



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



09.03.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ***

Направление подготовки (специальность)  
22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Инжиниринг технологий материалов

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт элитных программ и открытого образования
Кафедра	Инжиниринг технологий материалов
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Инжиниринг технологий материалов  
25.02.2021, протокол № 1

Зав. кафедрой  М.А. Полякова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭПиОО  
09.03.2021 г. протокол № 1

Председатель  Д.В. Терентьев

Рабочая программа составлена:  
профессор каф. ИТМ, канд. техн. наук

 Н.А. Феоктистов

Рецензент:  
директор института , д-р техн. наук  
зав. кафедрой ТСиСА

 И.Ю. Мезин

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Инжиниринг технологий материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.А. Полякова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Инжиниринг технологий материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.А. Полякова

## **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целью преподавания дисциплины «Аддитивные технологии» является развитие у студентов личностных качеств, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 22.04.02 Металлургия.

Ключевыми задачами, решение которых будет осуществляться в рамках преподавания дисциплины «Аддитивные технологии», будут являться:

1. Ознакомление студентов с существующими технологическими процессами получения прототипов изделий;
2. Формирование навыков разработки технологического процесса получения прототипов изделий;
3. Ознакомление с основными способами оптимизации процесса прототипирования, а также формирование практических навыков по оптимизации;
4. Получение практических навыков создания прототипа изделия.

## **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Аддитивные технологии входит в часть учебного плана формируемую участвующими образовательными организациями образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/практик:

Инновационные процессы в производстве металлоизделий

Информационные технологии в науке и производстве

Проектирование технологических процессов производства металлоизделий

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка как процедур защиты и защиты выпускной квалификационной работы

Подготовка как сдача государственного экзамена

## **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Аддитивные технологии» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен обоснованно определять, координировать работу по разработке, инжинирингу и внедрению инновационных технологических процессов получения материалов и производств изделий из них
ПК-1.1	Определяет особенности инновационных технологических процессов в области инжиниринга технологий материалов различного функционального назначения
ПК-1.2	Осуществляет научное обоснование работ по проектированию инновационных технологических процессов получения материалов различного функционального назначения и изделий из них
ПК-1.3	Проводит аналитические исследования для решения технических и технологических задач по разработке и внедрению инновационных процессов получения материалов различного функционального назначения и изделий из них
ПК-3	Способен проводить анализ технологических процессов и оборудования для получения материалов и производств изделий из них различного функционального назначения
ПК-3.1	Разрабатывает технологические процессы для получения материалов различного функционального назначения с обоснованием принятых

	технических решений
П К- З.	Осуществляет выбор рациональных способов производства технологического оборудования с применением фундаментальных знаний в области металлургии и материаловедения
П К- З. З	Разрабатывает контрольные мероприятия текущего состояния производства и проводит корректирующие действия по совершенствованию технологических процессов получения материалов различного функционального назначения

#### 4. Структура, объём содержания дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 22,8 академических часов;
- аудиторная – 20 академических часов;
- внеаудиторная – 2,8 академических часов;
- самостоятельная работа – 85,5 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Форма аттестации – экзамен

Раздел/тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа			Вид самостоятельной работы	Формат текущего контроля успеваемости промежуточной аттестации	Код компетенции	
		Лекции	Семинары	Практические занятия				
1.1. Общие сведения об аддитивных технологиях								
1.1. Этапы развития АТ. Эволюция способов трёхмерной печати	4	1			4	- самостоятельное изучение учебной литературы	устный опрос	ПК-1.1
1.2. Способы трёхмерного прототипирования					5, 5	- самостоятельное изучение учебной литературы; - конспектирование материала на заданную тему	устный опрос, проверка конспектов	ПК-1.1
Итого по разделу		1			9,			
2.2. Технологические процессы трёхмерной печати								
2.1. Технология FDM – печати	4	1		2/2	И 8	- самостоятельное изучение учебной литературы; - подготовка к практической работе	сдача практической работы	ПК-1.2, ПК-3.1
2.2. Технология STL – печати		1		2	10	- самостоятельное изучение учебной литературы; - подготовка к практической работе	сдача практической работы	ПК-1.2, ПК-3.1

