

Министерство просвещения РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Глазовский государственный инженерно-педагогический университет  
имени В.Г. Короленко»

Утверждена  
на заседании ученого совета университета

«21» апреля 2025 г. протокол №\_\_9\_\_  
Приказ № 45 от 21.04.2025

Я.А. Чиговская-Назарова

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АДДИТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА В МЕТАЛЛУРГИИ**

Уровень основной профессиональной образовательной программы	Бакалавриат
Направление подготовки	22.03.02 Металлургия
Направленность (профиль)	Технология материалов
Форма обучения	Очная
Семестр(ы)	7

Глазов 2025

## 1. Цель и задачи изучения дисциплины

### 1.1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель: Решение научно-исследовательских задач при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств, участие в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений

Задачи изучения дисциплины:

Сформировать знания современных информационных технологических и прикладных аппаратно-программных средств, основные принципы проектирования технических объектов и систем в области аддитивных методов производства в металлургии.

Сформировать умения использовать прикладные аппаратно-программные средства при решении научно-исследовательских, моделировать технологические процессы с учетом экономических, экологических и социальных ограничений задач в области аддитивных методов производства в металлургии.

Сформировать владения методами проектирования и моделирования с использованием специализированных программ, методиками и методами научных исследований в области аддитивных методов производства в металлургии.

### 1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными индикаторами достижения компетенций

Код компетенции	ОПК-2
Формулировка компетенции	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений
Индикатор достижения компетенции	ОПК-2.1 Знает основные принципы проектирования технических объектов и систем ОПК-2.2 Умеет моделировать технологические процессы с учетом экономических, экологических и социальных ограничений ОПК-2.3 Владеет методами проектирования и моделирования с использованием специализированных программ

Код компетенции	ОПК-5
Формулировка компетенции	Способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств
Индикатор достижения компетенции	ОПК-5.1 Знает современные информационные технологии и прикладные аппаратно-программные средства. ОПК-5.2 Умеет использовать прикладные аппаратно-программные средства при решении научно-исследовательских задач ОПК-5.3 Владеет методиками и методами научных исследований

### 1.3. Воспитательная работа

Направление воспитательной работы	Типы задач	Формы работы
-----------------------------------	------------	--------------

формирование у обучающихся осознания социальной значимости своей будущей профессии, мотивации к осуществлению профессиональной деятельности	научно-исследовательский, технологический	включение в социокультурную среду путем формирования у студентов практических умений и навыков в рамках профессиональной деятельности
направление воспитательной работы	научно-исследовательский, технологический	формы работы

#### 1.4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина "Аддитивные методы производства в металлургии" относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

#### 1.5. Особенности реализации дисциплины

Дисциплина реализуется на русском языке.

### 2. Объем дисциплины

Вид учебной работы по семестрам	Всего, зачетных единиц	Академ. часы	Из них в форме практической подготовки
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	
<b>СЕМЕСТР 7</b>			
Контактная работа с преподавателем:			
Аудиторные занятия (всего)		72	
Занятия лекционного типа		32	
Лабораторные работы		-	
Занятия семинарского типа		-	
Практические занятия		36	
КСР		4	
Самостоятельная работа обучающихся		72	
Вид промежуточной аттестации: Зачет с оценкой		0	

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/ п	Разделы и темы дисциплины Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в академических часах)						
		всего	ауд	лекц	пр	лаб	КСР	СРС
Семестр 7								
1	Введение в аддитивные технологии.	24	12	6	8	-	-	12

1.1	Терминология и классификация современных аддитивных технологий	3		1				2
1.2	История возникновения и развития аддитивных технологий	5		1				4
1.3	Разновидности аддитивных технологий	8		2	2			4
1.4	Особенности подачи и спекания материалов при печати	8		2	6			2
2	Материалы для аддитивных технологий	24	12	6	8	-	-	12
2.1	Основные требования к материалам для аддитивных технологий	4		1	1			2
2.2	Классические технологии получения сферических порошков и филаментов	4		1	1			2
2.3	Альтернативные технологии получения сферических порошков и филаментов	4		1	1			2
2.4	Технологии получения порошков на основе керамических и композиционных материалов	4		1	1			2
2.5	Выбор метода получения порошка в зависимости от материала и типа аддитивного процесса	4		1	1			2
2.6	Разновидности дефектов порошковых и проволочных материалов и методы их контроля	2		1	1			1
2.7	Определение характеристик материалов, способы улучшения их свойств и постобработка	2			2			1
3	Основы 3D- моделирования	22	10	6	6	-	-	12
3.1	Создание 3d-модели изделия с учетом технологических особенностей аддитивного процесса	4		1	2			2
3.2	Возможности топологической оптимизации. Генеративный и бионический дизайн	3		1	-			2
3.3	Программное обеспечение для создания 3D-моделей, основные форматы файлов	4		1	2			2
3.4	Расположение деталей на плите построения, моделирование поддерживающих конструкций	6		1	2			4
3.5	Создание модели выдавливанием	5		2	-			2
4	Основные типы аддитивных процессов	24	12	6	6			12
4.1	Аддитивные технологии, основанные на прямом подводе энергии и материала	5		1				4
4.2	Аддитивные технологии типа «синтез на подложке»	4		2				2
4.3	Гибридные и комбинированные аддитивные технологии	3		1				2

