Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 21.10.2023 14:10:05
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет Машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Е.В. Сафонов/

«16» февраля 2023г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ОСНОВЫ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки
**15.03.01 Машиностроение**

Профиль
**Высокоэффективные технологические процессы и оборудование**

Квалификация
**бакалавр**

Формы обучения
**Очная, заочная**

Москва, 2023 г.

**Разработчик(и):**
Доцент кафедры «ОМДиАТ» к.т.н. /Д.А. Гневашев/

Старший преподаватель кафедры «ОМДиАТ» /Б.Ю. Сапрыкин/

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «ОМДиАТ»,

К.т.н /Д.А. Гневашев/

Заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроения»,

К.т.н, доцент /А.Н. Васильев/

# Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ..... 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы ..... 4
3. Структура и содержание дисциплины ..... 5
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ..... 7
5. Материально-техническое обеспечение ..... 9
6. Методические рекомендации ..... 10
7. Фонд оценочных средств ..... 10

## 1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

**Целями** освоения дисциплины «Основы аддитивных технологий» является:

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению;
- формирование общеинженерных знаний и умений по данному направлению;
- изучение современных технологий аддитивного производства.

**К основным задачам** освоения дисциплины «Основы аддитивных технологий» относиться:

- овладение теоретическими и практическими методами применения технологий аддитивного производства;
- получение навыков создания прототипов машиностроительных изделий, в т.ч. формообразующих поверхностей инструмента методом быстрого прототипирования.

Следует отметить, что изучение курса «Основы аддитивных технологий» способствует расширению научного кругозора и дает тот минимум фундаментальных знаний, на базе которых сформируется четкое представление о современных технологиях аддитивного производства.

Обучение по дисциплине «Основы аддитивных технологий» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| Код и наименование компетенций | Индикаторы достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-7 Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении | ИОПК-7.1. Знает теоретические основы применения экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении.<br>ИОПК-7.2. Умеет применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении.<br>ИОПК-7.3. Владеет умениями применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении. |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части (Б1.15), формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)» Обязательной части.

Дисциплина «Основы аддитивных технологий» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

1. Введение в проектную деятельность;
2. Введение в ТРИЗ;
3. Основы программирования и алгоритмизации в машиностроении;
4. Материаловедение;
5. Компьютерный практику и инженерная графика;
6. Введение в профессию.

## 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2,0 зачетных(е) единиц(ы) (72 часа).

### 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1.Очная форма обучения

| п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры |
|---|---|---|---|
| | **Аудиторные занятия** | **36** | 3 |
| | В том числе: | | |
| | Лекции | **18** | 3 |
| | Семинарские/практические занятия | нет | |
| | Лабораторные занятия | **18** | 3 |
| | **Самостоятельная работа** | **36** | 3 |
| | **Промежуточная аттестация** | | |
| | Зачет/диф.зачет/экзамен | **экзамен** | |
| | **Итого** | **72** | **3** |

3.1.2.Очная форма обучения

| п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры |
|---|---|---|---|
| | **Аудиторные занятия** | **6** | 3 |
| | В том числе: | | |
| | Лекции | **2** | 3 |
| | Семинарские/практические занятия | нет | |
| | Лабораторные занятия | **4** | 3 |
| | **Самостоятельная работа** | **66** | 3 |
| | **Промежуточная аттестация** | | |
| | Зачет/диф.зачет/экзамен | **экзамен** | |
| | **Итого** | **72** | **3** |

## 3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

| | **Разделы/темы дисциплины** | **Трудоемкость, час** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Всего** | **Аудиторная работа** | | | | **Самостоятельная работа** |
| | | | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Практическая подготовка | |
| 1 | Тема 1. Основы аддитивного производства. | | 4 | | | | 4 |
| 2 | Тема 2. Процессы при аддитивном производстве | | 4 | | | | 4 |
| 3 | Тема 3. Технологии при аддитивном производстве. | | 4 | | | | 4 |
| 4 | Тема 4. Исходные данные при проектировании и подготовки к 3Д печати. | | 6 | | | | 6 |
| 5 | Лабораторная работа №1 Изучение ПО для подготовки процесса печати на персональном 3Д принтере | | | | 10 | | 10 |
| 6 | Лабораторная работа №2. Подготовка полигональной модели к 3Д печати | | | | 8 | | 8 |
| | | | **18** | | **18** | | **36** |

3.2.2. Заочная форма обучения.

| | **Разделы/темы дисциплины** | **Трудоемкость, час** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Всего** | **Аудиторная работа** | | | | **Самостоятельная работа** |
| | | | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Практическая подготовка | |
| 1 | Тема 1. Основы аддитивного производства. | | 0,5 | | | | 4 |
| 2 | Тема 2. Процессы при аддитивном производстве | | 0,5 | | | | 14 |
| 3 | Тема 3. Технологии при аддитивном производстве. | | 0,5 | | | | 14 |
| 4 | Тема 4. Исходные данные при проектировании и подготовки к 3Д печати. | | 0,5 | | | | 16 |
| 5 | Лабораторная работа №1 Изучение | | | | 2 | | 10 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ПО для подготовки процесса печати на персональном 3Д принтере | | | | | | |
| 6 | Лабораторная работа №2. Подготовка полигональной модели к 3Д печати | | | | 2 | | 8 |
| | | | **2** | | **4** | | **66** |

### 3.3 Содержание дисциплины

**Раздел 1. Основы аддитивного производства.**

Основные шаги при применении аддитивных технологий, в том числе технологий быстрого прототипирования.