2.3 Технология SLS–печати	1			10	- самостоятельное изучение учебной литературы; - конспектирование материала на заданную тему	устный опрос, проверка конспектов	ПК-1.2, ПК-3.1	
2.4 Технология распыления термопластов (BPM)	1			8	- самостоятельное изучение учебной литературы; - конспектирование материала на заданную тему	устный опрос, проверка конспектов	ПК-1.2, ПК-3.1	
2.5 Технология MJM–печати	1			9	- самостоятельное изучение учебной литературы; - конспектирование материала на заданную тему; - подготовка к рубежному контролю № 1	устный опрос, проверка конспектов, рубежный контроль №1	ПК-1.2, ПК-3.1	
Итого по разделу	5		4/2	4				
3.3. Оборудование для 3D–печати								
3.1 Оборудование и технологически возможные технологии FDM, STL	4	1		2/2 И	6	- самостоятельное изучение учебной литературы; - подготовка к практической работе	сдача практической работы	ПК-1.3, ПК-1.2
3.2 Оборудование и технологически возможные технологии SLS, BPM, MJM		1			6	- самостоятельное изучение учебной литературы; - чтение конспектов лекций	устный опрос	ПК-1.3, ПК-1.2
Итого по разделу	2		2/2	1				
4.4. Материалы для трёхмерной печати								
4.1 Материалы 3D–печати	4			2	6	- самостоятельное изучение учебной литературы; - подготовка к практической работе; - конспектирование материала по теме	сдача практической работы	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-1.2, ПК-3.3

4.2 Взаимосвязь материалов качества продукции		1		5	- самостоятельное изучение учебной литературы; - чтение конспектов лекций	устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-3.3
Итого по разделу		1	2	1			
5.5. Разработка технологического процесса печати							
5.1 Принципы проектирования технологического процесса производства изделий при мощности АТ	4	1	2	8	- самостоятельное изучение учебной литературы; - чтение конспекта лекций - подготовка к рубежному контролю № 2	устный опрос, рубежный контроль № 2	ПК-1.2, ПК-3.2
Итого по разделу		1	2	8			
Итого за семестр		1	10/4	8		экзамен	
Итого по дисциплине		1	10/4	8		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для усвоения студентами знаний по дисциплине «Аддитивные технологии» применяются как традиционная компетентностно-модульная технология обучения, включающие в себя объём снения преподавателя на лекциях, самостоятельную работу с учебной и справочной литературой по дисциплине, выполнение практических работ и т.д.

В качестве интерактивных методов обучения используются:

- опережающая самостоятельная работа и работа в команде при выполнении практических работ;

- проблемное обучение при поиске информационных источников.

Самостоятельная работа студентов направлена на закрепление теоретического материала, изложенного преподавателем, наработку умений, отведенных на самостоятельное изучение, на подготовку к практическим занятиям, рейтинговым контролям и устному опросу, а также подготовку к экзамену по дисциплине.

Текущий контроль по дисциплине осуществляется на практических занятиях и заключается в презентации и рейтингах входящих в портфолио групповых работ, выполненных на практических занятиях самостоятельно (в случае малочисленных групп задания выполняются индивидуально). Наличие портфолио, соответствующего установленным требованиям, является основанием для проведения промежуточной аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Симонян, Л. М. Современные методы технологии специальной электрометаллургии и аддитивного производства: теория и технология спецэлектрометаллургии: учебное пособие / Л. М. Симонян, А. Е. Семин, А. И. Кочетов. — Москва: МИСИС, 2017. — 182 с. — ISBN 978-5-906846-96-9. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. — URL: <http://e.lanbook.com/book/105293> (дата обращения: 19.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Звонцов, И. Ф. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие / И. Ф. Звонцов, К. М. Иванов, П. П. Серебrenицкий. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 696 с. — ISBN 978-5-8114-4520-2. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121985> (дата обращения: 19.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Лазеры: применения и приложения : учебное пособие / А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов, С. В. Ивакин ; под редакцией А. С. Борейшо. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 520 с. — ISBN 978-5-8114-2234-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/87570> (дата обращения: 19.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Звонцов, И. Ф. Разработка управляющих программ для оборудования ЧПУ: учебное пособие / И. Ф. Звонцов, К. М. Иванов, П. П. Серебrenицкий. — 2-е изд.,