4.4	Аддитивное производство изделий из керамических и композиционных материалов	3		1				2
4.5	Посещение производственных участков и ознакомление с различными типами аддитивных технологических процессов	9		1	6			2
5	Пост-обработка и контроль качества изделий	24	12	6	8	-	2	12
5.1	Разновидности пост- обработки изделий, полученных методами аддитивных технологий	7		2	4			4
5.2	Контроль качества изделий, полученных методами аддитивных технологий	9		2	2		2	4
5.3	Разновидности дефектов аддитивных изделий и методы их контроля	8		2	2			4
6	Тенденции развития аддитивных технологий	16	4	2	-	-	2	12
6.1	Области применения и тенденции развития аддитивных технологий	9		1			2	6
6.2	Реферат «Перспективные направления развития аддитивных технологий»	7		1				6
<b>Всего по семестру 7</b>		<b>144</b>	<b>72</b>	<b>32</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>72</b>
<b>Зачет с оценкой</b>		<b>0</b>						
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>144</b>	<b>72</b>	<b>32</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>72</b>

### 3.2. Занятия лекционного типа

#### СЕМЕСТР 7

##### Лекция 1

Тема: Введение в аддитивные технологии.

Краткая аннотация к лекции.

Терминология и классификация современных аддитивных технологий. Термины и определения. Используемые сокращения. Суть технологического подхода. Классификация.

##### Лекция 2

Тема: Введение в аддитивные технологии.

Краткая аннотация к лекции.

История возникновения и развития аддитивных технологий. История зарождения подхода. Первые образцы оборудования. Современные способы производства. Тенденции развития и прогрессивные направления.

##### Лекция 3

Тема: Введение в аддитивные технологии.

Краткая аннотация к лекции.

Разновидности аддитивных технологий. Классификация. Типы используемых материалов. Используемое оборудование.

Особенности подачи и спекания материалов при печати. Струйное, послойное, объемное формообразование. Способы отверждения и спекания материалов. Отделение от подложки. Полимеризация. Схемы развития остаточных напряжений.

#### Лекция 4

Тема: Материалы для аддитивных технологий.

Краткая аннотация к лекции.

1. Основные требования к материалам для аддитивных технологий. Типы материалов. Конструкционные материалы, применяемые в аддитивном производстве. Сплавы на основе титана, никеля, циркония. Интерметаллидные сплавы. Металлопорошковые композиции. Проволока. Биметаллическая печать.
2. Классические технологии получения сферических порошков и филаментов. Классификация методов получения порошков и филаментов. Волочение. Цетробежное распыление. Газовое распыление. Сфероидизация.

#### Лекция 5

Тема: Материалы для аддитивных технологий.

Краткая аннотация к лекции.

Альтернативные технологии получения сферических порошков и филаментов. Физико-химические методы. Рециклинг и восстановление.

Технологии получения порошков на основе керамических и композиционных материалов. Измельчение. Смешивание компонентов. Особенности применения композитов в аддитивном производстве.

#### Лекция 6

Тема: Материалы для аддитивных технологий.

Краткая аннотация к лекции.

Выбор метода получения порошка в зависимости от материала и типа аддитивного процесса. Физическо-механические факторы выбора способа получения материалов. Форма частиц. Текучесть. Насыпная плотность. Особенности селективного лазерного сплавления. Влияние гранулометрического состава порошка на структуру изделия.

Разновидности дефектов порошковых и проволоочных материалов и методы их контроля. Дефекты проволоочных материалов. Методы разрушающего и неразрушающего контроля. Мероприятия постобработки для устранения дефектов. Дефекты порошковых материалов. Загрязнение. Газонасыщение. Агломерация и поры.

Определение характеристик материалов, способы улучшения их свойств и постобработка. Анализ материалов. Механические испытания. Методы классификации порошковых композиций. Травление. Отжиг. Гидроабразивная очистка. Условия хранения.

#### Лекция 7

Тема: Основы 3D- моделирования. Основные типы аддитивных процессов.

Краткая аннотация к лекции.

1. Создание 3d-модели изделия с учетом технологических особенностей аддитивного процесса. Архитектура и интерфейс CAD- программ на примере Компас 3D. Твердотельное моделирование. Пространственное расположение детали.
2. Возможности топологической оптимизации. Генеративный и бионический дизайн. Оптимизация конструкции. Программы ИИ генеративного дизайна. Бионика в конструировании изделий промышленного и медицинского назначения.

#### Лекция 8

Тема: Основы 3D- моделирования. Основные типы аддитивных процессов.

Краткая аннотация к лекции.

Программное обеспечение для создания 3D-моделей, основные форматы файлов. Программное обеспечение для создания и обработки моделей. Слайсеры. Форматы для записи файлов. Триангуляция. Точность построения.

Расположение деталей на плите построения, моделирование поддерживающих конструкций. Ориентация детали в пространстве. Поддержки и силовые элементы. Плита построения. Подложка.

#### Лекция 9

Тема: Основы 3D- моделирования. Основные типы аддитивных процессов.

Краткая аннотация к лекции.

Создание модели выдавливанием. Инструмент выдавливания модели из эскиза. Изменение параметров операции. Работа с листовыми материалами, сложнопрофильной геометрией. Стандартные изделия. Типовые конструктивные элементы. Послойное разделение.