Восемь шагов в аддитивное производство.

Шаг 1 Концепт и Трехмерная Модель(CAD)

Шаг 2: Перевод модели в *.stl формат

Шаг 3: Загрузка модели в установку АП и работа с *.stl файлами

Шаг 4: Настройки Установок АП

Шаг 5: Построение

Шаг 6: Извлечение и Очистка

Шаг 7: Пост-процесс

Шаг 8: Применение

Что такое аддитивные производство. Что необходимо для аддитивные производства. Базовые процессы аддитивного производства. Почему используют термин аддитивное производство. Преимущество аддитивного производства.

**Раздел 2 Процессы при аддитивном производстве**

Основные процессы, применяемые в технологиях быстрого прототипирования. Основной принцип построения физического объекта методом быстрого прототипирования и аддитивного производства. Области применения прототипов. Введение и базовые принципы.

Физические процессы, лежащие в основе технологий быстрого прототипирования. Особенности технологий, преимущества и недостатки технологий. Материалы и их характеристики.

Поддерживающие структуры. Основной принцип 3D печати. Области применения 3D печати.

**Раздел 3 Технологии при аддитивном производстве.**

Процесс Фотополимеризации. История. Обзор химического состава фотополимеров. Основные способы фотополимеризации. Масочное излучение. DLP технологии. LED излучение.

Технологии прототипирования основанные на процессе фотолимеризации. Технология SLA. Технология SGC, FTI, DLP. Технология MJM. Технология PolyJet.

Стереолитография пример построения. Микростериолитографии. Процесс фотополимерезации через проекционную маску.,

Процесс Экструзии. Технологии прототипирования основанные на процессе экструзии Технология FDM и FFF.

Контроль перемещение. Расчет траектории. Материалы.

Технологии прототипирования, основанные на спекании и плавлении порошкообразных материалов. Технология SLS. Технология SLM/EBM/DMD.

Механизм спекания порошка. Переработка порошков Подходы к изготовлению металлических и керамических прототипов. Варианты селективного спекания порошков Материал и применение.

**Раздел 4 Исходные данные при проектировании и подготовки к 3Д печати.**

Информация о подготовки модели (stl, расположение и т.д.)STL файл – формат файла для хранения данных о трехмерной модели

Программное обеспечение для подготовки STL файл для 3Д печати. Ошибки и исправление трехмерной модели. Поддерживающие структуры.

## 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

### 3.4.1.Семинарские/практические занятия

Данной дисциплиной семинарские и практические занятия не предусмотрены.

### 3.4.2.Лабораторные занятия

**Лабораторная работа №1.** Изучение ПО для подготовки процесса печати на персональном 3Д принтере.

Изучение ПО для печати Polygon 2.0. Подготовка деталей к печати по технологии FDM. Цель при выполнении данной работы изучить программу Polygon 2.0- подготовка оптимального задания печати для различного типа моделей, с использованием подгруженного материала Вы должны подготовить задание для печати 4 деталей.

**Лабораторная работа №2.** Подготовка полигональной модели к 3Д печати.

Подготовка к печати детали при использовании программы Wanhao-Cura-18.04.

## 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Данной дисциплиной не предусматривается.

## 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1 Нормативные документы и ГОСТы

ГОСТ Р 57558-2017 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения

ГОСТ Р 57556-2017 Материалы для аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний

ГОСТ Р 57589-2017 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 2. Материалы для аддитивных технологическихпроцессов. Общие требования

ГОСТ Р 57590-2017 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 3. Общие требования

ГОСТ Р 57591-2017 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 4. Обработка данных

ГОСТ Р 57588-2017 Оборудование для аддитивных технологических процессов. Общие требования

ГОСТ Р 57586-2017 Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов. Общие требования

ГОСТ Р 57587-2017 Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний

ГОСТ Р 57911-2017 Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов. Термины и определения

ГОСТ Р 57910-2017 Материалы для аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний металлических материалов сырья и продукции

### 4.2 Основная литература

Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. Технологии Аддитивного производства, М.: Техносфера, 2016. – 646 с.

### 4.3 Дополнительная литература

1. Chee Kai Chua, Kah Fai Leong. 3D Printing and Additive Manufacturing. Principles and applications – World Scientific Publishing, 2015 – 518 c.

2. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров. М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.

