в STL/AMF форматы.
5. Передача STL/AMF файлов на машины аддитивного производства и их обработка.
6. Настройка оборудования для аддитивного производства.
7. Процесс построения изделия.
8. Постобработка изделия.
9. Различия технологий аддитивного производства (фотополимеры, порошки, расплавленные и твердые листовые материалы).
10. Особенности использования подложек.
11. Влияние плотности энергии на технологические характеристики процесса.
12. Особенности технического обслуживания оборудования для различных технологий аддитивного производства.
13. Особенности подготовки, обслуживания и хранения материалов при различных технологиях аддитивного производства.
14. Ориентация изделия на платформе.
15. Удаление опорных элементов.
16. Особенности создания элементов фиксации частей конструкции и ребер жесткости.
17. Идентификационная маркировка изделий при аддитивном производстве.
18. Аддитивное производство изделий на основе медицинских данных.
19. Аддитивное производство изделий на основе данных реверс-инжиниринга.
20. Дальнейшие перспективы развития и применения аддитивного производства.
21. Какие проблемы могут возникнуть при использовании поверхностного моделирования при создании трехмерных моделей изделий для аддитивного производства?
22. Методы выбора процесса аддитивного производства изделий. Теория принятия решений.
23. Методы определения приемлемости.
24. Планирование производства и предварительная обработка.
25. Изготовление детали и постобработка.
26. Преимущества бюджетных систем аддитивного производства.
27. Недостатки бюджетных систем аддитивного производства.
28. Подготовка трехмерных моделей. Проблемы STL/AMF файлов.
29. Задачи расчета каждого профиля сечения. Прямое разбиение модели САПР.
30. Форматы файлов для аддитивного производства.
31. Моделирование процессов аддитивного производства с помощью конечно-элементного анализа.
32. Применение STL файлов при механической обработки.

#### **Темы для самостоятельного изучения и оформления:**

1. Материалы для фотополимеризации в ванне. УФ-отверждаемые фотополимеры.
2. Химия фотополимеров. Композиции полимеров и механизмы реакций.
3. Фотополимеризация в ванне с лазерным сканированием. Скорость реакции.
4. Энергетическая освещенность и экспозиция.

5. Особенности взаимодействия лазерного излучения и фотополимера.
6. Способы сканирования. Шаблоны лазерного сканирования.
7. Технологии проекционной фотополимеризации в ванне с использованием масок.
8. Двухфотонная фотополимеризация в ванне.
9. Полимеры и композиты на основе порошковых материалов.
10. Металлы и композиты на основе порошковых материалов.
11. Керамика и керамические композиты на основе порошковых материалов.
12. Механизмы спекания порошковых материалов.
13. Параметры технологических процессов для разных порошковых материалов.
14. Особенности выбора способа подачи порошка.
15. Системы подачи порошка. Восстановление порошка после обработки.
16. Технологические особенности лазерного спекания полимеров.
17. Технологические особенности электронно-лучевого плавления материалов.
18. Экструзионные системы. Основные принципы работы.
19. Управление построением и траекториями движения при использовании аддитивных технологий на базе экструзионных систем.
20. Материалы для распыления методом струйной печати.
21. Моделирование процесса распыления материала.
22. Материалы связующих для струйной печати.
23. Основы обработки материалов при процессах ламинирования листовых материалов.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Основная литература (библиотечная система ВлГУ):

1. Процессы и операции формообразования: Учебник / Черепяхин А.А., Клепиков В.В. - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 288 с.: 60x90 1/16. - (Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-906818-28-7 — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=546101> — Загл. с экрана.
2. Основы автоматизированного проектирования: Учебник/Под ред. А.П.Карпенко - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 329 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт) ISBN 978-5-16-010213-9 — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=477218> — Загл. с экрана.
3. Стратегические приоритеты машиностроительного комплекса: Инновационное развитие предприятий / Бражников М.А., Сафронов Е.Г., Мельников М.А. - М.: Дашков и К, 2015. - 212 с.: ISBN 978-5-394-02536-5 — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=558051> — Загл. с экрана.
4. Современные технологии обработки металлов и сплавов: Сб. научно-тех. статей профессорско-препод. состава кафедры "Технология обр.металлов давлением"- М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 252 с.: 60x90 1/16- (Научная мысль) (о) ISBN 978-5-16-010767-7, 500 экз. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=501737> — Загл. с экрана.

