Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 22.07.2026 15:53:06
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
_____ /Е.В. Сафонов/
«26» ____февраля____ 2026г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки
15.03.01 Машиностроение

Профиль
Машины и технологии обработки материалов давлением

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2026 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 /А.Г. Матвеев/

Руководитель образовательной программы
«Машины и технологии обработки материалов давлением»
канд. техн. наук, доцент каф «ОМДиАТ» /Е.В. Крутина/

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 9
5. Материально-техническое обеспечение 10
6. Методические рекомендации 11
7. Фонд оценочных средств 12

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. ИОПК-7.2. Умеет применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении. 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, 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 3,0 зачетных(е) единиц(ы) (108 часов).

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	**72**	3
	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**экзамен**	
	Итого	**108**	**3**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.2. Очная форма обучения.

	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Тема 1. Введение в технологии аддитивного производства.		2				4
2	Тема 2. Классификация аддитивного производства		2				6
3	Тема 3. Технология фотополимеризации как процесс аддитивного производства		2				6
4	Тема 4. Экструзия как процесс аддитивного производства		2				6
5	Тема 5. Процессы ламинирования листовых материалов как технологии аддитивного производства		2				6
6	Тема 6. Процессы направленного энерговклада как технологии аддитивного производства		2				6

7	Тема 7. Плавление порошковых материалов в сформированном слое в технологиях аддитивного производства		2				6
8	Тема 8. Пост-обработка как этап производственного цикла аддитивного производства. Применение технологий аддитивного производства в современном машиностроении		2				8
9	Тема 9. Исходные данные при проектировании и подготовки к 3Д печати		2				6
10	*Лабораторная работа №1 Изучение ПО для подготовки процесса печати на персональном 3Д принтере*				10		10
11	*Лабораторная работа №2. Подготовка полигональной модели к 3Д печати*				8		8
			18		**18**		**108**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в технологии аддитивного производства.

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

Тема 2. Классификация аддитивного производства

Основной принцип построения физического объекта методом быстрого прототипирования и аддитивного производства.

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

- Классификация по состоянию материала;
- Классификация ASTM F2792;
- Комплексный метод классификации.
- Основные процессы, применяемые в технологиях аддитивного производства.
- ГОСТы и стандарты принятые в РФ.

Material extrusion – выдавливание материала;

Material Jetting – разбрызгивание материала, струйные технологии;

Binder jetting – разбрызгивание связующего;

Sheet lamination – соединение листовых материалов;

Vat photopolymerization – фотополимеризация в ванне;
Powder bed fusion – расплавление материала в заранее сформированном слое;
Directed energy deposition – прямой подвод энергии непосредственно в место построен ия.

Тема 3. Технология фотополимеризации как процесс аддитивного производства 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.

Тема 4. Экструзия как процесс аддитивного производства

Технологии на основе экструзии (выдавливания) материала в настоящее время являются самыми популярными на рынке. Хотя есть и другие методы для выполнения экструзии, обычно используется нагрев, чтобы расплавить материал в небольшой портативной камере. Материал проталкивается системой подачи, которая создает давление для выдавливания. Мы рассмотрим теорию процесса и попытаемся объяснить, почему именно эти технологии являются передовыми для АП.

- Технологии прототипирования основанные на процессе экструзии Технология FDM и FFF.
- Контроль перемещение. Расчет траектории. Материалы.

Тема 5. Процессы ламинирования листовых материалов как технологии аддитивного производства

Одной из первых технологий аддитивного производства был метод производства изделий из склеиваемых листов накладываемых друг на друга с дальнейшим удалением излишнего материала, получила наименование ЛОМИНИРОВАНИЕ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ – *ЛОМ* (LOM-Laminated 0bject Manufacturing).

Процесс ЛОМ заключается в ламинировании слоя за слоем бумажных листов, раскроенных с помощью CO2-лазера или механическим образом (фрезой, сверлом, механическим резаком), при чем каждый лист представляет собой один слой в форме поперечного сечения модели изделия, выполненной в среде системы автоматизированного проектирования (САПР).

- Адгезивное связывание (LOM);
- Процессы склеивание материалов;
- Ультразвуковая консолидация. Ультразвуковое аддитивное производство (УАП).

Тема 6. Процессы направленного энерговклада как технологии аддитивного производства

Процессы направленного энерговклада (*DED — Directed energy deposition*) позволяют создавать детали, расплавляя материал по мере его нанесения. Хотя этот подход может работать для полимеров, керамики и композитов с металлической матрицей, в основном он используется для металлических порошков. Поэтому эту технологию часто называют технологией «*нанесения металла*».

Процесс энерговклада основан на сущности процесса лазерной сварки (*LBW – Laser Beam Welding – сварка лазерным лучом*).

- Общее описание процесса DED;
- Процесс лазерной наплавки материала;
- Технология осаждения/наплавки проволоки методом дуговой сварки 3DMP.

Тема 7. Плавление порошковых материалов в сформированном слое в технологиях аддитивного производства

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.

- Виды спекания порошковых материалов;
- Порошковые материалы применяемые в аддитивном производстве;
- Параметры технологических процессов;
- Технология электронно-лучевого плавления.

