



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

15.02.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ***

Направление подготовки (специальность)  
22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Искусственный интеллект в металлургии

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Литейных процессов и материаловедения
Курс	1
Семестр	2

Магнитогорск  
2022 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)

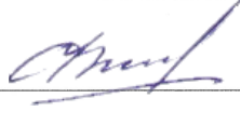
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения  
21.01.2022, протокол № 6

Зав. кафедрой  Н.А. Феоктистов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
15.02.2022 г. протокол № 6

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:  
зав. кафедрой ЛПИМ, канд. техн. наук

 Н.А. Феоктистов

Рецензент:  
директор института, д-р техн. наук

 И.Ю. Мезин

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

### **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 Metallurgy.

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 в металлургии входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений 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 к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  
Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

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

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии
ОПК-1.1	Знает: как решать профессиональные задачи в области металлургии и процессов металлообработки, используя фундаментальные знания; физико-химические основы аддитивного производства
ОПК-1.2	Умеет: владеть способами и приемами решения исследовательских задач в предметной области металлургии и металлообработки; анализировать и синтезировать данные о составе и микроструктуре изделий, получаемых аддитивными технологиями
ОПК-1.3	Имеет практический опыт: применять фундаментальные междисциплинарные знания для решения задач в профессиональной деятельности; выбора материалов для аддитивного производства в зависимости от свойств, предъявляемых к готовой продукции
ОПК-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях
ОПК-5.1	Знает: области применения аддитивных технологий в металлургии;

	как проводить научные исследования для получения базы данных о свойствах металлоизделий широкого назначения с последующей обработкой, анализом и интерпретацией полученных результатов
ОПК-5.2	Умеет: обоснованно применять аддитивные технологии в металлургии ; оценивать результаты научно-технических разработок по совокупности методологических признаков для выбора оптимальных решений по совершенствованию существующих технологических процессов в металлургической отрасли и смежных областях
ОПК-5.3	Имеет практический опыт: систематизировать и обобщать результаты для обоснования выбора оптимального решения при разработке инновационных технологических процессов в области металлургии и металлообработки

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 32 акад. часов;
- аудиторная – 32 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 40 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1. Общие сведения об аддитивных технологиях								
1.1 Этапы развития АТ. Эволюция способов трёхмерной печати	2	2			2	- самостоятельное изучение учебной литературы	устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
1.2 Способы трёхмерного прототипирования		2			5	- самостоятельное изучение учебной литературы; - конспектирование материала на заданную тему	устный опрос, проверка конспектов	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
Итого по разделу		4			7			
2. 2. Технологические процессы трёхмерной печати								
2.1 Технология FDM – печати	2	2		2/2И	2	- самостоятельное изучение учебной литературы; - подготовка к практической работе	сдача практической работы	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
2.2 Технология STL – печати		1		2	2	- самостоятельное изучение учебной литературы; - подготовка к практической работе	сдача практической работы	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3

2.3	Технология SLS – печати		1		2	2	- самостоятельное изучение учебной литературы; - конспектирование материала на заданную тему	устный опрос, проверка конспектов	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
2.4	Технология распыления термопластов (BPM)		1		2	8	- самостоятельное изучение учебной литературы; - конспектирование материала на заданную тему	устный опрос, проверка конспектов	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
2.5	Технология MJM – печати		1		2	9	- самостоятельное изучение учебной литературы; - конспектирование материала на заданную тему; - подготовка к рубежному контролю № 1	устный опрос, проверка конспектов, рубежный контроль № 1	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
Итого по разделу			6		10/2И	23			
3. 3. Оборудование для 3D – печати									
3.1	Оборудование и технологические возможности печати по технологиям FDM, STL	2	2		2/2И	2	- самостоятельное изучение учебной литературы; - подготовка к практической работе	сдача практической работы	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
3.2	Оборудование и технологические возможности печати по технологиям SLS, BPM, MJM		1			2	- самостоятельное изучение учебной литературы; - чтение конспектов лекций	устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
Итого по разделу			3		2/2И	4			
4. 4. Материалы для трёхмерной печати									
4.1	Материалы 3D – печати	2	1		2	2	- самостоятельное изучение учебной литературы; - подготовка к практической работе; - конспектирование материала по теме	сдача практической работы	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3

4.2	Взаимосвязь материалов и качества продукции		1			2	- самостоятельное изучение учебной литературы; - чтение конспектов лекций	устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
Итого по разделу			2		2	4			
5.	5. Разработка технологического процесса печати								
5.1	Принципы проектирования технологического процесса производства изделий при помощи АТ	2	1		2	2	- самостоятельное изучение учебной литературы; - чтение конспекта лекций - подготовка к рубежному контролю № 2	устный опрос, рубежный контроль № 2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
Итого по разделу			1		2	2			
Итого за семестр			16		16/4И	40		зачёт	
Итого по дисциплине			16		16/4И	40		зачет	