#### Лекция 10

Тема: Основные типы аддитивных процессов

Краткая аннотация к лекции.

Аддитивные технологии, основанные на прямом подводе энергии и материала. DED методы печати. Источники энергии. Основные типы аддитивных процессов. Аддитивные технологии типа «синтез на подложке». Гибридные и комбинированные аддитивные технологии. Области применения и тенденции развития аддитивных технологий.

#### Лекция 11

Тема: Основные типы аддитивных процессов

Краткая аннотация к лекции.

Аддитивные технологии типа «синтез на подложке». PBF методы печати.

Гибридные и комбинированные аддитивные технологии. Синтез с традиционными технологиями. Комбинированные источники энергии.

#### Лекция 12

Тема: Основные типы аддитивных процессов

Краткая аннотация к лекции.

Аддитивное производство изделий из керамических и композиционных материалов. Применение керамических изделий, полученных аддитивными методами. Изостатическое и квазиизостатическое прессование. Шликерное литье.

#### Лекция 13

Тема: Пост-обработка и контроль качества изделий. Тенденции развития аддитивных технологий.

Краткая аннотация к лекции.

1. Разновидности пост- обработки изделий, полученных методами аддитивных технологий. Виды внутренних напряжений. Термическая обработка. Механические виды обработки. Улучшение качества поверхности. Допуск под обработку и усадку. Отделение от платформы построения.

#### Лекция 14

Тема: Пост-обработка и контроль качества изделий. Тенденции развития аддитивных технологий.

Краткая аннотация к лекции.

Контроль качества изделий, полученных методами аддитивных технологий. Метрологическое обеспечение контроля качества. Виды контроля. 3D-сканирование.

#### Лекция 15

Тема: Пост-обработка и контроль качества изделий. Тенденции развития аддитивных технологий.

Краткая аннотация к лекции.

Разновидности дефектов аддитивных изделий и методы их контроля. Дефекты при аддитивном производстве изделий. Методы предотвращения и устранения.

Лекция 16.

Тема: Тенденции развития аддитивных технологий

Краткая аннотация к лекции.

1.Области применения и тенденции развития аддитивных технологий. Развитие направления. Области использования. Доля рынка. Вытеснение традиционных технологий. Преимущества применения. Влияние на общее развитие науки и техники.

2.Реферат «Перспективные направления развития аддитивных технологий». Подготовка реферата по выбранному направлению.

### **3.3. Занятия семинарского типа**

Учебным планом не предусмотрены

### **3.4. Практические занятия**

#### **СЕМЕСТР 7**

Практическое занятие 1.

Тема: Разновидности аддитивных технологий

Перечень заданий:

Решение задач по теме

Практическое занятие 2

Тема: Оценка ключевых характеристик процесса подачи и спекания материалов при выполнении аддитивной печати металлических изделий

Перечень заданий:

Изучить классификацию аддитивных технологий, уделяя особое внимание методам, основанным на лазерном спекании (лазерное сплавление, SLM).

Практическое занятие 3

Тема: Оценка ключевых характеристик процесса подачи и спекания материалов при выполнении аддитивной печати металлических изделий

Перечень заданий:

Изучить основные параметры процесса спекания, такими как мощность лазера, толщина наносимого слоя, температура нагрева и коэффициент теплопроводности материала.

Практическое занятие 4,5

Тема: Оценка ключевых характеристик процесса подачи и спекания материалов при выполнении аддитивной печати металлических изделий

Перечень заданий:

Изучить влияние размеров частиц порошкового материала на качество спекаемого изделия  
Оценить показатели.

Практическое занятие 6,7

Тема: Посещение производственных участков и ознакомление с различными материалами для аддитивных технологий

Перечень заданий:

1.Изучение производственной площадки и материалов для аддитивных технологий.

2. Изучение образцов полимеров, металлических порошков и композитных материалов



#### Практическое занятие 8

Тема: Посещение производственных участков и ознакомление с различными материалами для аддитивных технологий

Перечень заданий:

Подготовка презентации по материалам

#### Практическое занятие 9,10

Тема: Создание 3d-модели изделия с учетом технологических особенностей аддитивного процесса. Программное обеспечение для создания 3D-моделей, основные форматы файлов.

Перечень заданий:

Используя программу для создания и редактирования CAD-моделей, откройте и рассмотрите предоставленные файлы. Имея представление о различных способах аддитивного производства, выберите детали, предпочтительные для изготовления каждым из них.

#### Практическое занятие 11

Тема: Создание 3d-модели изделия с учетом технологических особенностей аддитивного процесса. Программное обеспечение для создания 3D-моделей, основные форматы файлов.

Перечень заданий:

Создайте 3d-модель изделия по предложенному заданию (по вариантам).

#### Практическое занятие 12,13

Тема: Расположение деталей на плите построения, моделирование поддерживающих конструкций. Создание модели выдавливанием.

Перечень заданий:

Используя разработанные 3d-модели изделий, предложите пространственное расположение детали на плите построения. Укажите места, требующие формирования поддерживающих конструкций.

#### Практическое занятие 14

Тема: Расположение деталей на плите построения, моделирование поддерживающих конструкций. Создание модели выдавливанием.

Перечень заданий:

Постройте легко отделяемые поддерживающие конструкции сначала в ручном режиме, а затем произведите построение в автоматическом режиме в программе слайсинга. Сравните, выделите преимущества и недостатки предлагаемых вариантов.

