

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емец Валерий Сергеевич  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 26.06.2025 17:13:23  
Уникальный программный идентификатор:  
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Рязанский институт (филиал) федерального государственного  
автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Московский политехнический университет»**

**Рабочая программа дисциплины**

**«Технология аддитивного производства»**

Направление подготовки

**15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»**

Направленность образовательной программы

**«Технология полимерных и композиционных материалов»**

Квалификация, присваиваемая выпускникам

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная, заочная**

**Год набора - 2025**

**Рязань  
2025**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с:

- Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриата по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1044 от 17 августа 2020 года;
- учебным планом по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, направленность «Технология полимерных и композиционных материалов».

Рабочая программа дисциплины включает в себя оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (п.7 Оценочные материалы (фонд оценочных средств) для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации).

Автор: Н. В. Аверин, старший преподаватель кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт»

Программа одобрена на заседании кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт» (протокол № \_\_ от \_\_.05.2025).

# 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

## 1.1 Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование общепрофессиональных компетенций, направленных на развитие навыков исследовательской деятельности и способствующих профессиональному и личностному росту, обеспечивающих проектирование бакалаврами дальнейшего образовательного маршрута и планирования профессиональной карьеры, направленной на достижение академической мобильности и конкурентоспособности на рынке труда.

## 1.2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В таблице 1.1 представлены компетенции, формируемые у обучающегося в результате освоения дисциплины, индикаторы их достижения и планируемые результаты обучения по дисциплине.

Таблица 1.1 – Содержание осваиваемых компетенций

Код и наименование компетенции	ОПК-1. Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении
Код и наименование индикатора достижения компетенции	ОПК-1.1. Рационально проектирует детали машин, основываясь на анализе свойств материалов
Планируемые результаты обучения по дисциплине	<b>Знать</b> основные группы материалов, используемых в аддитивном производстве, их физико-химические и механические свойства; экологические аспекты применения аддитивных технологий, включая энергоэффективность, сокращение отходов и вторичную переработку сырья; принципы выбора материалов для проектирования деталей машин с учётом требований безопасности, долговечности и минимизации ресурсных затрат; нормативно-технические документы, регламентирующие безопасность и экологичность процессов аддитивного производства. <b>Уметь</b> рационально подбирать материалы для аддитивного изготовления деталей на основе анализа их эксплуатационных характеристик и условий работы; проектировать геометрию изделий с учётом особенностей аддитивных технологий (минимизация поддержек, оптимизация массы); оценивать экологический след производственного цикла, включая расход энергии, сырья и эмиссию вредных веществ; прогнозировать влияние параметров 3D-печати на микроструктуру и свойства конечного продукта.

	<p><b>Владеть</b></p> <p>методами компьютерного моделирования процессов аддитивного производства для оптимизации расхода материалов и энергоресурсов; навыками работы с оборудованием для 3D-печати, включая настройку режимов обработки под разные типы материалов; программными инструментами топологической оптимизации деталей машин для снижения материалоёмкости при сохранении функциональности; методами оценки безопасности и экологичности проектных решений на всех этапах жизненного цикла изделия.</p>
--	---

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Дисциплины, на освоении которых базируется данная дисциплина:

- Материаловедение.

Дисциплины, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины:

- Материалы в аддитивном производстве .

Для освоения дисциплины студент должен:

знать: основы материаловедения, включая классификацию материалов и их базовые физико-химические свойства; принципы проектирования деталей машин и критерии оценки их работоспособности; базовые экологические нормы и требования к безопасности производственных процессов в машиностроении;

уметь: анализировать технические задания и выделять ключевые требования к материалам и конструкции изделий; работать с графическими редакторами для создания 2D- и 3D-моделей; интерпретировать данные технической документации и стандартов;

владеть: навыками использования CAD-программ для базового проектирования; методами лабораторного исследования свойств материалов (твёрдость, прочность, термостойкость); основами технического английского языка для работы с профессиональной литературой и инструкциями; принципами безопасной работы с оборудованием.

Изучение дисциплины является необходимым условием для эффективного прохождения практической подготовки. В таблице 2.1 представлена структурно-логическая схема формирования компетенций.

Таблица 2 – Структурно-логическая схема формирования компетенций

Компетенция	Предшествующие дисциплины	Данная дисциплина	Последующие дисциплины
ОПК-1	Материаловедение		Анализ и идентификация пластмасс

### 3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов для очной и заочной форм обучения. Распределение часов по видам работ представлено в таблице 3.1.