### б) Дополнительная литература (библиотечная система ВлГУ):

1. САПР технолога машиностроителя: Учебник/Э.М.Берлинер, О.В.Таратынов - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 336 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование) (Переплёт) ISBN 978-5-00091-043-6, 400 экз. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=501435> — Загл. с экрана.
2. САПР конструктора машиностроителя/Э.М.Берлинер, О.В.Таратынов - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 288 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование) (Переплёт) ISBN 978-5-00091-042-9, 400 экз. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=501432> — Загл. с экрана.
3. Производство ювелирных изделий из драгоценных металлов и их сплавов: учеб. / С.Б. Сидельников, И.Л. Константинов, Н.Н. Довженко [и др.]. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 380 с. - ISBN 978-5-7638-3141-2. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=516163> — Загл. с экрана.
4. Выбор материалов и технологий в машиностроении: Учебное пособие / А.М. Токмин и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2013. - 235 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-16-006377-5, 300 экз. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=374609> — Загл. с экрана.

### в) Программное обеспечение:

В распоряжение студентов предоставлены лицензионные программные среды *MathCAD*, *MS EXCEL*, *Pro/Engineer WF 4*, *Windchill 11.0*, *Ansys* для использования на лабораторных занятиях, электронный УМК, размещенный на сервере ЦДО ВлГУ.

### г) Периодические издания:

- Ежемесячный научно-технический журнал «САПР и графика»;
- Научно-информационный журнал «В мире науки»;
- Научно-технический журнал «Фотоника»;
- Специализированный ежемесячный журнал «Полимерные материалы».

### д) Интернет-ресурсы:



Проблемно-ориентированный портал по программному обеспечению и аддитивным технологиям: <http://www.materialise.com>;

Проблемно-ориентированный портал по аддитивным технологиям в машиностроении: <http://www.arcam.com>;

Проблемно-ориентированный портал по оборудованию для аддитивного производства на основе технологий стереолитографии и выборочного лазерного спекания материалов: <https://www.3dsystems.com>.

### **Учебно-методические издания**

1.Беляев Л.В. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Аддитивные технологии» для студентов направления 28.03.02[Электронный ресурс] / сост. Беляев Л.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

2.Беляев Л.В. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Аддитивные технологии» для студентов направления 28.03.02[Электронный ресурс] / сост. Беляев Л.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

3.Беляев Л.В. Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Аддитивные технологии» для студентов направления 28.03.02[Электронный ресурс] / сост. Беляев Л.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

4.Беляев Л.В. Оценочные средства по дисциплине «Аддитивные технологии» для студентов направления 28.03.02[Электронный ресурс] / сост. Беляев Л.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1) Портал Центр дистанционного обучения ВлГУ [электронный ресурс] / - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

2) Раздел официального сайта ВлГУ, содержащий описание образовательной программы [электронный ресурс] / - Режим доступа: Образовательная программа 28.03.02 «Наноинженерия» <http://op.vlsu.ru/index.php?id=169>

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

Теоретические занятия, проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием, сопровождаются показом презентаций; лабораторные занятия - в ауд. 234-2, 123-2, 114-4 ВлГУ. Классы ПЭВМ укомплектованы компьютерами на базе процессоров *Intel Pentium core dual, 2gb*, а также сервером на базе многоядерного процессора *Intel Pentium*.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС  
ВО по направлению 28.03.02 «Наноинженерия»

Рабочую программу составил Белаяев Л.Ю.  
(ФИО, подпись)

Рецензент  
(представитель работодателя) Генеральный директор ООО «ТАГ-Инжиниринг», к.т.н.  
Аракелян И.С.  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технология машиностроения  
Протокол № 9/1 от 21.04.2016 года

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В.  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 28.03.02 «Наноинженерия»

Протокол № 9/1 от 21.04.2016 года

Председатель комиссии д.т.н., профессор Морозов В.В.  
(ФИО, подпись)