



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

04.02.2025 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 материалобработки
Кафедра	Литейных процессов и материаловедения
Курс	1
Семестр	2

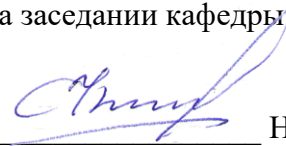
Магнитогорск
2025 год

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

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

23.01.2025, протокол № 6

Зав. кафедрой

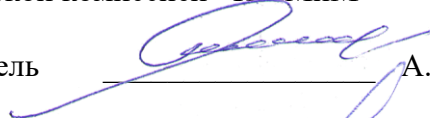


Н.А. Феоктистов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

04.02.2025 г. протокол № 4

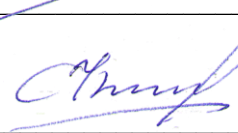
Председатель



А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

зав. кафедрой кафедры ЛПИМ, канд. техн. наук



Н.А. Феоктистов

Рецензент:

доцент кафедры ПЭиБЖД, канд. техн. наук



А.Ю. Перятинский

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Н.А. Феокистов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Н.А. Феокистов

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 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:

Современные методы исследования материалов и процессов

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 – 30,85 акад. часов;
- аудиторная – 30 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,85 акад. часов;
- самостоятельная работа – 41,15 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

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	1,5			3	- 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		3,5			8			
2. 2. Технологические процессы трёхмерной печати								
2.1 Технология FDM – печати	2	1,5		1,5	3	- 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	2	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		5,5		9,5	24			
3. 3. Оборудование для 3D – печати								
3.1 Оборудование и технологические возможности печати по технологиям FDM, STL	2	2		1,5	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		1,5	4			
4. 4. Материалы для трёхмерной печати								
4.1 Материалы 3D – печати	2	1		2	2	- самостоятельное изучение учебной литературы; - подготовка к практической работе; - конспектирован	сдача практической работы	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3

						ие материала по теме		
4.2 Взаимосвязь материалов и качества продукции	2	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	1,15	- 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	1,15			
Итого за семестр		15		15	41,15		зачёт	
Итого по дисциплине		15		15	41,15		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

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 // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:<https://e.lanbook.com/book/10529> (дата обращения: 06.04.2025). — 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 // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121985> (дата обращения: 06.01.2025). — 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: 06.01.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. 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: 06.01.2025). — 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: 06.01.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

Методические указания для оформления практических работ представлены в прил. 3.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

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

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL:https://elibrary.ru/project_risc.asp
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И.	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web

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 оценки выбора технологии трёхмерной печати.
3. Качество продукции, достигаемое 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.

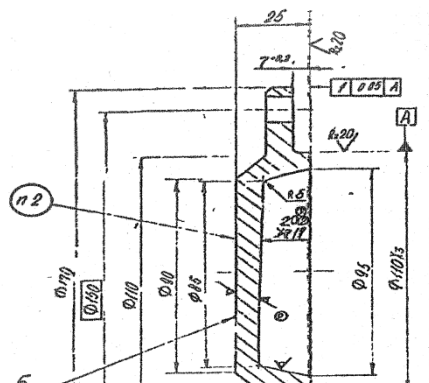
5. **«Принципы проектирования технологического процесса производства изделий при помощи АТ».** В рамках выполнения работы обучающиеся совместно с преподавателем должны спроектировать технологический процесс производства изделий при помощи различных технологий (SLS, BPM, MJM, SLT, FDM). В рамках работы 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:

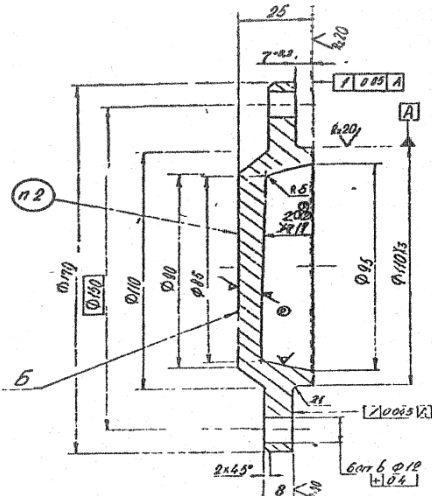
Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях		
ОПК-5.1	Знает: области применения 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	Перечень теоретических вопросов к зачету: 1. Понятие аддитивного производства; 2. История возникновения и развития аддитивного производства; 3. 3D моделирования как основа аддитивных технологий; 4. FDM – печать. Достоинства и недостатки; 5. SLT – печать. Достоинства и недостатки; 6. MJM – печать. Достоинства и недостатки; 7. BPM – печать. Достоинства и недостатки; 8. SLS – печать. Достоинства и недостатки; 9. Физические процессы, протекающие при формировании прототипов различными способами; 10. Методы создания и корректировки трёхмерных моделей изделий; 11. Эксплуатация оборудования аддитивных технологий; 12. Технология «быстрого прототипирования»; 13. Общие этапы процессов аддитивного производства; 14. Классификационные признаки аддитивных технологий

Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		15. Особенности подготовки трёхмерных моделей для аддитивного производства; 16. Процессы построения изделий аддитивными технологиями; 17. Ориентирование изделий на платформе 3D – принтера; 18. Применение подложек для создания прототипов изделий; 19. Настройка основных параметров работы оборудования для аддитивного производства; 20. Особенности подготовки моделей для аддитивного производства
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	Практические задания: 1. Разработать блок-схему производства прототипов при помощи SLS (BPM, MJM, SLT, FDM) – печатей; 2. Выбрать тип печати исходя из условий: габариты модели $m \times n \times q$ мм, минимальная стоимость модели; скорость изготовления (параметры и условия задаёт преподаватель); 3. Описать технологический процесс производства изделий при помощи SLS (BPM, MJM, SLT, FDM) – печатей; 4. Разработать мероприятия для: - снижения шероховатости поверхности прототипа изделия; - увеличения скорости производства деталей; - снижения себестоимости изделий; - увеличения производительности печатающего устройства и т.д. (условие выбирает преподаватель). 5. Описать показатели качества прототипов и методы их контроля

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	Задача по контролю навыков из профессиональной области, комплексные задания: Преподаватель выдаёт обучающемуся чертёж изделия (см. пример, рис. 1). По чертежу изделия обучающийся: 1. Выбирает способ печати с полным обоснованием своего выбора; 2. Описывает технологический процесс производства изделия; 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; 4. Выбирает материал для печати, исходя из требований: качество поверхности, себестоимость, серийность производства и т.д.; 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. 
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	Перечень теоретических вопросов к зачету: 1. Методы финишной обработки модели напечатанной на 3D – принтере; 2. Технологические особенности различных способов печати; 3. Настройка и калибровка 3D – принтера; 4. Деление STL модели на слои. Особенности и основные свойства; 5. Взаимосвязь качества прототипов и технологических параметров процесса выращивания; 6. Материалы, применяющиеся для 3D – печати по технологии SLS; 7. Материалы, применяющиеся для 3D – печати по технологии BPM; 8. Материалы, применяющиеся для 3D – печати по технологии MJM; 9. Материалы, применяющиеся для 3D – печати по технологии SLT; 10. Материалы, применяющиеся для 3D – печати по технологии FDM; 11. Сравнительный анализ технологий аддитивного производства и обработки на станках с ЧПУ; 12. Области применения изделий, созданных посредством аддитивных технологий; 13. Физико-химические свойства материалов, применяющихся при 3D-печати; 14. Управление аддитивными технологиями: способы и приёмы; 15. Перспективы развития аддитивных технологий; 16. Особенности обслуживания оборудования, относящегося к аддитивным технологиям; 17. Общие этапы получения изделий для всех технологий аддитивного производства;

Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
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	Практические задания: 1. Провести сравнительный анализ различных способов печати; 2. Предложить систему оценивания качества продукции, полученной способом SLS (BPM, MJM, SLT, FDM) – печатей; 3. Спрогнозировать дефекты, получение которых возможно при SLS (BPM, MJM, SLT, FDM) – печатях, а также мероприятия по их устранению; 4. Разработать мероприятия по оптимизации процесса печати (SLS, BPM, MJM, SLT, FDM), спрогнозировать изменение технико-экономических показателей процесса; 5. Разработать пошаговые мероприятия по использованию новых материалов для 3D – печати.
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	Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания: Преподаватель выдаёт обучающемуся чертёж изделия (см. пример, рис. 1). По чертежу изделия обучающийся: 1. Выбирает способ печати с полным обоснованием своего выбора; 2. Описывает технологический процесс производства изделия; 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; 4. Выбирает материал для печати, исходя из требований: качество поверхности, себестоимость, серийность производства и т.д.; 5. Разрабатывает технологические мероприятия обеспечения качества изделия: прогнозирует места установки подложек для предотвращения

Структурный элемент	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 Рис. 1 – Пример чертежа изделия

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.