На заочной форме обучения изучение дисциплины происходит в течение 2 семестров. В рамках 1 семестра проводятся лекции (8 часов) и практические занятия (4 часа), выдается задание на курсовой проект. В рамках 2 семестра проводятся практические занятия (4 часа), происходит защита курсового проекта и экзамен.

Таблица 3.1 – Распределение часов по видам работ

Виды учебных занятий и работы обучающихся	Трудоемкость, час (очная/заочная ФО)
Общая трудоемкость дисциплины, час	216/216
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего), в т.ч.:	54/16
занятия лекционного типа	18/8
занятия семинарского типа	18/8
лабораторные работы	18/0
Самостоятельная работа всего, в т.ч.:	162/200
Самоподготовка по темам (разделам) дисциплины	62/100
Курсовой проект	100/100
Подготовка доклада	-
Контрольная работа	-
Промежуточная аттестация	Экзамен/Зачет,Экзамен

#### 3.1 Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Распределение разделов (тем) дисциплины по видам учебных занятий и их трудоемкость указаны для очной формы обучения в таблице 3.2, для заочной – в таблице 3.3.

Таблица 3.2 – Распределение разделов (тем) дисциплины по видам учебных занятий и их трудоемкость для очной формы обучения

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Общая трудоемкость (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся, и трудоемкость (в часах)					
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятель ная работа	Форма текущего контроля	
1	Введение в аддитивные технологии	16	2	0	0	14	Устный опрос	
2	Технология FDM/FFF	24	2	0	6	16	Устный опрос	
3	Материалы и режимы печати для FDM/FFF	24	2	0	6	16	Устный опрос	
4	Технологии SLA и DLP	24	2	0	6	16	Устный опрос	
5	Технологии SLS и DLMS	16	2	0	0	14	Устный опрос	
6	Критерии выбора метода печати	16	2	0	0	14	Устный опрос	
7	Подготовка моделей и слайсеры	36	2	12	0	22	Устный опрос	
8	Поддержки, адгезия и устранение дефектов. Постобработка	24	2	6	0	16		
9	Особенности конструирования изделий для 3D печати	36	2	0	0	36		
	Форма аттестации							Э
	Всего часов по дисциплине	216	18	18	18	162		

Таблица 3.3 – Распределение разделов (тем) дисциплины по видам учебных занятий и их трудоемкость для заочной формы обучения

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Общая трудоемкость (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся, и трудоемкость (в часах)					
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятель ная работа	Форма текущего контроля	
1	Введение в аддитивные технологии	16	0	0	0	16	Устный опрос	
2	Технология FDM/FFF	24	1	0	0	23	Устный опрос	

3	Материалы и режимы печати для FDM/FFF	24	1	0	0	23	Устный опрос	
4	Технологии SLA и DLP	24	1	0	0	23	Устный опрос	
5	Технологии SLS и DLMS	16	1	0	0	14	Устный опрос	
6	Критерии выбора метода печати	16	1	0	0	15	Устный опрос	
7	Подготовка моделей и слайсеры	36	1	8	0	23	Устный опрос	
8	Поддержки, адгезия и устранение дефектов. Постобработка	24	1	0	0	23	Устный опрос	
9	Особенности конструирования изделий для 3D печати	36	1	0	0	35	Устный опрос	
	Форма аттестации							3 , Э
	Всего часов по дисциплине	216	8	8	0	200		

### 3.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Содержание лекционных занятий приведено в таблице 3.4, практических занятий – в таблице 3.5, лабораторных работ – в таблице 3.6.

Таблица 3.4 – Содержание лекционных занятий

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Содержание раздела (темы) дисциплины
1	Введение в аддитивные технологии	История развития аддитивных технологий, основные термины и определения, преимущества и ограничения 3D-печати по сравнению с традиционными методами производства, классификация технологий, области применения.
2	Технология FDM/FFF	Принцип послойного наплавления, устройство FDM/FFF-принтеров, типы оборудования, калибровка и обслуживание.
3	Материалы и режимы печати для FDM/FFF	Термопласты, композитные материалы. Температурные режимы, скорость печати, настройка параметров, проблемы деформации и адгезии слоев.
4	Технологии SLA и DLP	Принципы фотополимеризации, виды смол, устройство SLA и DLP-принтеров, особенности постобработки.
5	Технологии SLS и DLMS	Принципы селективного лазерного спекания и прямого лазерного спекания металлов, устройство промышленных установок, требования к материалам.
6	Критерии выбора метода печати	Критерии выбора, ограничения по материалам, энергоэффективность, экологические аспекты, примеры применения в промышленности.
7	Подготовка моделей и слайсеры	Работа с CAD-моделями, настройка параметров в слайсерах, генерация поддержек, оптимизация