#### Практическое занятие 15

Тема: Посещение производственных участков и ознакомление с различными типами аддитивных технологических процессов.

Перечень заданий:

1. Ознакомьтесь с действующим производством по производству материалов для 3D-печати: металлической проволоки и порошков. Изучите технологическую цепочку производства, включая этап классификации и упаковывания порошков. Ознакомьтесь с образцами печатной продукции.
2. Используя 3D-принтер (материалы PLA, ABS), произведите печать изделия. Отметьте особенности работы оборудования.

#### Практическое занятие 16,17

Тема: Пост-обработка и контроль качества изделий

Перечень заданий:

Изучить категории дефектов, встречающихся при аддитивном производстве  
Изучить методы контроля качества изделий.  
Дать рекомендациями по повышению качества.

Практическое занятие 18

Тема: Пост-обработка и контроль качества изделий

Перечень заданий:

Решение задач по теме Пост-обработка и контроль качества изделий

### **3.5. Лабораторные работы**

Учебным планом не предусмотрены

### **3.6. Контроль самостоятельной работы**

СЕМЕСТР 7

Контроль самостоятельной работы 1.

Тема: Контроль качества изделий, полученных методами аддитивных технологий

Перечень заданий:

1. Существуют ли международные стандарты для контроля качества изделий, производимых аддитивными технологиями?
2. Какие требования предъявляются к изделиям, создаваемым методом аддитивных технологий согласно ГОСТ Р ИСО/ТС 80004-4–2015?
3. Какие этапы включает процедура сертификации продукции, полученной аддитивными технологиями?

Контроль самостоятельной работы 2.

Тема: Области применения и тенденции развития аддитивных технологий

Перечень заданий:

1. Применение аддитивных технологий в авиационной отрасли.
2. Какие направления медицинского сектора используют аддитивные технологии и почему?
3. Где находят применение аддитивные технологии в строительстве и архитектуре?
4. Как аддитивные технологии способствуют развитию индивидуального проектирования и массового кастомизированного производства?

### **3.7. Самостоятельная работа студентов**

Рекомендуемые формы самостоятельной работы студентов: Рекомендуемые формы самостоятельной работы студентов: закрепление материала по конспекту лекции, подготовка к практическим занятиям, подготовка презентаций к докладам, подготовка к различным формам промежуточной и итоговой аттестации. Формы работы можно взять из указаний «Методические рекомендации по организации образовательного процесса при освоении дисциплины».

## **4. Фонд оценочных средств**

ФОС включает оценочные средства текущего, промежуточного и поститогового контроля (Приложение 1).

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **5.1. Основная литература**

1. Кравченко, Е. Г. Аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие / Е. Г. Кравченко, А. С. Верещагина, В. Ю. Верещагин. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 139

с. — ISBN 978-5-4497-1012-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105704.html> (дата обращения: 11.02.2025).

2. Симонян, Л. М. Современные методы и технологии специальной электрометаллургии и аддитивного производства. Теория и технология спецэлектрометаллургии : курс лекций / Л. М. Симонян, А. Е. Семин, А. И. Кочетов. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2017. — 182 с. — ISBN 978-5-906846-96-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/71682.html> (дата обращения: 11.02.2025).

3. Материалы и аддитивные технологии. Современные материалы для аддитивных технологий : учебное пособие / А. А. Попович, В. Ш. Суфияров, Н. Г. Разумов [и др.]. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2021. — 204 с. — ISBN 978-5-7422-7090-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/116134.html> (дата обращения: 11.02.2025)

## **5.2. Дополнительная литература**

1. Антонова, В. С. Аддитивные технологии : учебное пособие / В. С. Антонова, И. И. Осовская. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2017. — 30 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/102502.html> (дата обращения: 11.02.2025).

2. Антонова, В. С. Новейшие достижения аддитивных технологий : учебное пособие / В. С. Антонова, И. И. Осовская. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2019. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/102536.html> (дата обращения: 11.02.2025)

3. Кравченко, Е. Г. Аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие / Е. Г. Кравченко, А. С. Верещагина, В. Ю. Верещагин. — Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2018. — 140 с. — ISBN 978-5-7765-1350-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/102082.html> (дата обращения: 11.02.2025).

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **6.1 Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. <http://www.gpntb.ru> – Государственная публичная научно-техническая библиотека

2. <http://cyberleninka.ru> –КиберЛенинка: научная электронная библиотека

3. <http://www.tehlit.ru> - библиотека нормативно-технической литературы

### **6.2. Перечень необходимых профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

Электронная библиотечная система «IPR SMART». Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

Электронная библиотечная система «Юрайт». Режим доступа: <https://urait.ru>

Электронно-библиотечная система «Лань» (раздел «Сетевая электронная библиотека педагогических вузов»). Режим доступа: <https://e.lanbook.com>

Электронно-библиотечная система «Руко́нт». Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/search>  
Межвузовская электронная библиотека. Режим доступа: <https://icdlib.nspu.ru/>  
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>  
Национальная электронная детская библиотека. Режим доступа: <https://arch.rgdb.ru/xmlui/>  
Национальная электронная библиотека. Режим доступа: <https://rusneb.ru>  
Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. Режим доступа: <https://www.prilib.ru>  
Polpred.com Обзор СМИ. Режим доступа: <https://polpred.com>

## **7. Методические указания и учебно-методическое обеспечение для обучающихся по освоению дисциплины**

Дисциплина реализуется в соответствии с указаниями «Методические рекомендации по организации образовательного процесса при освоении дисциплины», размещенными в ЭИОС университета ([eios.ggpi.org](https://eios.ggpi.org)).

Методические рекомендации для работы с инвалидами и лицами с ОВЗ размещены в ЭИОС университета ([eios.ggpi.org](https://eios.ggpi.org)).

## **8. Материально-техническая база, программное обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Учебный корпус №1, аудитория № 127, 229, 231.

Полный перечень материально-технической базы и программного обеспечения размещены в ЭИОС института ([eios.ggpi.org](https://eios.ggpi.org)).

## 9. Рейтинг-план оценки успеваемости студентов

Дисциплина /семестры	Объем аудиторной работы				Виды текущей аттестационной аудиторной и внеаудиторной работы	Максимальное (норматив) количество баллов	Поощрение	Штрафы	Итоговая форма отчета (мин. балл)
	лк	пр	лаб	КСР					
Аддитивные методы производства в металлургии / 7семестр	32	36		4	1. Контроль посещаемости лекций 2. Контроль посещаемости практических занятий 3. Посещаемость и контроль КСР <u>Формы контрольных мероприятий</u> 1. Тест 2. Контрольная работа <u>Компенсационные мероприятия</u> 1. Презентация по темам лабораторных работ	4*5=20  6*5=30  2*4=8   10 10   4	+ 1 балл за дополнения; + 3 балла за подготовку дополнительного дидактического материала	- 3 балла за невыполнение в установленные сроки	Зачет с оценкой  Допуск к зачету с оценкой – 50%  «автомат» при зачете с оценкой – 90%
ИТОГО						78 (без компенсации)			

**Лист регистрации изменений и дополнений к РПД**  
(фиксируются изменения и дополнения перед началом учебного года,  
при необходимости внесения изменений на следующий год –  
оформляется новый лист изменений)

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой	Дата, номер протокола заседания совета факультета. Подпись декана факультета
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ АДДИТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА В МЕТАЛЛУРГИИ**

### **1. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и послитогового контроля по дисциплине**

1.1. Настоящий Фонд оценочных средств (ФОС) по дисциплине «Аддитивные методы производства в металлургии» является неотъемлемым приложением к рабочей программе дисциплины «Аддитивные методы производства в металлургии» (РПД). На данный ФОС распространяются все реквизиты утверждения, представленные в РПД по данной дисциплине.

1.2. Оценивание всех видов контроля (текущего, промежуточного, послитогового) осуществляется по 5-ти балльной шкале.

1.3. Результаты оценивания текущего контроля учитываются в рейтинге.

### **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными индикаторами достижения компетенций**

Код компетенции	ОПК-2
Формулировка компетенции	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений
Индикатор достижения компетенции	ОПК-2.1 Знает основные принципы проектирования технических объектов и систем ОПК-2.2 Умеет моделировать технологические процессы с учетом экономических, экологических и социальных ограничений ОПК-2.3 Владеет методами проектирования и моделирования с использованием специализированных программ

Код компетенции	ОПК-5
Формулировка компетенции	Способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств
Индикатор достижения компетенции	ОПК-5.1 Знает современные информационные технологии и прикладные аппаратно-программные средства. ОПК-5.2 Умеет использовать прикладные аппаратно-программные средства при решении научно-исследовательских задач ОПК-5.3 Владеет методиками и методами научных исследований

### **3. Содержание оценочных средств текущего контроля и критерии их оценивания**

3.1. Текущий контроль осуществляется преподавателем дисциплины при проведении занятий в следующих формах: тестирование и контрольная работа

3.2. Формы текущего контроля и критерии их оценивания.

**Форма контроля 1** - Типовые тестовые задания

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций ОПК-5, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3

Время выполнения заданий: 20 минут

Критерии оценивания:

- верные ответы на 90% - 100% вопросов – «отлично»;
- верные ответы на 70% - 89% вопросов – «хорошо»;
- верные ответы на 50% - 69% вопросов – «удовлетворительно»;
- меньше 50% ответов на вопросы – «неудовлетворительно».

**1.Что означает термин «аддитивные технологии»?**

- A) Технология резки металлов плазменным методом
- B) Метод литья металла в формы
- C) Способ изготовления изделий путем послойного наложения материала
- D) Традиционный способковки металла

**2.Выберите верное утверждение относительно аддитивных методов производства**

- A) Эти технологии позволяют создавать изделия сложной геометрии быстрее и дешевле по сравнению с традиционными методами обработки
- B) Аддитивные технологии применяются исключительно для пластмассовых деталей
- C) Они подходят лишь для крупносерийного производства
- D) Их используют преимущественно для штамповки металлических листов

**3.Основное преимущество аддитивных технологий перед традиционными производственными технологиями:**

- A) Возможность минимизации отходов сырья
- B) Высокая скорость производственного процесса
- C) Простота оборудования
- D) Отсутствие ограничений по размерам изготавливаемых изделий

**4.Почему металлы, используемые в аддитивных технологиях, часто подвергаются термической обработке после печати?**

- A) Чтобы придать изделию цветовую гамму
- B) Это улучшает механические свойства и снимает внутренние напряжения
- C) Термическая обработка увеличивает размер детали
- D) Металлы требуют охлаждения перед использованием

**5.Методы лазерного спекания порошков относятся к классу аддитивных технологий.**

Выберите правильное название метода:

- A) Электрохимическое формование
- B) Лазерное плавление (SLM/DMLS)
- C) Электронно-лучевое спекание
- D) Гидродинамическое прессование

**6.Одним из недостатков аддитивных технологий является:**

- A) Высокий уровень точности и качество поверхности готового изделия
- B) Ограниченные возможности автоматизации производственных процессов
- C) Трудности с созданием сложных геометрических форм
- D) Медленная производительность при изготовлении больших партий изделий

**7.Что представляет собой метод наплавки проволокой (WAAM)?**

- A) Формовка изделий путем осаждения жидкого металла на подложке
- B) Спекание порошка лазером слоями
- C) Послойное нанесение металлического порошка струей горячего газа



D) Автоматизированное создание трехмерных структур посредством сварки проволоочной присадки

**8.Преимущества аддитивных технологий при производстве уникальных изделий**

- A) Использование устаревших моделей станков
- B) Сокращение количества операций механической обработки и снижение расхода материалов
- C) Невозможность интеграции новых технологических решений
- D) Высокая степень стандартизации изделий

**9.Важнейший фактор, влияющий на прочность изделий, изготовленных аддитивными методами**

- A) Скорость вращения шпинделя фрезерного станка
- B) Размер зерен используемого металлического порошка
- C) Качество покраски готовой детали
- D) Температура хранения готовых изделий

**10.Почему порошковые металлические материалы, применяемые в аддитивных технологиях, проходят предварительную подготовку?**

- A) Для придания декоративного вида
- B) Предварительная подготовка позволяет повысить однородность структуры и снизить пористость материала
- C) Для удобства транспортировки
- D) Подготовка связана с требованиями государственных стандартов оформления документов

**Форма контроля 2 - Типовая контрольная работа**

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций ОПК-5, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3

Время выполнения заданий: 20 минут

Критерии оценивания:

Для получения оценки «удовлетворительно» предлагается выполнить одно задание.

Для получения оценки «хорошо» предлагается выполнить два задания.

Для получения оценки «отлично» предлагается выполнить все задания.

Задание 1. Направления развития аддитивных технологий перспективны в ближайшем будущем? Проблемы, которые предстоит решить для расширения областей применения этих методов?

Задание 2. Экономическая выгодна аддитивных технологий по сравнению с классическими методами металлообработки? Проанализируйте условия, при которых применение аддитивных методов становится целесообразным.

Задание 3. Принцип, который лежит в основе технологии WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing). Ограничения этого метода.

**3.3. Методические указания по проведению процедуры текущего контроля**

1. Текущий контроль проводится на протяжении всего семестра.
2. Сбор, обработка и оценивание результатов текущего контроля проводятся преподавателем, ведущим дисциплину.
3. Предъявление результатов оценивания осуществляется в течение недели после проведения контрольного мероприятия.
4. Результаты текущего контроля учитываются в рейтинге по дисциплине.
5. Все материалы, полученные от обучающихся в ходе текущего контроля (контрольная работа, диктант, тест, организация дискуссии, круглого стола, доклад, реферат, отчет по лабораторной работе, отчет по педагогической практике и т.п.), должны храниться в течение текущего семестра на кафедрах.
6. Считать, что положительные результаты текущего контроля свидетельствуют об успешном процессе формирования указанных компетенций и индикаторов достижения компетенций (этапов формирования компетенций).

## **4. Содержание оценочных средств промежуточной аттестации и критерии их оценивания**

4.1. Промежуточная аттестация проводится в виде: зачета (7 сем.).

4.2. Содержание оценочного средства. Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ОПК-2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-5, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3

Примерные вопросы и задания к зачету с оценкой

1. Дать определения основным терминам в соответствии с ГОСТ Р 57558-2017.
2. Причины возникновения дефектов в материалах для АТ. Классификация дефектов порошков и проволок
3. От чего зависит построение детали. Принципы размещения детали.
4. Провести сравнение классических и аддитивных технологий.
5. Для чего нужно моделирование 3D-печати на основе селективного лазерного плавления металлических порошков?
6. Принципы построения литейной формы. Приведите примеры.
7. Привести классификацию по принципу реализации процесса построения и описать каждый из них.
8. Поры и твердые включения, определения и их описание.
9. Сравнение СЛС, СЭЛС, ПЛНМ и ХГН
10. Получение порошков методом взрывающейся проволоки. Диспергирования расплава растворенным газом. Описание методов.
11. Причины возникновения дефектов в материалах для АТ. Классификация дефектов порошков и проволок
12. Технология селективного электронно-лучевого сплавления
13. Технологии центробежной атомизации. Принцип работы, разновидности, плюсы и минусы метода.
14. Основные керамические порошки используемые в АТ, их свойства и характеристики
15. Технология селективного лазерного сплавления. Приведите примеры.
16. Технология распыления расплава водой. Принцип работы, разновидности, плюсы и минусы метода.
17. Дефекты формы, определения и их описание.
18. Стратегия сканирования
19. Технологии газовой атомизации (распыление расплава газом). Принцип работы, разновидности, плюсы и минусы метода.
20. Механическая обработка в мельнице. Получение карбонильных порошков. Описание методов и их недостатки
21. Разновидности пост-обработки изделий, полученных методами аддитивных технологий
22. Металлические материалы, используемые в АТ и требования к ним.
23. Дефекты поверхности, определения и их описание
24. Комбинированные аддитивные технологии
25. Процесс плазменной обработки металлических порошков.
26. Поры и твердые включения, определения и их описание
27. Технологии литья металлов с использованием синтез-моделей и синтез-форм
28. Процесс лазерной обработки металлических порошков.
29. Основные контролируемые параметры материалов и способы их контроля.
30. Что такое слайсеры и для чего они нужны?
31. Электроэрозионное диспергирование. Описание метода.
32. Построение поддерживающих структур. Принципы применения.
33. Что такое бионический дизайн, ее принципы и цели.
34. Основные способы получения керамических порошков для АТ.

35. Проблемы изготовления монолитных керамических изделий с высокой плотностью с помощью аддитивных технологий
36. Стратегия сканирования

#### **Типовые практические задания**

1. Программы для 3D моделирования
2. От чего зависит построение детали. Принципы размещения детали.
3. Построение поддерживающих структур. Принципы применения.
4. Для чего нужно моделирование 3D-печати на основе селективного лазерного плавления металлических порошков?
5. Что такое слайсеры и для чего они нужны?
6. Плюсы и минусы различных слайсеров.
7. Что такое топологическая оптимизация, ее принципы и цели.
8. Техники топологической оптимизации
9. Что такое бионический дизайн, ее принципы и цели.
10. Программное обеспечение для бионического проектирования
11. Технология селективного лазерного сплавления.
12. Технология селективного электронно-лучевого сплавления
13. Влияние мощности лазера на процесс сплавления
14. Стратегия сканирования

#### **4.3. Критерии оценивания**

Зачет выставляется по результатам рейтинга. Если обучающийся набрал недостаточное количество баллов, то он сдает зачет.

#### **Шкала оценивания для зачета:**

##### **Шкала оценивания для зачета с оценкой**

<b>Уровни освоения индикаторов достижения компетенций</b>	<b>Содержательное описание уровня</b>	<b>Основные признаки выделения уровня</b>	<b>Академическая оценка</b>	<b>% освоения (рейтинговая оценка)</b>
Повышенный (высокий)	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий.	Отлично	90-100
Базовый	Продуктивная деятельность	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	Хорошо	70-89
Удовлетворительный	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретического и практического материала.	Удовлетворительно	50-69
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		Неудовлетворительно	менее 50

#### 4.4. Методические указания по проведению процедуры промежуточной аттестации

1. Сроки проведения процедуры оценивания: по расписанию экзаменов (зачета - на последнем занятии по предмету). Если обучающийся по результатам рейтинговой системы не набирает нужное количество баллов или желает повысить оценку, то сдает экзамен/зачет согласно требованиям.
2. Сбор, обработка и оценивание результатов промежуточной аттестации проводится преподавателем, ведущим дисциплину.
3. Предъявление результатов оценивания осуществляется: по окончании ответа студента и фиксируется в зачетной книжке и экзаменационной ведомости.
4. При наличии письменных ответов обучающихся, полученных в ходе экзаменационной сессии, материалы хранятся в течение месяца после завершения сессии на кафедрах.
5. Порядок выполнения и защиты курсовой работы регламентирован «Положением о курсовой работе ФГБОУ ВО «Глазовский государственный инженерно-педагогический университет имени В.Г. Короленко».
6. Считать, что положительные результаты промежуточного контроля свидетельствуют об успешном процессе формирования указанных компетенций и индикаторов достижения компетенций (этапов формирования компетенций).

### **5. Содержание оценочных средств для проверки сформированности компетенций и индикаторов достижения компетенций (поститоговый контроль) и критерии их оценивания**

Задания для проверки компетенции и индикаторов достижения компетенции: ОПК-5, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3

Код компетенции	ОПК-5
Формулировка компетенции	Способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств
Индикатор достижения компетенции	ОПК-5.1 Знает современные информационные технологии и прикладные аппаратно-программные средства. ОПК-5.2 Умеет использовать прикладные аппаратно-программные средства при решении научно-исследовательских задач ОПК-5.3 Владеет методиками и методами научных исследований

Время выполнения заданий: не более 30 минут

#### **1.Задания на установление правильной последовательности:**

1. Расположите действия по созданию модели в Компас-3D в правильном порядке:
  - а) Создать деталь;
  - б) Создать эскиз;
  - в) Создание элемента выдавливания;
  - г) Использование панели «Геометрия».
2. Укажите правильную последовательность действий при подготовке задания на печать:
  - а) Запуск печати;
  - б) Создание модели;
  - в) Создание G-кода в слайсере;
  - г) Конвертация файла в формат STL.

3. Укажите правильную последовательность операций при использовании слайсера:
- а) послойное разбиение модели;
  - б) масштабирование;
  - в) изменение пространственной ориентации;
  - г) сохранение G-code.

Номер вопроса	1	2	3					
Ключ	абгв	бгва	вбаг					

**2.Задания с развернутым ответом:**

4. Перечислите способы построения массивов.
5. Перечислите стили (типы) линий в Компас 3D.
6. Типы сопряжений объектов при построении Сборки.
7. Дайте определение термина «сплайн»
8. Какие элементы при отрисовке модели в Компас-3D относятся к дополнительным?

Номер вопроса	Ключ
4.	По образцу, по сетке, по концентрической сетке, вдоль кривой, по точкам, по таблице, зеркально
5.	Основная, тонкая, осевая, штриховая, утолщенная, пунктирная, вспомогательная, линия обрыва
6.	Совпадение, соосность, параллельность, перпендикулярность, на расстоянии, под углом, касание, симметрия, зависимое положение
7.	Пространственная кривая линия, проходящая через опорные точки, имеющая интерполяционную траекторию
8.	Фаска, скругление, ребро жесткости, уклон, оболочка

Задания для проверки компетенции и индикаторов достижения компетенции: ОПК-2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3

Код компетенции	ОПК-2
Формулировка компетенции	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений
Индикатор достижения компетенции	ОПК-2.1 Знает основные принципы проектирования технических объектов и систем ОПК-2.2 Умеет моделировать технологические процессы с учетом экономических, экологических и социальных ограничений ОПК-2.3 Владеет методами проектирования и моделирования с использованием специализированных программ

Время выполнения заданий: 30 минут.

## 1. Задания с выбором правильного ответа:

1. Выберите тип дизайна, при котором основные решения заимствуются из живой природы:  
а) естественный;  
б) генеративный;  
в) бионический;  
г) антропоморфный.
2. Выберите аббревиатуру, обозначающую метод селективного лазерного спекания  
а) SLS;  
б) PREP;  
в) SLA;  
г) LCD.
3. Из предложенных типов изделий, выберите наиболее подходящий для изготовления методами АТ:  
а) болт с головкой TORX;  
б) прямозубое колесо;  
в) колено трубопровода 90 град.;  
г) импеллер водяного насоса.
4. Что относят к процессу определения положения точки в пространстве с учетом проекции на несколько изображений?  
а) коагуляцию;  
б) триангуляцию;  
в) проецирование методом кратчайших путей;  
г) объемно-деформированное евклидово пространство.
5. Какой формат файлов возник в начале развития АТ и стал наиболее популярным для использования при печати?  
а) JPEG;  
б) EXL;  
в) STL;  
г) M3D.

## 2. Задания с выбором двух-трех правильных ответов:

6. Какие из представленных программ могут быть использованы для трехмерного твердотельного моделирования?  
а) Компас-3D;  
б) PAINT;  
в) Autodesk 3ds Max;  
г) Inventor.
7. Какие из перечисленных изделий могут быть сформированы из библиотеки Компас-3D?  
а) зубной имплантат;  
б) винт со стандартной резьбой;  
в) зубчатое колесо;  
г) подшипник качения.

г) сечение.

Номер вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Ключ	в	а	г	б	в	а, в, г	б, в, г	а, б, в	а, б	1б, 2а, 3г, 4в
<b>Номер вопроса</b>	<b>11</b>	<b>12</b>								
Ключ	1г, 2а, 3в, 4б	1в, 2а, 3б, 4г								

- Тестовое задание оценивается в 10 баллов (ответ на вопрос теста стоит 0 или 2 балла);
- Задания на соответствие оцениваются в 10 баллов (каждое оценивается 0-5 баллов)
  - 5 баллов – полностью правильно найденные соответствия;
  - 4 балла – три правильных соответствия;
  - 3 балла – два правильных соответствия;
  - 2 балла – одно правильно соответствие;
  - 1 балл – отсутствие правильных соответствий;
  - 0 баллов – не приступал к выполнению задания;
- Каждое практическое задание оценивается в 10 баллов:
  - 10 баллов - студент правильно выполнил предложенные задания на основе изученной теории, методов, приемов, технологий;
  - 8 баллов - студент способен применять полученные теоретические знания в практической деятельности, решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов, при выполнении заданий допускает незначительные ошибки;
  - 6 баллов - при выполнении задания допущены грубые ошибки;
  - 0 баллов - студент не выполнил задание.

Оценка зависит от процента выполнения всех заданий

### Шкала оценивания сформированности компетенций и индикаторов достижения компетенций

Уровни освоения индикатора (ов) достижений компетенций	Основные признаки выделения уровня	Академическая оценка	% выполнения всех заданий
Повышенный (высокий)	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий.	Отлично	90-100
Базовый	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических	Хорошо	80-89



	источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения		
Удовлетворительный	Изложение в пределах задач курса теоретического и практического контролируемого материала	Удовлетворительно	70-79
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня	Неудовлетворительно	менее 69

Считать, что положительные результаты поститогового контроля свидетельствуют об успешном процессе формирования компетенций и индикаторов достижения компетенций (этапа формирования компетенции). Если обучающийся получил оценку «неудовлетворительно», то считать компетенцию не сформированной на данном этапе. При получении оценок «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично» считать, что проверяемая компетенция сформирована на достаточном уровне.

*Методические указания для проверки остаточных знаний*

1. Сроки проведения процедуры оценивания: по графику деканата.
2. Сбор, обработка и оценивание результатов поститогового контроля проводится преподавателем по распоряжению деканата.
3. Предъявление результатов оценивания осуществляется в течение недели после проведения контрольного мероприятия, оформляется в виде отчета и хранится в деканате в течение всего срока обучения обучающегося.