стер.—Санкт-Петербург:Лань,2018.—588с.—ISBN978-5-8114-2123-7.—Текст:электрон-ный//Электронно-библиотечнаясистема«Лань»:[сайт].—URL:<https://e.lanbook.com/book/107059>(датаобращения:19.05.2021).—Режимдоступа:дляав-ториз.пользователей.

4.Компьютерная графика в САПР : учебное пособие / А. В. Приемышев, В. Н. Крутов, В. А. Треяль, О. А. Коршакова. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-2284-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90060>(дата обращения: 19.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5.Белов, В. Д. Литейное производство : учебник / В. Д. Белов ; под редакцией В. Д. Белова. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : МИСИС, 2015. — 487 с. — ISBN 978-5-87623-892-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116953>(дата обращения: 19.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **в)Методическиеуказания:**

Методическиеуказанияпо предоставлению материалов представленывприл.3.

#### **г)ПрограммнообеспечениеиИнтернет-ресурсы:**

##### **Программнообеспечение**

НаименованиеПО	№договора	Срокдействиялицензии
MSWindows7Professional(дляклассов)	Д-1227-18от08.10.2018	11.10.2021
7Zip	свободнораспространяемое	бессрочно
FARManager	свободнораспространяемое	бессрочно
АСКОНКомпас3Dв.16	Д-261-17от16.03.2017	бессрочно
DelkamPowerMillPro2012	К-308-12от19.11.2012	бессрочно

##### **Профессиональныебазыданныхиинформационныесправочныесистемы**

Названиекурса	Ссылка
Архивнаучныхжурналов«Национальныйэлектронно-информационныйконцорциум»(НПНЭИКОН)	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>
МеждународнаябазасправочныхизданийповсемотраслямзнанийSpringerReference	<a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>
МеждународнаябазанаучныхматериаловвобластифизическихнаукиинжинирингаSpringerMaterials	<a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>
МеждународнаябазаполнотекстовыхжурналовSpringerJournals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международнаяреферативнаяиполнотекстоваясправочнаябазаданныхнаучныхизданий«Scopus»	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
МеждународнаянаукOMETрическаяреферативнаяиполнотекстоваябазаданныхнаучныхизданий«Webofscience»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>

Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г. И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой пакетом MS Office, сподключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
4. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
  - компьютерной техникой пакетом MS Office, сподключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
  - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
  - инструментами для ремонта учебного оборудования;
  - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

**6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Вопросы для проведения устных опросов обучающихся:

Блок 1.1:

1. Исторические предпосылки развития аддитивных технологий;
2. Хронология развития процессов 3D-печати;
3. Основатель трёхмерной печати;
4. Основные способы трёхмерной печати;
5. Основные термины аддитивных технологий.

Блок 1.2:

1. Основные механизмы трёхмерной печати.
2. Критерии оценка выбора технологии трёхмерной печати.
3. Качество продукции, достигаемой при разных способах прототипирования;
4. Основные технологические возможности различных способов печати;
5. Сравнительный анализ различных способов 3D- печати.

Блок 2.3:

1. Протекание технологического процесса SLS – печати;
2. Процессы, протекающие в спекаемом материале.
3. Основные технологические возможности SLS – печати;
4. Области применения SLS – печати;
5. Основные преимущества и недостатки SLS – печати.

Блок 2.4:

1. Технологический процесс BPM – печати;
2. Основные технологические возможности BPM – печати;
3. Области применения BPM – печати;
4. Основные преимущества и недостатки BPM – печати.
5. Материалы для BPM – печати.

Блок 2.5:

1. Технологический процесс MJM – печати;
2. Материалы для MJM – печати;
3. Области применения MJM – печати;
4. Основные преимущества и недостатки MJM – печати;
5. Качество продукции, получаемое при MJM – печати.

Блок 3.2:

1. Принцип работы и устройство оборудования для SLS – печати;
2. Принцип работы и устройство оборудования для BPM – печати;
3. Принцип работы и устройство оборудования для MJM – печати;
4. Общая схема технологического процесса по производства изделия путём SLS – печати;
5. Общая схема технологического процесса по производства изделия путём BPM – печати;
6. Общая схема технологического процесса по производства изделия путём MJM – печати.

Блок 4.2:

1. Показатели качества, контролируемые у изделия, полученного при помощи аддитивных технологий;
2. Инструмент и приборы для контроля качества продукции;
3. Способы повышения качества изделий при получении её методом 3D – печати;
4. Новые и перспективные материалы для 3D – печати, обеспечивающие улучшенное качество продукции;
5. Взаимосвязь материалов и качества изделий.

#### Блок 5.1:

1. Принципы проектирования технологического процесса получения изделий методом 3D – печати;
2. Основные этапы технологического процесса прототипирования изделий;
3. Интегрирование аддитивных технологий в существующие технологические процессы.

#### Перечень вопросов для рейтинг-контроля:

##### Рейтинг-контроль № 1:

1. Основные термины аддитивных технологий;
2. Основные способы и механизмы трёхмерной печати;
3. Технологические возможности SLS, BPM, MJM, SLT, FDM – печатей;
4. Перспективы развития трёхмерного прототипирования;
5. Области применения продукции, полученной аддитивными технологиями;
6. Теоретические основы прототипирования;
7. Критерии выбора способа прототипирования;
8. Способы управления технологическими процессами прототипирования;
9. Обеспечение экономической целесообразности применения аддитивных технологий в технологическом процессе производства изделий;
10. Преимущества и недостатки аддитивных технологий.

##### Рейтинг-контроль № 2:

1. Принцип работы и устройство оборудования для SLS – печати;
2. Принцип работы и устройство оборудования для BPM – печати;
3. Принцип работы и устройство оборудования для MJM – печати;
4. Принцип работы и устройство оборудования для SLT – печати;
5. Принцип работы и устройство оборудования для FDM – печати;
6. Материалы, применяющиеся для 3D-печати;
7. Основные физико-химические характеристики материалов для 3D-печати;
8. Наследственность свойств материала в создаваемом изделии;
9. Основные этапы проектирования технологического процесса 3D-печати;
10. Критерии выбора материала для 3D-печати.

#### **Темы практических занятий, проводимых в рамках изучения дисциплины «Аддитивные технологии»**

1. **«Технология FDM – печати».** В ходе занятия преподаватель знакомит обучающихся с технологией FDM – печати посредством просмотра научно-популярных видеофильмов. Кроме того, каждый обучающийся должен составить в специализированном программном обеспечении, имеющемся в распоряжении университета, рабочую программу для 3D- принтера, а также запустить программу и вырастить деталь на 3D – принтере. Трёхмерные модели для обучающихся подготавливает и выдаёт преподаватель. Кроме того, обучающийся создаёт ориентировочную блок-схему процесса выращивания изделия по FDM технологии, кратко описывает технологический

процесс, а также указывает мероприятия для улучшения качества изделий и предотвращения вероятных дефектах на выращенных моделях.

2. **«Технология STL – печати».** В ходе занятия преподаватель знакомит обучающихся с технологией SLT – печати. Кроме того, каждый обучающийся должен составить в специализированном программном обеспечении, имеющемся в распоряжении университета, рабочую программу для 3D- принтера, а также запустить программу и вырастить деталь на 3D – принтере. Трёхмерные модели для обучающихся подготавливает и выдаёт преподаватель. Кроме того, обучающийся создаёт ориентировочную блок-схему процесса выращивания изделия по SLT технологии, кратко описывает технологический процесс, а также указывает мероприятия для улучшения качества изделий и предотвращения вероятных дефектах на выращенных моделях. Также обучающиеся должны сравнить модель, полученную по технологии SLT – печати, с моделью, полученной по технологии FDM – печати. Кроме того, обучающиеся должны сделать выводы о качестве изделий, полученных различными способами.

3. **«Оборудование и технологические возможности печати по технологиям FDM, STL».** Преподаватель при помощи видеофильма, а также посредством презентаций подробно рассказывает об оборудовании, позволяющем печатать по технологиям FDM и STL. В рамках практического занятия группа изучает и сравнивает возможности различных методов печати. Рассматриваются технико-экономические показатели процесса печати при использовании различных технологий. Обучающиеся разрабатывают мероприятия, направленные на увеличение производительности оборудования, снижения себестоимости, а также, осуществляют сравнительные анализ различных способов печати по представленным преподавателем моделям, а также предлагают показатели качества, которые подвергаются обязательному контролю при различных способах печати.

4. **«Материалы 3D – печати».** В рамках практического занятия преподаватель знакомит обучающихся с материалами, применяющимися в настоящее время для 3D – печати. Также преподаватель выдаёт обучающимся чертёж изделия и указывает требования, предъявляемые к нему. Обучающиеся по полученному чертежу должны:

- выбрать технологию изготовления изделия методом 3D – печати;
- выбрать материал и обосновать свой выбор;
- выбрать оборудования (3D – принтер);
- провести качественное сравнение технико-экономические показатели производства партии изделий с применением различных технологий и материалов;
- кратко описать технологический процесс производства изделия по выбранной технологии печати.

Также в рамках выполнения работы обучающийся разрабатывает схему пошагового внедрение новых материалов в условиях производства.

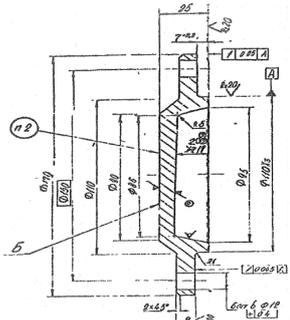
5. **«Принципы проектирования технологического процесса производства изделий при помощи АТ».** В рамках выполнения работы обучающиеся совместно с преподавателем должны спроектировать технологический процесс производства изделий при помощи различных технологий (SLS, BPM, MJM, SLT, FDM). В рамках работы они разрабатывают блок-схему процесса, рассчитывают необходимое количество единиц оборудования для 3D – печати, а также делают эскиз схемы производственного помещения.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

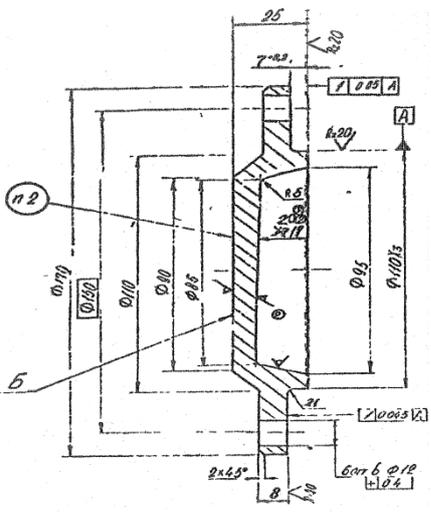
Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-1	Способен обоснованно определять и координировать работы по разработке, инжинирингу и внедрению инновационных технологических процессов получения материалов и производства изделий из них	
ПК-1.1	Определяет особенности инновационных технологических процессов в области инжиниринга технологий материалов различного функционального назначения	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие аддитивного производства;</li> <li>2. История возникновения и развития аддитивного производства;</li> <li>3. 3D моделирования как основа аддитивных технологий;</li> <li>4. FDM – печать. Достоинства и недостатки;</li> <li>5. SLT – печать. Достоинства и недостатки;</li> <li>6. MJM – печать. Достоинства и недостатки;</li> <li>7. BPM – печать. Достоинства и недостатки;</li> <li>8. SLS – печать. Достоинства и недостатки;</li> <li>9. Физические процессы, протекающие при формировании прототипов различными способами;</li> <li>10. Методы создания и корректировки трёхмерных моделей изделий;</li> <li>11. Эксплуатация оборудования аддитивных технологий;</li> <li>12. Технология «быстрого прототипирования»;</li> <li>13. Общие этапы процессов аддитивного производства;</li> <li>14. Классификационные признаки аддитивных технологий</li> </ol>

Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>15. Особенности подготовки трёхмерных моделей для аддитивного производства;</p> <p>16. Процессы построения изделий аддитивными технологиями;</p> <p>17. Ориентирование изделий на платформе 3D-принтера;</p> <p>18. Применение подложек для создания прототипов изделий;</p> <p>19. Настройка основных параметров работы оборудования для аддитивного производства;</p> <p>20. Особенности подготовки моделей для аддитивного</p>
ПК-1.2	<p>Решает профессиональные задачи по научному обоснованию работ по проектированию инновационных технологических процессов получения материалов различного функционального назначения и изделий из них</p>	<p>Практические задания:</p> <p>1. Разработать блок-схему производства прототипов при помощи SLS (BPM, MJM, SLT, FDM) – печатей;</p> <p>2. Выбрать тип печати исходя из условий: габариты модели <math>m \times n \times q</math> мм, минимальная стоимость модели; скорость изготовления (параметры и условия задаёт преподаватель);</p> <p>3. Описать технологический процесс производства изделий при помощи SLS (BPM, MJM, SLT, FDM) – печатей;</p> <p>4. Разработать мероприятия для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- снижения шероховатости поверхности прототипа изделия;</li> <li>- увеличения скорости производства деталей;</li> <li>- снижения себестоимости изделий;</li> <li>- увеличения производительности печатающего устройства и т.д. (условие выбирает преподаватель).</li> </ul> <p>5. Описать показатели качества прототипов и методы их контроля</p>

Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-1.3	<p>Проводит аналитические исследования для решения технических и технологических задач по разработке и внедрению инновационных процессов получения материалов различного функционального назначения и изделий из них</p>	<p><b>Задача по контролю навыков из профессиональной области, комплексные задания:</b></p> <p>Преподаватель выдаёт обучающемуся чертёж изделия (см. пример, рис. 1). По чертежу изделия обучающийся:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбирает способ печати с полным обоснованием своего выбора;</li> <li>2. Описывает технологический процесс производства изделия;</li> <li>3. Указывает положение прототипа на рабочем столе принтера, а также обосновывает свой выбор в виде сравнительного анализа достоинств и недостатков различных положений детали на столе принтера;</li> <li>4. Выбирает материал для печати, исходя из требований: качество поверхности, себестоимость, серийность производства и т.д.;</li> <li>5. Разрабатывает технологические мероприятия обеспечения качества изделия: прогнозирует места установки подложек для предотвращения деформации, выбирает температурные режимы печати (FDM и SLT) технологии и т.д.</li> </ol> 
<p>ПК – 3Способен проводить анализ технологических процессов и оборудования для получения материалов и производства изделий из них различного функционального назначения</p>		

Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК – 3.1	Разрабатывает технологические процессы для получения материалов различного функционального назначения с обоснованием принятых технических решений	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методы финишной обработки модели напечатанной на 3D – принтере;</li> <li>2. Технологические особенности различных способов печати;</li> <li>3. Настройка и калибровка 3D – принтера;</li> <li>4. Деление STL модели на слои. Особенности и основные свойства;</li> <li>5. Взаимосвязь качества прототипов и технологических параметров процесса выращивания;</li> <li>6. Материалы, применяющиеся для 3D – печати по технологии SLS;</li> <li>7. Материалы, применяющиеся для 3D – печати по технологии BPM;</li> <li>8. Материалы, применяющиеся для 3D – печати по технологии MJM;</li> <li>9. Материалы, применяющиеся для 3D – печати по технологии SLT;</li> <li>10. Материалы, применяющиеся для 3D – печати по технологии FDM;</li> <li>11. Сравнительный анализ технологий аддитивного производства и обработки на станках с ЧПУ;</li> <li>12. Области применения изделий, созданных посредством аддитивных технологий;</li> <li>13. Физико-химические свойства материалов, применяющихся при 3D- печати;</li> <li>14. Управление аддитивными технологиями: способы и приёмы;</li> <li>15. Перспективы развития аддитивных технологий;</li> <li>16. Особенности обслуживания оборудования, относящегося к аддитивным технологиям;</li> <li>17. Общие этапы получения изделий для всех технологий аддитивного производства;</li> <li>18. Этапы создания трёхмерной модели;</li> <li>19. Программы для твердотельного моделирования, их особенности и возможности;</li> </ol>

Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК – 3.2	<p>Осуществляет выбор рациональных способов производства и технологического оборудования с применением фундаментальных знаний в области металлургии и материаловедения</p>	<p><b>Практические задания:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Провести сравнительный анализ различных способов печати;</li> <li>2. Предложить систему оценивания качества продукции, полученной способом SLS (BPM, MJM, SLT, FDM) – печатей;</li> <li>3. Спрогнозировать дефекты, получение которых возможно при SLS (BPM, MJM, SLT, FDM) – печатях, а также мероприятия по их устранению;</li> <li>4. Разработать мероприятия по оптимизации процесса печати (SLS, BPM, MJM, SLT, FDM), спрогнозировать изменение технико-экономических показателей процесса;</li> <li>5. Разработать пошаговые мероприятия по использованию новых материалов для 3D – печати.</li> </ol>

Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК – 3.3	<p>Разрабатывает контрольные мероприятия текущего состояния производства и проводит корректирующие действия по совершенствованию технологических процессов получения материалов различного функционального назначения</p>	<p><b>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания:</b></p> <p>Преподаватель выдаёт обучающемуся чертёж изделия (см. пример, рис. 1). По чертежу изделия обучающийся:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбирает способ печати с полным обоснованием своего выбора;</li> <li>2. Описывает технологический процесс производства изделия;</li> <li>3. Указывает положение прототипа на рабочем столе принтера, а также обосновывает свой выбор в виде сравнительного анализа достоинств и недостатков различных положений детали на столе принтера;</li> <li>4. Выбирает материал для печати, исходя из требований: качество поверхности, себестоимость, серийность производства и т.д.;</li> <li>5. Разрабатывает технологические мероприятия обеспечения качества изделия: прогнозирует места установки подложек для предотвращения деформации, выбирает температурные режимы печати (FDM и SLT) технологии и т.д.</li> </ol>
		 <p>Рис. 1 – Пример чертежа изделия</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме **экзамена**.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

### **Показатели и критерии оценивания экзамена:**

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

### **Приложение 3**

#### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ ПРЕЗЕНТАЦИЙ**

По каждой теме группа студентов выполняет презентации. После выполнения задания осуществляется публичная защита презентации.

Каждую презентацию выполняют группа студентов.

Обязательные структурные элементы презентации:

- Титульный лист.
- После титульного листа на отдельном слайде следует план-содержание, в котором указаны названия всех разделов (пунктов плана) презентации.
- После плана-содержания следует вводная часть. Объем вводной части составляет 1-2 слайда.
- Основная часть презентации может иметь один или несколько разделов и предполагает осмысленное и логичное изложение главных положений и идей, содержащихся в изученной литературе. В презентации рекомендуются ссылки на первоисточники. В том случае если цитируется или используется чья-либо неординарная мысль, идея, вывод, приводится какой-либо цифрой материал, таблицу – обязательно сделайте ссылку на того автора у кого вы взяли данный материал.
- Заключение содержит главные выводы, и итоги из текста основной части, в нем отмечается, как выполнены задачи и достигнуты ли цели, сформулированные в вводной части.
- Презентация может включать графики, таблицы, расчеты.

– Библиография (список литературы) здесь указывается реально использованная для подготовки презентации литература.