## **5 Образовательные технологии**

Для усвоения студентами знаний по дисциплине «Аддитивные технологии» применяются традиционная и компетентностно-модульная технологии обучения, включающие в себя объяснения 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, на проработку тем, 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 ординаторами входящих в портфолио групповых работ, выполненных на практических занятиях и самостоятельно (в случае малочисленных групп задания выполняются ординаторами 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 и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Симонян, Л.М. Современные методы и 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: <https://e.lanbook.com/book/105293> (дата обращения: 01.12.2019). — 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: 01.12.2019). — 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 // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/87570> (дата обращения: 01.12.2019). — Режим доступа: для авто-ризов. пользователей.

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

стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 588 с. — ISBN 978-5-8114-2123-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107059> (дата обращения: 01.12.2019). — Режим доступа: для ав-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 // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90060> (дата обращения: 01.12.2019). — 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 // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116953> (дата обращения: 01.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**в) Методические указания:**

Методические указания для оформления практических работ представлены в прил.

1.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно
АСКОН Компас 3D в.16	Д-261-17 от 16.03.2017	бессрочно
Delkam PowerMill Pro 2012	К-308-12 от 19.11.2012	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный»	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>
Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний	<a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>
Международная база научных материалов в области физических наук	<a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</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	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 с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
4. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с 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.

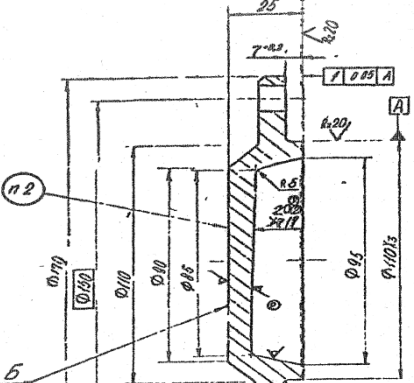
7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях		
ОПК-5.1	Знает: области применения аддитивных технологий в металлургии; как проводить научные исследования для получения базы данных о свойствах металлоизделий широкого назначения с последующей обработкой, анализом и интерпретацией полученных результатов	<p><b>Перечень теоретических вопросов к зачету:</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>

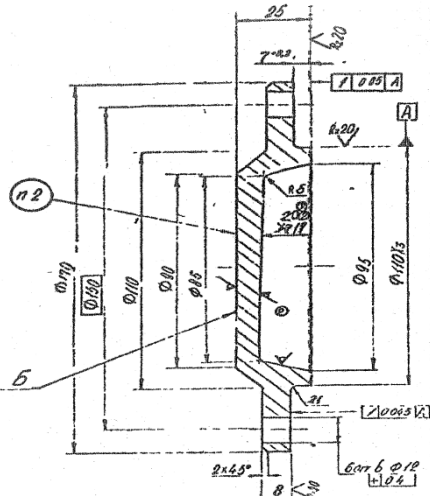
Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>15. Особенности подготовки трёхмерных моделей для аддитивного производства;</p> <p>16. Процессы построения изделий аддитивными технологиями;</p> <p>17. Ориентирование изделий на платформе 3D – принтера;</p> <p>18. Применение подложек для создания прототипов изделий;</p> <p>19. Настройка основных параметров работы оборудования для аддитивного производства;</p> <p>20. Особенности подготовки моделей для аддитивного производства</p>
ОПК-5.2	<p>Умеет: обоснованно применять аддитивные технологии в металлургии ; оценивать результаты научно-технических разработок по совокупности методологических признаков для выбора оптимальных решений по совершенствованию существующих технологических процессов в металлургической отрасли и смежных областях</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
ОПК-5.3	Имеет практический опыт: систематизировать и обобщать результаты для обоснования выбора оптимального решения при разработке инновационных технологических процессов в области металлургии и металлообработки	<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> 
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии		

Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-1.1	Знает: как решать профессиональные задачи в области металлургии и процессов металлообработки, используя фундаментальные знания; физико-химические основы аддитивного производства	<p><b>Перечень теоретических вопросов к зачету:</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> </ol>

Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-1.2	<p>Умеет: владеть способами и приемами решения исследовательских задач в предметной области металлургии и металлообработки; анализировать и синтезировать данные о составе и микроструктуре изделий, получаемых аддитивными технологиями</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>
ОПК-1.3	<p>Имеет практический опыт: применять фундаментальные междисциплинарные знания для решения задач в профессиональной деятельности; выбора материалов для аддитивного производства в зависимости от свойств, предъявляемых к готовой продукции</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</li> </ol>

Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p data-bbox="957 795 1420 840">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 **зачета**.

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

При сдаче зачета:

- на оценку «**зачтено**» – обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций ОПК-1, ОПК-5, то есть должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;
- на оценку «**незачтено**» – результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

## 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.