Тема 8. Пост-обработка как этап производственного цикла аддитивного производства. Применение технологий аддитивного производства в современном машиностроении

- Элементы поддержки. Удаление поддерживающего материала;
- Подготовка изделия к использованию в качестве модели;
- Применения технологий Аддитивного Производства для быстрого создания инструмента;
- Использование технологий Аддитивного Производства при традиционных производственных технологиях;

Особые задачи производства решаемы с использованием аддитивных технологий.

Большинству процессов аддитивного производства требуется постобработка детали после построения для придания ей надлежащей формы, функциональности и/или подгонки. В зависимости от метода Аддитивного производства причина постобработки может быть разной.

1) удаление поддерживающего материала;
2) улучшение текстуры материала;
3) повышение точности;
4) улучшение эстетического восприятия;
5) улучшение свойств с помощью нетепловых методов;
6) улучшение свойств с помощью тепловых методов.

Элементы поддержки. Удаление поддерживающего материала.

Зачем нужны поддержки. Если модель имеет выступ или свесы, которые не поддерживаются в процессе печати, вам необходимо добавить дополнительные структуры, чтобы обеспечить успешную печать, в противном случае каждый следующий слой «висящий в воздухе» будет провисать и качество печати будет неприемлемо. Для технологий использующие порошковые материалы таких как SLS, DLMS, SLM, CJP. Так как свесы и выступы поддерживаются материалом окружающим модель во время печати.

Тема 9. 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

ГОСТ Р 57558-2025 Аддитивные технологии. Базовые принципы. Термины и определения

ГОСТ Р 58418-2019 Аддитивные технологии. Металлические порошки и проволоки. Виды дефектов. Классификация, термины и определения

ГОСТ Р 59095-2020 Материалы для аддитивного строительного производства. Термины и определения

4.2 Основная литература

Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. Технологии Аддитивного производства, М.: Техносфера, 2022. – 648 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 с.

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, МТС Линк), 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 30 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 рабочей программой 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 и защитившие лабораторные работы в полном объеме по дисциплине «Основы аддитивных технологий».

Вопросы для подготовки к аттестации по дисциплине «Основы аддитивных технологий»

1. Общее представление о процессе аддитивное производство. Этапы процесса изготовления прототипа.

2. Аддитивное производство как вид процесса прототипирования. Основные виды аддитивного производства.

3. Быстрое прототипирование. Различие между аддитивным производством и обработкой изделий на станках с ЧПУ.

4. Реверс-Инжиниринг как вид процесса прототипирования. Создание трехмерных объектов.

5. Создание изделий (прототипов) с использованием ЧПУ (гравировальный, фрезерный станок). Этапы процесса изготовления прототипа.

6. Стереолитография (SLA-технология). Оборудование. Материал применяемый при Стереолитографии.

7. Общая последовательность аддитивного производства. Этапы последовательности.

8. Экструзия как вид процесса аддитивного производства. Принцип действия. Управление ориентации изделия при экструзии.

9. Технология 3D-печати FDM (Fused Deposition Modeling) . Оборудование. Материал.

10. Процесс плавления порошков в сформированном слое. Виды спекания (SLS, SLM-технологии).

11. Технология MJM,PolyJet. Принципиальная схема. Особенности. Материалы.

12. Электронно-лучевое плавление (Electron Beam Melting или EBM). Сравнение плавления порошков методом EBM с методом лазерного спекания SLM-технологии.

13. Плавление порошков в сформированном слое как технология аддитивного производства.

14. Процессы направленного энерговклада (DED- Directedegergydeposition). Общее описание процесса.

15. Материалы, применяемые при аддитивном производстве.

16. Плавление порошков в сформированном слое как технология аддитивного производства.

17. Работа с порошками при технологиях лазерного спекания. Выбор способа подачи, системы подачи порошка. Восстановление остатка порошка после обработки.

18. Селективное спекание порошков (SLS-технология). Методика процесса. Материалы

19. Материалы применяемые при технологиях спекания(плавления) порошков.

20. Технология компьютерного моделирования и проектирования в аддитивном производстве.

21. Области применения аддитивного производства в среде САПР.

22. Системы, учитывающие изготовления прототипа (использование подложек, энергия, материал, точность, скорость производства).

23. Технологии и процессы проекционной фотополимеризации в ванне с использованием масок.

24. Постобработка как этап получения прототипа. Методы постобработки при аддитивном производстве.

25. Постобработка как этап получения прототипа. Удаление естественной и искусственной поддержки.

26. Принцип фотополимеризации. Основные способы, оборудование, виды излучения, расходуемые материалы.

27. Оборудование, применяемое при изготовлении прототипа методами аддитивного производства.

28. Селективное спекание порошков (SLS-технология). Методика процесса. Материалы.

29. Жидкофазное спекание порошка, частичное плавление. Технология SLS.

30. Технология 3D-печати FDM. Параметры влияющие на точность выращивания изделий методом FDM.

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. 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 рабочей программой. 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 рабочей программой. 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 рабочей программой. 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.