		ориентации детали, расчет времени и расхода материала.
8	Поддержки, адгезия и устранение дефектов. Постобработка	Типы поддержек, методы улучшения адгезии к платформе, анализ типичных дефектов и способы их устранения. Методы постобработки.
9	Особенности конструирования изделий для 3D печати	Основные принципы проектирования деталей для изготовления методами аддитивных технологий. Влияние ориентации модели на прочность и качество поверхности. Параметры заполнения: виды структур, процент заполнения и его связь с механическими свойствами, весом и расходом материала. Роль внешних слоев в обеспечении прочности и герметичности. Топологическая оптимизация для снижения массы при сохранении прочности. Примеры инженерных решений: компенсация усадки, учет анизотропии свойств, интеграция функциональных элементов.

Таблица 3.5 – Содержание практических занятий

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Содержание раздела (темы) дисциплины
7	Подготовка моделей и слайсеры	Подготовка управляющей программы для изготовления модели на FDM (FFF) принтере Подготовка управляющей программы для изготовления модели на SLA принтере
8	Поддержки, адгезия и устранение дефектов. Постобработка	Изучение дефектов при FDM (FFF) и SLA печати

Таблица 3.6 – Содержание лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Содержание раздела (темы) дисциплины
2	Технология FDM/FFF	Изготовление моделей на FDM (FFF) принтере
3	Материалы и режимы печати для FDM/FFF	Исследование механических характеристик моделей, изготовленных методом FDM (FFF) печати
4	Технологии SLA и DLP	Изготовление моделей на SLA принтере

## 4 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

### 4.1 Общие методические рекомендации по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине



в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При проведении учебных занятий по дисциплине обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплины в форме курса, составленного на основе результатов научных исследований, проводимых институтом, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

#### **4.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины на занятиях лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия: вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению; задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчёркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

#### **4.3 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа**

При подготовке к практическим занятиям, обучающимся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо освоить основные понятия и методики расчёта показателей, ответить на контрольные вопросы.

В течение практического занятия студенту необходимо выполнить задания, выданные преподавателем, что засчитывается как текущая работа студента. Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях; получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины.

#### **4.4 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 5.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать в специализированных аудиториях для самостоятельной работы компьютеры, обеспечивающему доступ к программному обеспечению, необходимому для изучения дисциплины, а также доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

#### **4.5 Методические указания по подготовке доклада**

При подготовке доклада рекомендуется сделать следующее. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Подготовить сопроводительную слайд-презентацию и/или демонстрационный раздаточный материал по выбранной теме.

Рекомендуется провести дома репетицию выступления с целью отработки речевого аппарата и продолжительности выступления (регламент  $\approx$  7 мин).

#### **4.6 Методические указания по подготовке к контрольным мероприятиям**

Текущий контроль осуществляется в виде устных и письменных ответов, выполнения заданий по теории и контрольной работы. При подготовке к опросу студенты должны освоить теоретический материал по блокам тем, выносимых на этот опрос.

#### **4.7 Методические указания по выполнению индивидуальных типовых заданий**

В случае пропусков занятий, наличия индивидуального графика обучения и для закрепления практических навыков студентам могут быть выданы типовые индивидуальные задания, которые должны быть сданы в установленный преподавателем срок. Выполненные задания оцениваются на оценку.

### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

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

Основная:

1. Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники : учебник для вузов / А. Л. Галиновский, Е. С. Голубев, Н. В. Коберник, А. С. Филимонов ; под общей редакцией А. Л. Галиновского. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 145 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16005-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/566644>.

Дополнительная:

2. Федоренко, В. Ф. Аддитивные технологии при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники : учебное пособие для вузов / В. Ф. Федоренко, И. Г. Голубев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 137 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20116-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/557601>

Перечень разделов дисциплины и рекомендуемой литературы (из списка основной и дополнительной литературы) для самостоятельной работы студентов приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Учебно-методическое обеспечения самостоятельной работы обучающихся

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Литература
1	Введение в аддитивные технологии	Основная: 1 Дополнительная: 2

2	Технология FDM/FFF	Основная: 1 Дополнительная: 2
3	Материалы и режимы печати для FDM/FFF	Основная: 1 Дополнительная: 2
4	Технологии SLA и DLP	Основная: 1 Дополнительная: 2
5	Технологии SLS и DLMS	Основная: 1 Дополнительная: 2
6	Критерии выбора метода печати	Основная: 1 Дополнительная: 2
7	Подготовка моделей и слайсеры	Основная: 1 Дополнительная: 2
8	Поддержки, адгезия и устранение дефектов. Постобработка	Основная: 1 Дополнительная: 2
9	Особенности конструирования изделий для 3D печати	Основная: 1 Дополнительная: 2

## 5.2 Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы, интернет-ресурсы

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс] Справочная правовая система. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.
2. Электронная библиотечная система Рязанского института (филиала) Московского политехнического института [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://bibl.rimsou.loc/> - Загл. с экрана.
3. БИЦ Московского политехнического университета [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://lib.mospolytech.ru/> - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система «Издательство Лань» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://lanbook.com/> . - Загл. с экрана.
5. Электронно-библиотечная система Юрайт [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://urait.ru/>- Загл. с экрана.
6. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека Онлайн» [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://biblioclub.ru/> - Загл. с экрана.

## 5.3. Программное обеспечение

Информационное обеспечение учебного процесса по дисциплине осуществляется с использованием программного обеспечения (лицензионного и свободно распространяемого), в том числе отечественного производства, представленного в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Программное обеспечение

№ п/п	Наименование	Условия доступа
1	Microsoft Windows	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
2	Microsoft Office	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
3	КонсультантПлюс	из внутренней сети университета (лицензионный договор)

4	СДО MOODLE	из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет (лицензионный договор)
5	Bambu Studio	Свободно распространяемое ПО
6	Satelite 3D Slicer	Свободно распространяемое ПО
7	T-Flex CAD	из внутренней сети университета (лицензионный договор)

## 6. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой дисциплины, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

**Занятия лекционного типа.** Учебные аудитории для занятий лекционного типа укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (стационарные или переносные наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия (презентации по темам лекций), обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие данной программе дисциплины.

**Занятия семинарского типа.** Для проведения занятий семинарского типа по дисциплине используются компьютерные классы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета и/или учебные аудитории, укомплектованные мебелью и техническими средствами обучения.

**Промежуточная аттестация.** Для проведения промежуточной аттестации по дисциплине используются компьютерные классы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета и/или учебные аудитории, укомплектованные мебелью и техническими средствами обучения.

**Самостоятельная работа.** Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде института. Для организации самостоятельной работы обучающихся используются:

- компьютерные классы института;
- библиотека, имеющая места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет.

**Электронная информационно-образовательная среда института (ЭИОС).** Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде института (ЭИОС) из любой точки, в которой имеется

доступ к информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", как на территории института, так и вне ее.

ЭИОС института обеспечивает:

- доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик;
- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы.
- В случае реализации образовательной программы с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий ЭИОС дополнительно обеспечивает:
  - фиксацию хода образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации и результатов освоения образовательной программы;
  - проведение учебных занятий, процедур оценки результатов обучения, реализация которых предусмотрена с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий;
  - взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействия посредством сети "Интернет".

Перечень аудиторий и материально-технических средств, используемых в процессе обучения, представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень аудиторий и материально-технических средств

Аудитория	Вид занятия	Материально-технические средства
№ 13, лекционная аудитория	Лекционные занятия,	– столы, стулья; – маркерная доска, кафедра для преподавателя; – мультимедийный проектор; – экран; – компьютер (ноутбук); – аудио аппаратура.
№109, специализированная компьютерная лаборатория	Практические занятия, самостоятельная работа студентов	– столы, стулья; – маркерная стена; – мультимедийный проектор; Рабочее место преподавателя: – ноутбук. Рабочее место учащегося: – персональный компьютер –14 шт; – Программное обеспечение.
№16 Лаборатория аддитивных технологий	Практические занятия	– столы, стулья; – мультимедийный проектор; – экран; – компьютер (ноутбук); – FDM 3D принтер; – SLA 3D принтер.

## 7. Оценочные материалы (фонд оценочных средств) для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

### 7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Таблица 7.1 – Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в аддитивные технологии	ОПК-1	Вопросы к экзамену
2	Технология FDM/FFF		
3	Материалы и режимы печати для FDM/FFF		
4	Технологии SLA и DLP		
5	Технологии SLS и DLMS		
6	Критерии выбора метода печати		
7	Подготовка моделей и слайсеры		
8	Поддержки, адгезия и устранение дефектов. Постобработка		
9	Особенности конструирования изделий для 3D печати		

### 7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по пятибалльной шкале (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Оценивание результатов текущего контроля знаний и межсессионной аттестации

Оценка	Критерий оценивания
Отлично	Полное или частичное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий. Выполнение практических заданий на оценки «отлично» и «хорошо», с преобладанием оценки «отлично»
Хорошо	Полное или частичное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий. Выполнение практических заданий на оценки «хорошо» и «отлично», с преобладанием оценки «хорошо»
Удовлетворительно	Полное или частичное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий. Выполнение практических заданий на оценки «удовлетворительно»

Неудовлетворительно	Полное или частичное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий. Неудовлетворительное выполнение практических заданий.
Не аттестован	Непосещение лекционных и практических занятий. Невыполнение практических заданий.

Таблица 7.3 – Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Код и наименование компетенции	ОПК-1. Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении	
Результаты обучения (по этапам формирования компетенций)	<p><b>Знать</b> основные группы материалов, используемых в аддитивном производстве (металлы, полимеры, композиты), их физико-химические и механические свойства; экологические аспекты применения аддитивных технологий, включая энергоэффективность, сокращение отходов и вторичную переработку сырья; принципы выбора материалов для проектирования деталей машин с учётом требований безопасности, долговечности и минимизации ресурсных затрат; нормативно-технические документы, регламентирующие безопасность и экологичность процессов аддитивного производства.</p> <p><b>Уметь</b> рационально подбирать материалы для аддитивного изготовления деталей на основе анализа их эксплуатационных характеристик и условий работы; проектировать геометрию изделий с учётом особенностей аддитивных технологий (минимизация поддержек, оптимизация массы); оценивать экологический след производственного цикла, включая расход энергии, сырья и эмиссию вредных веществ; прогнозировать влияние параметров 3D-печати на микроструктуру и свойства конечного продукта.</p> <p><b>Владеть</b> методами компьютерного моделирования процессов аддитивного производства для оптимизации расхода материалов и энергоресурсов; навыками работы с оборудованием для 3D-печати, включая настройку режимов обработки под разные типы материалов; программными инструментами топологической оптимизации деталей машин для снижения материалоемкости при сохранении функциональности; методами оценки безопасности и экологичности проектных решений на всех этапах жизненного цикла изделия.</p>	
Шкала оценивания, критерии оценивания уровня освоения компетенции	не освоена	Студент не демонстрирует понимания базовых концепций дисциплины. Не может назвать ключевые термины, методы или принципы, не умеет применять их даже в простых ситуациях. Отсутствуют навыки работы с основными инструментами или подходами, игнорируются нормативные требования и стандарты, связанные с дисциплиной.
	освоена частично	Студент знаком с основными понятиями и методами, но их применение ограничено шаблонными или упрощёнными задачами. Допускает ошибки в анализе, не учитывает взаимосвязи между элементами дисциплины. Навыки носят фрагментарный характер: может



		выполнять отдельные операции, но не способен интегрировать их в целостное решение.
	освоена в основном	Студент уверенно применяет знания и методы в стандартных ситуациях, анализирует данные и предлагает логичные решения. Однако в нестандартных или комплексных задачах может упускать нюансы, редко предлагает инновационные подходы. Владеет основными инструментами дисциплины, но использует их в рамках традиционных схем, не всегда адаптируя к специфике проекта.
	освоена	Студент демонстрирует глубокое системное понимание дисциплины: свободно оперирует понятиями, методами и инструментами, адаптирует их к любым условиям. Способен критически анализировать информацию, проектировать решения для сложных кейсов, прогнозировать результаты и минимизировать риски. Интегрирует междисциплинарные знания, предлагает творческие и обоснованные идеи, соблюдает нормативные требования и этические стандарты.

### **7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

#### **Подготовка и ответы по вопросам к промежуточной аттестации:**

1. Какие исторические этапы развития аддитивных технологий можно выделить?
2. В чём основные преимущества 3D-печати перед традиционными методами производства?
3. Назовите основные категории технологий аддитивного производства.
4. Какие отрасли активно используют аддитивные технологии?
5. Какие факторы ограничивают применение 3D-печати?
6. Опишите принцип работы FDM/FFF-принтера.
7. Какие компоненты входят в устройство FDM/FFF-принтера?
8. Чем отличаются настольные и промышленные FDM/FFF-установки?
9. Почему важна калибровка экструдера и платформы?
10. Какие параметры влияют на стабильность работы FDM/FFF-оборудования?
11. Перечислите основные термопласты для FDM/FFF-печати.
12. Как температура печати влияет на качество модели?
13. Какие проблемы возникают при использовании композитных материалов?
14. Как настройка скорости печати связана с точностью детали?
15. Какие методы предотвращения деформации слоев существуют?
16. Объясните принцип фотополимеризации в SLA/DLP-технологиях.

17. Какие типы смол применяются в SLA/DLP-печати?
18. Опишите конструкцию SLA/DLP-принтера.
19. Для чего необходима постобработка SLA/DLP-моделей?
20. Чем отличается технология SLA от DLP?
21. В чём разница между SLS и DMLS?
22. Какие компоненты входят в устройство SLS/DMLS-установки?
23. Какие материалы используются в SLS-технологии?
24. Почему для DMLS требуются специальные металлические сплавы?
25. Какие преимущества даёт использование порошковых материалов?
26. Какие критерии выбора технологии 3D-печати наиболее важны?
27. Какие ограничения по материалам существуют для FDM, SLA и SLS?
28. Как энергоэффективность влияет на выбор метода печати?
29. Приведите примеры медицинского применения аддитивных технологий.
30. Какие экологические аспекты связаны с 3D-печатью?
31. Какие форматы файлов используются для подготовки 3D-моделей?
32. Как настройка толщины слоя влияет на время печати?
33. Зачем генерировать поддержки в слайсере?
34. Почему ориентация модели на платформе важна для качества?
35. Как рассчитать расход материала для печати сложной детали?
36. Какие типы поддержек используются в 3D-печати?
37. Как улучшить адгезию модели к платформе?
38. Назовите распространённые дефекты FDM-печати.
39. Какие методы устранения провисания слоев существуют?
40. Как постобработка влияет на механические свойства детали?
41. Какие геометрические ограничения важно учитывать при проектировании для 3D-печати?
42. Как ориентация модели влияет на её прочность?
43. Какие виды заполнения используются для оптимизации механических свойств?
44. Как процент заполнения связан с весом и прочностью изделия?
45. Зачем увеличивать количество внешних слоев модели?
46. Чем отличается проектирование для FDM и SLS?
47. Что такое топологическая оптимизация в контексте 3D-печати?
48. Как компенсировать усадку материала при проектировании?
49. Приведите пример интеграции функциональных элементов в модель.
50. Какие инженерные решения применяют для снижения анизотропии свойств?

## Курсовой проект

В рамках дисциплины учебным планом предусмотрено выполнение курсового проекта, на выполнение которого отводится 100 часов самостоятельной работы.

Тематика курсовых проектов подразумевает разработку конструкции детали с учетом особенностей её изготовления методами 3D печати, технологии ее изготовления.

Курсовой проект состоит из: пояснительной записки объемом 25-30 страниц; презентации, отражающей основные этапы и результаты работы на 8-12 слайдах; твердотельной (.grb/.grs) и сеточной (.stl) моделей, управляющей программы для 3D принтера в электронном виде.

График выполнения курсового проекта:

1. Получение задания на курсовой проект (первая неделя).
2. Разработка (изменение) конструкции детали с учетом особенностей аддитивного производства (вторая – третья неделя).
3. Обоснование выбора материала и параметров заполнения модели (четвертая – шестая недели).
4. Выбор оборудования, комплектующих, расходных материалов (седьмая – восьмая недели).
5. Разработка технологии печати с формированием управляющей программы (девятая – двенадцатая недели).
6. Изготовление модели (тринадцатая – четырнадцатая недели).
7. Формирование пояснительной записки и презентации курсового проекта, подготовка к защите (пятнадцатая – шестнадцатая недели).
8. Защита курсового проекта (семнадцатая неделя).

### 7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Таблица 7.4 – Критерии и шкала оценки знаний на экзамене

Оценка		
«отлично»	«хорошо»	«удовлетворительно»
Объем		
Глубокие знания, уверенные действия по решению практических заданий в полном объеме учебной программы, освоение всех компетенций.	Достаточно полные знания, правильные действия по решению практических заданий в объеме учебной программы, освоение всех компетенций.	Твердые знания в объеме основных вопросов, в основном правильные решения практических заданий, освоение всех компетенций.
Системность		

Ответы на вопросы логично увязаны с учебным материалом, вынесенным на контроль, а также с тем, что изучал ранее.	Ответы на вопросы увязаны с учебным материалом, вынесенные на контроль, а также с тем, что изучал ранее.	Ответы на вопросы в пределах учебного материала, вынесенного на контроль.	Имеется необходимость в постановке наводящих вопросов
Осмысленность			
Правильные и убедительные ответы. Быстрое, правильное и творческое принятие решений, безупречная отработка решений заданий. Умение делать выводы.	Правильные ответы и практические действия. Правильное принятие решений. Грамотная отработка решений по заданиям.	Допускает незначительные ошибки при ответах и практических действиях. Допускает неточность в принятии решений по заданиям.	Имеется необходимость в постановке наводящих вопросов
Уровень освоения компетенций			
Осваиваемые компетенции сформированы			

Таблица 7.5 – Критерии и шкала оценки знаний на зачете

Критерии	Оценка	
	«зачтено»	«не зачтено»
Объем	Твердые знания в объеме основных вопросов, в основном правильные решения практических заданий, освоены все компетенции	Нет твердых знаний в объеме основных вопросов, освоены не все компетенции
Системность	Ответы на вопросы в пределах учебного материала, вынесенного на контроль.	Нет ответов на вопросы учебного материала, вынесенного на контроль.
Осмысленность	Допускает незначительные ошибки при ответах и практических действиях.	Допускает значительные ошибки при ответах и практических действиях.

Таблица 7.6 – Критерии оценивания курсового проекта

Критерий	«Отлично»	«Хорошо»	«Удовлетворительно»
Самостоятельность выполнения и уровень работы	Курсовой проект выполнен самостоятельно и		
	имеет научно-практический характер, содержит элементы новизны	имеет прикладной характер, содержит элементы новизны	имеет прикладной характер
Содержание работы	демонстрирует знание теоретического материала по	демонстрирует знание теоретического материала по	демонстрирует знание теоретического материала по

	рассматриваемой проблеме, умение анализировать, аргументировать свою точку зрения, делать обобщение и выводы. Материал изложен грамотно, логично, последовательно.	рассматриваемой проблеме. Материал изложен грамотно, логично, последовательно.	рассматриваемой проблеме.
Оформление работы	Работа отвечает требованиям к оформлению	Оформление работы в основном отвечает требованиям к оформлению	Имеются недочеты в оформлении работы
Процедура защиты	Во время защиты студент показал умение кратко, доступно представить результаты выполнения работы, адекватно ответить на поставленные вопросы.	Во время защиты студент показал умение кратко, доступно представить результаты выполнения работы, однако затруднялся отвечать на поставленные вопросы	Во время защиты студент затрудняется в представлении результатов исследования и ответах на поставленные вопросы

## 7.5 Методические рекомендации по проведению экзамена

### 7.5.1 Цель проведения

Основной целью проведения элементов промежуточной аттестации является определение степени достижения целей по учебной дисциплине или ее разделам. Осуществляется это проверкой и оценкой уровня теоретических знаний, полученных студентами, умения применять их к решению практических задач, степени овладения студентами практическими навыками и умениями в объеме требований рабочей программы по дисциплине, а также их умение самостоятельно работать с учебной литературой.

### 7.5.2 Форма проведения

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является экзамен у очной формы обучения, зачет и экзамен по заочной форме обучения. Экзамен проводится в объеме рабочей программы в устной форме. Экзаменационные билеты должны две части - теоретическую и практическую. Информация о структуре билетов доводится студентам заблаговременно.

### **7.5.3 Метод проведения**

Экзамен (зачет) проводится по билетам.

По отдельным вопросам допускается проверка знаний с помощью технических средств контроля. При необходимости могут рассматриваться дополнительные вопросы и проблемы, решаться задачи и примеры.

### **7.5.4 Критерии допуска студентов к экзамену**

В соответствии с требованиями руководящих документов и согласно Положению о текущем контроле знаний и промежуточной аттестации студентов института, к экзамену допускаются студенты, выполнившие все требования учебной программы.

### **7.5.5 Организационные мероприятия**

#### **7.5.5.1 Назначение преподавателя, принимающего экзамен**

Экзамены принимаются лицами, которые читали лекции по данной дисциплине, Решением заведующего кафедрой определяются помощники основному экзаменатору из числа преподавателей, ведущих в данной группе практические занятия, а если лекции по разделам учебной дисциплины читались несколькими преподавателями, то определяется состав комиссии для приема экзамена.

**7.5.5.2 Конкретизация условий, при которых студенты освобождаются от сдачи экзамена (основа - результаты рейтинговой оценки текущего контроля).**

По представлению преподавателя, ведущего занятия в учебной группе, заведующий кафедрой может освободить студентов от сдачи экзамена. От экзамена освобождаются студенты, показавших отличные и хорошие знания по результатам рейтинговой оценки текущего контроля, с выставлением им оценок «отлично» и «хорошо» соответственно.

### **7.5.6. Методические указания экзаменатору**

**7.5.6.1** Конкретизируется работа преподавателей в предэкзаменационный период и в период непосредственной подготовки обучающихся к экзамену.

Во время подготовки к экзамену возможны индивидуальные консультации, а перед днем проведения экзамена проводится окончательная предэкзаменационная консультация.

При проведении предэкзаменационных консультаций рекомендуется:

- дать организационные указания о порядке работы при подготовке к экзамену, рекомендации по лучшему усвоению и приведению в стройную систему изученного материала дисциплины;
- ответить на непонятные, слабо усвоенные вопросы;

- дать ответы на вопросы, возникшие в процессе изучения дисциплины и выходящие за рамки учебной программы, «раздвинуть границы»;

- помочь привести в стройную систему знания обучаемых.

Для этого необходимо:

- уточнить учебный материал заключительной лекции. На ней целесообразно указать наиболее сложные и трудноусвояемые места курса, обратив внимание на так называемые подводные камни, выявленные на предыдущих экзаменах.

- определить занятие, на котором заблаговременно довести организационные указания по подготовке к экзамену.

- Рекомендуются использовать при проведении консультаций опросно-ответную форму проведения. Целесообразно, чтобы обучаемые сами задавали вопросы. По характеру и формулировке вопросов преподаватель может судить об уровне и глубине подготовки обучаемых.

7.5.6.2 Уточняются организационные мероприятия и методические приемы при проведении промежуточной аттестации.

Количество одновременно находящихся экзаменующихся в аудитории. В аудитории, где принимается экзамен (зачет), может одновременно находиться студентов из расчета не более пятнадцати экзаменующихся на одного экзаменатора.

Время, отведена на подготовку ответа по билету, не должно превышать 45 минут. По истечению данного времени после получения билета (вопроса) студент должен быть готов к ответу.

#### **Организация практической части экзамена.**

Практическая часть экзамена организуется так, чтобы обеспечивалась возможность проверить умение студентов применять теоретические знания при решении практических заданий, освоение компетенций. Она проводится путем постановки экзаменующимся отдельных задач, упражнений, заданий, требующих практических действий по решению заданий. Каждый студент выполняет задание самостоятельно путем производства расчетов, решения задач, работы с документами и др. При выполнении заданий студент отвечает на дополнительные вопросы, которые может ставить экзаменатор.

#### **Действия экзаменатора.**

Студенту на экзамене разрешается брать один билет. В случае, когда экзаменующийся не может ответить на вопросы билета, ему может быть предоставлена возможность выбрать второй билет при условии снижения оценки на 1 балл.

Во время испытания промежуточной аттестации студенты могут пользоваться рабочими программами учебных дисциплин, а также справочниками и прочими источниками информации, перечень которых устанавливается преподавателем.

Использование материалов, не предусмотренных указанным перечнем, а также попытка общения с другими студентами или иными лицами, в том

числе с применением электронных средств связи, несанкционированные преподавателем перемещение по аудитории и т.п. не разрешается и являются основанием для удаления студента из аудитории с последующим проставлением в ведомости оценки «неудовлетворительно».

Студент, получивший на экзамене неудовлетворительную оценку, ликвидирует задолженность в сроки, устанавливаемым приказом директора института. Окончательная пересдача экзамена принимается комиссией в составе трех человек (заведующий кафедрой, лектор потока, преподаватель родственной дисциплины).

Задача преподавателя на экзамене заключается в том, чтобы внимательно заслушать студента, проконтролировать решение практических заданий, предоставить ему возможность полностью изложить ответ. Заслушав ответ и анализируя методы решений практических заданий, преподаватель постоянно оценивает, насколько полно, системно и осмысленно осуществляется ответ, решается практическое задание.

Считается бестактностью прерывать ответ студента, преждевременно давать оценку его ответам и действиям.

В тех случаях, когда ответы на вопросы или практические действия были недостаточно полными или допущены ошибки, преподаватель после ответов студентом на все вопросы задает дополнительные вопросы с целью уточнения уровня освоения дисциплины. Содержание индивидуальных вопросов не должно выходить за рамки рабочей программы. Если студент затрудняется сразу ответить на дополнительный вопрос, он должен спросить разрешения предоставить ему время на подготовку и после подготовки отвечает на него.

## **8 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Обучение по дисциплине инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (далее ОВЗ) осуществляется преподавателем с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Для студентов с нарушениями опорно-двигательной функции и с ОВЗ по слуху предусматривается сопровождение лекций и практических занятий мультимедийными средствами, раздаточным материалом.

Для студентов с ОВЗ по зрению предусматривается применение технических средств усиления остаточного зрения, а также предусмотрена возможность разработки аудиоматериалов.

По данной дисциплине обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья может осуществляться как в аудитории, так и дистанционно с использованием возможностей электронной образовательной среды (образовательного портала) и электронной почты.