3. Петров П.А., Сапрыкин Б.Ю. Технологии быстрого прототипирования. – М.: МГТУ «МАМИ», 2011

### 4.4 Электронные образовательные ресурсы

Электронный образовательный ресурс создан в Московском университете (ЭОР_Основы Аддитивных технологий) https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=8130

### 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Программное обеспечение включает учебно-методические материалы в электронном виде, лицензионное программное обеспечение для CAD-моделирования и управления 3Д-моделью при подготовке задания для 3Д-печати и прототипирования.

### 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

http://www.rp-lab.ru/

http://www.rp-center.com/

http://3dtoday.ru/wiki/

http://vk.com/club87329516

http://3d-expo.ru

http://www.metal-am.com/

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте Мосполитеха в разделе:

- «Библиотека. Электронные ресурсы»
http://lib.mospolytech.ru/lib/content/elektronnyy-katalog
- «Библиотека. Электронно-библиотечные системы»
http://lib.mospolytech.ru/lib/ebs
- ЭБС «ЛАНЬ». Коллекция «Инженерно-технические науки» (http://e.lanbook.com);
- БД полных текстов национальных стандартов (ГОСТ, СНиП, РД, РДС и др.) «Техэксперт» (http://www.kodeks.ru);
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://elibrary.ru);
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн (www.biblioclub.ru);
- ЭБС «ZNANIUM.COM» (www.znanium.com);
- ЭБС «ЮРАЙТ» (www.biblio-online.ru).

## 5. Материально-техническое обеспечение

Аудитории и лаборатории кафедры «ОМДиАТ» АВ2508, АВ2509, а также лаборатория «Аддитивные технологии» АВ1707 и АВ5001(1). Аудитории оснащены, компьютерной и проекционной техникой.

**Оборудование и аппаратура:**

- Оборудование для Аддитивного производства 3Д принтеры fabbster
- Оборудование для Аддитивного производства 3Д принтеры Picaso;
- Оборудование для Аддитивного производства 3Д принтеры Wanhao;
- Оборудование для Аддитивного производства 3Д принтеры V-Flash;
- Оборудование для постобработки прототипов;
- расходные материалы;
- проектор с компьютером и подборкой материалов для лекций и лабораторных работ.

**Лабораторные материалы:**

- Примеры объектов, полученных методами Аддитивного производства по различным технологиям;

Выполнение лабораторных занятий предполагает использовать специализированные лаборатории предприятий и организаций, имеющие современное оборудование и опыт проведения испытаний.

## 6. Методические рекомендации

### 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Методика преподавания дисциплины «Основы аддитивных технологий» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Основное внимание при изучении дисциплины «Основы аддитивных технологий» в разделе «Основы аддитивного производства» следует уделять внимание изучению основных понятий в области быстрого прототипирования, основного принципа и применения технологий

При изучении раздела «Процессы» необходимо познакомить учащихся с процессами которые заложены в основе технологий аддитивного производства

При изучении раздела «Технологии» основное внимание необходимо уделять существующим технологиям, оборудованию, материалам, которые используются при аддитивных производствах

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций и лабораторных работ.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация;
- методические указания для выполнения лабораторных работ.

При проведении занятий по дисциплине применяется система СДО - lms.mospolytech.ru. На платформе СДО по дисциплине могут быть размещены учебные, методические и иные материалы способствующие освоению дисциплины студентом.

При проведении занятий также могут быть реализованы такие формы как вебинары (на платформе ZOOM, Webinar, ТОЛК), онлайн тестирование, промежуточная аттестация с применением электронных средств.

### 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов аддитивного производства, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

**Задачи самостоятельной работы студента**:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к дифференцированному зачету или экзамену.

**Виды внеаудиторной самостоятельной работы:**

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- выполнение заданий по решению типичных задач и упражнений;

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- презентация работы.

# 7. Фонд оценочных средств

## 7.1 Оценочные средства

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка и выполнение лабораторных работ, их защита.
- Экзамен.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и ТЕСТИРОВАНИЕ.

Промежуточная аттестация (экзамен) проводится в сроки, установленные утвержденным расписанием зачётно-экзаменационной сессии.

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины.

Перечень обязательных работ и форма отчетности по ним представлены в таблице

| № ОС | Виды работы | Форма отчетности и текущего контроля |
|---|---|---|
| 1 | Лабораторные работы (ЛР) | Оценка способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, эксперимента и выполнения последующих расчетов, а также составления выводов |

| | | |
|---|---|---|
| 2 | ТЕСТ | Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткий опрос полученных результатов изученного материала по дисциплине. Тест проходит в системе ЛМС, состоит из 20 вопросов. |

*Если не выполнен один или более видов учебной работы, указанных в таблице, преподаватель имеет право выставить неудовлетворительную оценку или не допустить к промежуточной аттестации.

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Основы аддитивных технологий» (прошли промежуточный контроль(выполнение практического задания), выполнили и защитили лабораторные работы,).

| **Шкала оценивания** | **Описание** |
|---|---|
| Отлично | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Хорошо | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |

| | |
|---|---|
| Удовлетворительно | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |
| Неудовлетворительно | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |