

Подписано электронной подписью:  
Вержицкий Данил Григорьевич  
Должность: Директор КГПИ КемГУ  
Дата и время: 2025-04-23 00:00:00  
471086fad29a3b30e244c728abc3661ab35c9d50210dcf0e75e03a5b6fdf6436

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кузбасский гуманитарно-педагогический институт

---

Факультет информатики, математики и экономики

УТВЕРЖДАЮ  
Декан  
Фомина А.В.  
«16» января 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
К.М.07.01.03 Технологическое оборудование аддитивного производства

Направление подготовки  
44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)

Направленность (профиль)  
Аддитивные технологии

Программа бакалавриата

Квалификация выпускника  
*бакалавр*

Форма обучения  
*заочная*

Год набора 2025

Новокузнецк 2025

## **Оглавление**

1 Цель дисциплины. ....	3
2 Объём и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий. Формы промежуточной аттестации. ....	3
3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины. ....	4
3.1 Учебно-тематический план. ....	4
4 Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации. ....	5
5 Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины. ....	6
5.1 Учебная литература. ....	6
5.2 Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины. ....	6
5.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы. ....	7
6 Иные сведения и (или) материалы. ....	7
6.1. Примерные темы письменных учебных работ. ....	7
6.2. Примерные вопросы и задания / задачи для промежуточной аттестации. ....	8

### 1 Цель дисциплины.

В результате освоения дисциплины у обучающегося должны быть сформированы компетенции основной профессиональной образовательной программы бакалавриата (далее - ОПОП):

ПК – 1

**Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, знания, умения, навыки**

Таблица 1 – Индикаторы достижения компетенций, формируемые дисциплиной

Код и название компетенции	Индикаторы достижения компетенции по ОПОП	Знания, умения, навыки (ЗУВ), формируемые дисциплиной
ПК – 1 Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области по профилю "Аддитивные технологии" при решении профессиональных задач	ПК 1.1 Демонстрирует владение методами работы над объектами визуальной информации, владение композиционными приемами и стилистическими особенностями проектируемого объекта визуальной информации ПК 1.2 Демонстрирует методы использования программных и аппаратных средств для создания 3D-моделей	Знания: <ul style="list-style-type: none"><li>– Основные принципы и классификация аддитивных технологий (3D-печать).</li><li>– Устройство, конструктивные особенности и принципы работы оборудования для аддитивного производства (порошковые, струйные, лазерные, экструзионные установки).</li><li>– Технологические параметры и режимы работы оборудования (температура, скорость, мощность лазера, толщина слоя и др.).</li><li>– Безопасность труда, экологические аспекты и нормативные требования при работе с аддитивным оборудованием.</li></ul> Умения: <ul style="list-style-type: none"><li>– Выбирать тип аддитивного оборудования в зависимости от технологической задачи.</li><li>– Настраивать и калибровать оборудование для работы с различными материалами.</li><li>– Проводить техническое обслуживание и диагностику оборудования.</li></ul> 3. Навыки: <ul style="list-style-type: none"><li>– Практическая работа на различных типах 3D-принтеров (FDM, SLA, SLS, SLM, EBM и др.).</li><li>– Соблюдение норм охраны труда и техники безопасности при работе с оборудованием.</li><li>– Документирование технологических процессов и ведение отчетности.</li></ul>

**2 Объём и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий. Формы промежуточной аттестации.**

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий

Общая трудоемкость и виды учебной работы по дисциплине, проводимые в разных формах	Объём часов по формам обучения		
	ОФО	ОЗФО	ЗФО
1 Общая трудоемкость дисциплины			144
2 Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)			
Аудиторная работа (всего):			
в том числе:			
лекции			6
практические занятия, семинары			
практикумы			6
лабораторные работы			
Внеаудиторная работа (всего):			
в том числе, индивидуальная работа обучающихся с преподавателем			
подготовка курсовой работы (проекта) /контактная работа			
групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем)			
творческая работа (эссе)			
3 Самостоятельная работа обучающихся (всего)			123
4 Промежуточная аттестация обучающегося - и объём часов, выделенный на промежуточную аттестацию:			1 Экз 4 з.е.

### 3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины.

#### 3.1 Учебно-тематический план

Таблица 3 - Учебно-тематический план заочной формы обучения

№ недели п/п	Разделы и темы дисциплины по занятиям	Общая трудоемкость (всего час.)	Трудоемкость занятий (час.)									Формы текущ. контроля и промежуточной аттестации	
			ОФО			ОЗФО			ЗФО				
			Аудиторн. занятия	СРС	СРС	Аудиторн. занятия	СРС	СРС	Аудиторн. занятия	СРС	СРС		
лекц.	практ	лекц.	практ			лекц.			практ				
<b>Семестр 1</b>													
1.	<b>Раздел 1. Основы технологического оборудования аддитивного производства</b>												
1	1.1. Классификация аддитивных технологий и оборудования (FDM, SLA, SLS, SLM, EBM и др.).	14								2		12	
2	1.2. Принципы работы 3D-принтеров различных типов.	13										13	
3	1.3. Обзор рынка оборудования для аддитивного производства.	16									2	14	
2.	<b>Раздел 2. Устройство и эксплуатация оборудования</b>												
4	2.1. Конструктивные особенности 3D-принтеров	16								2		14	
5	2.2. Системы подачи материалов, экструдеры, лазерные и электронно-лучевые установки.	14										14	

№ недели п/п	Разделы и темы дисциплины по занятиям	Общая трудоёмкость (всего час.)	Трудоёмкость занятий (час.)									Формы текущ. контроля и промежуточной аттестации	
			ОФО			ОЗФО			ЗФО				
			Аудиторн. занятия		СРС	Аудиторн. занятия		СРС	Аудиторн. занятия		СРС		
			лекц.	практ		лекц.	практ		лекц.	практ			
<b>Семестр 1</b>													
6	2.3. Настройка и калибровка оборудования.	16								2	14		
3.	<b>Раздел3. Безопасность и техническое обслуживание</b>												
7	3.1. Техника безопасности при работе с оборудованием.	16								2	14		
8	3.2. Экологические аспекты аддитивного производства.	14									14		
9	3.3. Техническое обслуживание и ремонт 3D-принтеров.	16								2	14		
5	Промежуточная аттестация - экзамен	9										Экзамен	
<b>ИТОГО по семестру 1</b>													
Всего по учебному плану:		144								6	6	123	9

#### 4 Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации.

Для положительной оценки по результатам освоения дисциплины обучающемуся необходимо выполнить все установленные виды учебной работы. Оценка результатов работы обучающегося в баллах (по видам) приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Балльно-рейтинговая оценка результатов учебной работы обучающихся по видам (БРС)

Учебная работа (виды)	Сумма баллов	Виды и результаты учебной работы	Оценка в аттестации	Баллы за освоение дисциплины (мин.-макс.)
Текущая учебная работа в семестре (Посещение занятий по расписанию и выполнение заданий)	<b>60</b>	Лабораторные работы (отчет о выполнении лабораторной работы) (3 занятий).	5 баллов - посещение 1 пр. занятия и выполнение задания на 51-65% 10 баллов – посещение 1 пр. занятия и выполнение задания на 85-100%, самостоятельность и существенный вклад на занятии в работу группы, др.	0-30
		Самостоятельная работа	15 б - выполнение задания на 51-65% 30 б - выполнение задания на 85-100%	0-30
<b>Итого по текущей работе в семестре</b>				<b>0-60</b>
Промежуточная аттестация (экзамен)	<b>40</b>	Теоретический вопрос	5 баллов (пороговое значение) 10 баллов (максимальное значение)	5 - 10
		Теоретический вопрос	5 баллов (пороговое значение) 10 баллов (максимальное значение)	5 - 10
		Выполнение задания	10 баллов (пороговое значение) 20 баллов (максимальное значение)	10 - 20
<b>Итого по промежуточной аттестации (экзамену) по приведенной шкале (40б.)</b>				<b>0 – 40 б. (51 – 100% )</b>
<b>Суммарная оценка по дисциплине/ Сумма баллов текущей и промежуточной аттестации</b>				<b>51 – 100 б.</b>

Обучающемуся по ЗФО задание на самостоятельную работу и контрольную работу выдается на установочной сессии.

## 5 Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины.

### 5.1 Учебная литература

#### Основная учебная литература

1. Ляпков, А. А. Полимерные аддитивные технологии : учебное пособие для вузов / А. А. Ляпков, А. А. Троян. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 120 с. — ISBN 978-5-507-47656-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/402005> (дата обращения: 22.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Рачков, М. Ю. Технические средства автоматизации : учебник для вузов / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 182 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11644-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562427> (дата обращения: 22.06.2025).

#### Дополнительная учебная литература

1. Беляев Л. В. Введение в аддитивные технологии : учебное пособие / Беляев Л. В., Аборкин А. В. - Владимир : ВлГУ, 2023. - 248 с. - Допущено Федеральным учебно-методическим объединением в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 15.00.00 «Машиностроение» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлению подготовки бакалавриата, магистратуры в группе специалитета 15.00.00 «Машиностроение». - ISBN 978-5-9984-1796-2.
2. Серов М. М. Основы функционирования процессов обработки изделий : учебное пособие / Серов М. М., В. В. - Москва : МАИ, 2021. - 87 с. - Редсовет МАИ. - ISBN 978-5-4316-0851-3.

### 5.2 Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины.

Учебные занятия по дисциплине проводятся в учебных аудиториях КГПИ КемГУ:

<b>308 Компьютерный класс Учебная аудитория</b> для проведения занятий лекционного типа, занятий лабораторного типа, для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийная) <b>Специализированная (учебная) мебель:</b> доска, кафедра, столы, стулья, <b>Оборудование для презентации учебного материала:</b> компьютер преподавателя, проектор, экран, 20 компьютеров <b>Лабораторное оборудование:</b> стационарное – компьютеры для обучающихся (20 шт.). <b>Используемое программное обеспечение:</b> MS Windows, Яндекс.Браузер (отечественное свободно распространяемое ПО), Интернет с обеспечением доступа в ЭИОС	654079, Кемеровская область, г. Новокузнецк, пр-кт Metallургов, д. 19
--	---

### **5.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.**

#### **Перечень СПБД и ИСС по дисциплине**

1. Федеральный портал «Российское образование» - <http://www.edu.ru>. Доступ свободный
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» - <http://www.window.edu.ru>.
3. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов - <http://fcior.edu.ru>. Доступ свободный.
4. Федеральный портал "Информационно-коммуникационные технологии в образовании" - <http://www.ict.edu.ru/>.
5. Сайт Министерства образования и науки РФ. - Режим доступа: <http://www.mon.gov.ru>. Доступ свободный.
6. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов.- Режим доступа: <http://school-collection.edu.ru/>
7. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Раздел Образование в области техники и технологий – [http://window.edu.ru/?p\\_rubr=2.2.75](http://window.edu.ru/?p_rubr=2.2.75)

### **6 Иные сведения и (или) материалы.**

#### **6.1.Примерные темы письменных учебных работ**

##### **6.1.1 Курсовая работа**

##### **6.1.2 Контрольные работы/ рефераты/ индивидуальные задания обучающемуся.**

##### **Задание для СРС**

1. Сравнительный анализ оборудования для аддитивного производства.
2. Анализ рыночных предложений 3D-принтеров.
3. Описание эволюции аддитивных технологий.
4. Описание новых технологий в аддитивном производстве.
5. Описание гибридных аддитивно-субтрактивных систем.
6. Анализ применения ИИ в аддитивном производстве.
7. Сравнительный анализ моно- и полиэкструдерных систем.
8. Сравнительный анализ промышленных и настольных 3D-принтеров.
9. Описание инновационных систем подогрева в FDM.
10. Описание роботизированного оборудования в аддитивном производстве.

## 6.2. Примерные вопросы и задания / задачи для промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации экзамен / зачет с оценкой.

Разделы и темы	Примерные теоретические вопросы	Примерные практические задания и (или) задачи
Семестр <u>1</u> Экзамен		
<b>Разделы дисциплины</b>		
<b>1. Раздел 1. Основы технологического оборудования аддитивного производства</b>		
1.1. Классификация аддитивных технологий и оборудования (FDM, SLA, SLS, SLM, EBM и др.).	<p>1. Дайте классификацию аддитивных технологий по типу используемых материалов и принципу формирования слоев. Опишите ключевые особенности, преимущества и ограничения следующих методов: FDM, SLA, SLS, SLM, EBM.</p> <p>2. Сравните порошковые технологии аддитивного производства (SLS, SLM, EBM) по следующим критериям: источник энергии, требования к материалам, точность, область применения. Какой метод предпочтителен для аэрокосмической отрасли и почему?</p>	<p>Задача 1. Выбор технологии для изготовления функциональной детали.</p> <p>Задача 2. Калибровка FDM-принтера.</p>
1.2. Принципы работы 3D-принтеров различных типов.	<p>1. Опишите принцип работы FDM-принтера, включая:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Кинематическую схему движения осей</li> <li>– Процесс экструзии материала</li> <li>– Критические параметры, влияющие на качество печати</li> </ul> <p>2. Сравните процессы фотополимеризации в SLA и DLP-принтерах:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Источник излучения</li> <li>– Формирование слоя</li> <li>– Преимущества и ограничения каждой технологии</li> </ul>	<p>Задача 1. Диагностика проблем FDM-печати.</p> <p>Задача 2. Оптимизация ориентации детали для SLS.</p>
1.3. Обзор рынка оборудования для аддитивного производства.	<p>1. Назовите трёх ведущих мировых производителей промышленного оборудования для металлического аддитивного производства. Сравните их флагманские модели по следующим критериям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Технология (SLM, EBM, DED)</li> </ul>	<p>Задача 1. Выбор оборудования для определенной сферы производства.</p> <p>Задача 2. Анализ рыночной доли технологий.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Максимальный размер рабочей камеры</li> <li>– Точность печати</li> <li>– Целевые отрасли применения</li> </ul> <p>2. Какие тенденции наблюдаются на рынке настольных 3D-принтеров в 2024 году? Охарактеризуйте:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Рост сегмента бюджетных металлических принтеров</li> <li>– Развитие экосистемы (ПО, материалы)</li> <li>– Влияние открытых стандартов (например, Ceramic AM от BASF)</li> </ul>	
<b>Раздел 2. Устройство и эксплуатация оборудования</b>		
2.1. Конструктивные особенности 3D-принтеров	<p>1. Опишите ключевые конструктивные различия между декартовой, дельта- и CoreXY-кинематикой в FDM-принтерах. Какие преимущества и ограничения имеет каждая система?</p> <p>2. Какие конструктивные решения применяются в промышленных SLM-принтерах для обеспечения стабильности процесса?</p>	<p>Задача 1. Расчет жесткости рамы FDM-принтера.</p> <p>Задача 2. Оптимизация системы подачи порошка в SLS.</p>
2.2. Системы подачи материалов, экструдеры, лазерные и электронно-лучевые установки.	<p>1. Опишите устройство и принцип работы экструдера в FDM-принтерах. Какие ключевые параметры (температура, скорость подачи, тип сопла) влияют на качество экструзии? Как модернизация экструдера (например, переход на систему прямого привода) может улучшить процесс печати?</p> <p>2. Сравните лазерные (SLM) и электронно-лучевые (EBM) установки для металлической 3D-печати по следующим критериям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Источник энергии и его характеристики</li> <li>– Требования к атмосфере в камере</li> <li>– Производительность и точность</li> <li>– Применимость для различных металлов</li> </ul>	<p>Задача 1. Расчет производительности экструдера.</p> <p>Задача 2. Оптимизация параметров лазера в SLM.</p>
2.3. Настройка и калибровка оборудования.	<p>1. Опишите пошаговый алгоритм калибровки стола FDM-принтера. Какие</p>	<p>Задача 1. Калибровка экструдера FDM-принтера.</p> <p>Задача 2. Настройка лазерной мощности в</p>

	<p>инструменты и методы используются для точной настройки? Объясните, как неправильная калибровка влияет на качество печати.</p> <p>2. Какие параметры необходимо калибровать в SLA-принтере перед началом работы? Опишите процесс настройки платформы, Z-оси и UV-источника. Почему перекалибровка требуется при смене материала?</p>	SLM.
<b>Раздел 3. Безопасность и техническое обслуживание</b>		
3.1. Техника безопасности при работе с оборудованием.	<p>1. Перечислите основные опасные факторы при работе с промышленными SLS/SLM-принтерами. Какие средства индивидуальной защиты (СИЗ) обязательны для оператора? Опишите процедуру аварийного отключения оборудования.</p> <p>2. Каковы особенности техники безопасности при работе с фотополимерными смолами в SLA/DLP-печати? Опишите:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Требования к вентиляции</li> <li>– Правила утилизации отходов</li> <li>– Первую помощь при попадании смолы на кожу</li> </ul>	<p>Задача 1. Разработка инструкции по безопасности для FDM-цеха.</p> <p>Задача 2. Анализ аварии с металлическим порошком.</p>
3.2. Экологические аспекты аддитивного производства.	<p>1. Какие виды отходов образуются при различных технологиях аддитивного производства (FDM, SLA, SLS, SLM)? Опишите методы их утилизации и возможности переработки. Как минимизировать экологический след на каждом этапе производства?</p> <p>2. Как аддитивное производство способствует принципам устойчивого развития (sustainability)? Сравните экологические преимущества 3D-печати с традиционными методами (литье, механическая обработка) по критериям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Расход материалов</li> <li>– Энергопотребление</li> <li>– Логистика и складирование</li> </ul>	<p>Задача 1. Разработка экостандарта для лаборатории.</p> <p>Задача 2. Оптимизация расхода порошка в SLM.</p>
3.3. Техническое обслуживание и ремонт	1. Каковы основные этапы планового технического	<p>Задача 1. Ремонт засора экструдера.</p> <p>Задача 2. Калибровка лазера SLM-</p>

3D-принтеров.	обслуживания (ТО) FDM-принтера? 2. Какие специфические требования к обслуживанию промышленных SLM/SLS-принтеров?	принтера.
<b>Компетенции</b>		
ПК – 1 Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области по профилю "Аддитивные технологии" при решении профессиональных задач		<p>Кейс1: Завод по производству автозапчастей Условие: Предприятию нужно: Печатать 5000 полимерных деталей/месяц Материалы: PA12, TPU Бюджет: \$300K Задание: Сравните SLS (3D Systems SLS 380) и MJF (HP MJF 5210) по: Производительности (детали/сутки) Себестоимости детали (энергия, порошок, амортизация) Сделайте рекомендацию с расчетом окупаемости.</p> <p>Кейс 2. Кейс 3: Авария с металлическим порошком Ситуация: В цеху SLM-печати произошло возгорание титанового порошка. Причины: Статическое электричество Отсутствие системы азотного пожаротушения Задание: Разработайте инструкцию по безопасности (5 пунктов). Рассчитайте объем азотного баллона для камеры 0.5 м<sup>3</sup> (норма: 5 м<sup>3</sup> газа/м<sup>3</sup> камеры).</p>

Составитель (и): Читайло А.И., ассистент кафедры ИОТД

(фамилия, инициалы и должность преподавателя (ей))