

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета экономики, менеджмента и
инновационных технологий

С.А. Баркалов /

11 февраля 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы аддитивных технологий»

Направление подготовки 27.03.05 Инноватика

Профиль Инновационные технологии

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 5 лет / 4 года и 6 м.

Форма обучения очная / очно-заочная / заочная

Год начала подготовки 2025

Авторы программы

И.о. заведующего кафедрой

Инноватики и

строительной физики

имени профессора И.С.

Суровцева

Руководитель ОПОП

А.В. Ботиенко

Э.И. Еникеев

С.Н. Дьяконова

С.Н. Дьяконова

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Ознакомление студентов с принципами работы, методами и применением современных аддитивных технологий (также известных как технологии 3D-печати). Дисциплина направлена на формирование знаний и навыков, необходимых для понимания процессов производства изделий с использованием аддитивных методов, а также их применения в различных отраслях промышленности.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- Изучение физических и технологических основ аддитивных процессов.
- Понимание классификации аддитивных технологий (например, послойное наплавление, стереолитография, селективное лазерное спекание).
- Ознакомление с различными материалами, используемыми в процессе 3D-печати (металлы, пластики, композиты), и их свойствами.
- Настройка параметров печати на оборудовании разных производителей.
- Проведение испытаний готовых изделий и оценка их характеристик.
- Анализ преимуществ и ограничений аддитивных технологий по сравнению с традиционными методами производства.
- Исследование перспектив развития и внедрения 3D-печати в новые отрасли экономики.
- Развитие способности оценивать эффективность и экономичность использования аддитивных технологий в конкретных проектах.
- Рассмотрение вопросов экологичности и безопасности производства с применением 3D-технологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы аддитивных технологий» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы аддитивных технологий» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - Способен организовывать проведение работ по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, формированию и планированию ресурсного обеспечения и организации производства инновации

ПК-6 - Способен применять современные методы исследования и моделирования проекта с использованием информационных технологий и соответствующих программных комплексов

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
--------------------	--

ПК-3	Знать Принципы современной технологичной 3d печати, физические свойства основных современных конструкционных материалов, принципы работы программ для создания 3d моделей
	Уметь Контролировать процесс 3d печати, устранять возникающие в ходе печати распространенные эффекты, производить мелкий ремонт и обслуживание современного 3d принтера
	Владеть Навыками создания и редактирования 3d моделей, умением проводить обработку готовых изделий, в том числе шлифовку ,склейку и т. п.
ПК-6	Знать В каких отраслях современного хозяйства применяется продукция 3d принтера, их особенности
	Уметь Создавать изделие из 3d печати для заданных задач, проводить базовые расчеты характеристик изделия в рамках поставленной задачи, использовать аналитические возможности нейросетей для выполнения производственных задач
	Владеть Навыками работы с современными интеллектуальными системами, такими как нейросети, базовыми знаниями о правильном составлении запросов к ним -промтировании

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы аддитивных технологий» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	54	54
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108

зач.ед.	3	3
---------	---	---

очно-заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	32	32
В том числе:		
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
Самостоятельная работа	76	76
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	6	6
В том числе:		
Лекции	2	2
Практические занятия (ПЗ)	2	2
Лабораторные работы (ЛР)	2	2
Самостоятельная работа	98	98
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основы прототипирования	Общие термины Преимущества и проблемы реализации аддитивных технологий. Классификация методов, систем и установок аддитивных технологий. Основы автоматизации процесса послойного создания изделия.	2	-	2	4	8
2	Основы прототипирования	Обобщенная схема операций при послойном создании изделия. Специфика работы на разных аддитивных установках. Пути повышения точности воспроизведения моделей и качества	2	-	2	4	8

		поверхности. Тесты производительности и контроля.					
3	Основы прототипирования	Сравнительная оценка аддитивных установок по размерам рабочей камеры, точности и времени воспроизведения. Применение аддитивных технологий в различных отраслях промышленности, в образовании, сфере услуг, медицине. Дорожная карта развития аддитивных технологий.	2	2	2	4	10
4	Технология 3D печати методом послойного наплавления	Подача пластика в экструдер. Расплавление пластика в экструдере. Послойное нанесение расплавленного пластика. Достоинства и недостатки применяемой технологии. Печать простейших прототипов и функциональных изделий из пластика.	2	2	2	4	10
5	Технология 3D печати методом стереолитографии.	Технологическое применение SLA. Технологическое применение DLP. LCD-технология, фотополимеризация с помощью жидкокристаллического экрана.	2	2	2	4	10
6	Технология 3D печати методом стереолитографии.	Полимеризация пластика в ультрафиолетовой печи. Жидкие фотополимеры. Печать высококачественных и детализированных прототипов. Печать моделей для литья по выжигаемым моделям.	2	2	2	4	10
7	Технология 3D печати методом многоструйного моделирования.	Нанесение на платформу печатающей головкой через большое количество форсунок жидкого фотополимера. Послойное отверждение ультрафиолетовым проектором. Печать высококачественных и детализированных прототипов. Печать моделей для литья по выжигаемым и выплавляемым моделям.	2	2	2	6	12
8	Технология 3D печати методом цветного склеивания порошкового материала.	Технология полноцветной струйной 3D-печати. Раскатывание ракелем или роликом по рабочей поверхности. Нанесением на слой специального связующего вещества. Склеивание в цельную деталь.	2	2	2	6	12
9	Технология 3D печати методом селективного лазерного спекания.	Технология селективного лазерного спекания. Разравнивание порошка ракелем по рабочей поверхности. Заштриховывание контура детали при помощи импульсного излучения. Воздействие высокоэнергетического лазерного луча для спекания шаровидных пластиковых гранул между собой. Создание конечных изделий сложной геометрии. Легковесные конструкции. Функционально	2	2	2	6	12

		интегрированные детали.					
10	Технология 3D печати методом селективного лазерного плавления.	Селективное (выборочное) лазерное плавление. Разравнивание порошка ракелем по рабочей поверхности. Заштриховывание контура детали при помощи импульсного излучения. Воздействие высокоэнергетического лазерного луча для спекания сферических с металлическим наполнением гранул между собой. Создание конечных изделий сложной геометрии. Изготовление форм для литья пластика.	-	2	-	6	8
11	Прототипирование в индустрии.	Выбор материала для приложения и метода проектирования. Конструирование и дизайн. Построение моделей в архитектуре. Примеры применений в машиностроении, анализ и планирование. Производство оснастки в промышленности. Аэрокосмические приложения. Моделирование и создание беспилотных летательных аппаратов. Автомобильная индустрия.	-	2	-	6	8
Итого			18	18	18	54	108

очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основы прототипирования	Общие термины Преимущества и проблемы реализации аддитивных технологий. Классификация методов, систем и установок аддитивных технологий. Основы автоматизации процесса послойного создания изделия.	2	-	2	6	10
2	Основы прототипирования	Обобщенная схема операций при послойном создании изделия. Специфика работы на разных аддитивных установках. Пути повышения точности воспроизведения моделей и качества поверхности. Тесты производительности и контроля.	2	-	2	6	10
3	Основы прототипирования	Сравнительная оценка аддитивных установок по размерам рабочей камеры, точности и времени воспроизведения. Применение аддитивных технологий в различных отраслях промышленности, в образовании, сфере услуг, медицине. Дорожная карта развития аддитивных технологий.	2	-	2	6	10
4	Технология 3D печати методом послойного наплавления	Подача пластика в экструдер. Расплавление пластика в экструдере. Послойное нанесение расплавленного пластика. Достоинства и недостатки	2	2	2	6	12

		применяемой технологии. Печать простейших прототипов и функциональных изделий из пластика.					
5	Технология 3D печати методом стереолитографии.	Технологическое применение SLA. Технологическое применение DLP. LCD-технология, фотополимеризация с помощью жидкокристаллического экрана.	-	2	-	6	8
6	Технология 3D печати методом стереолитографии.	Полимеризация пластика в ультрафиолетовой печи. Жидкие фотополимеры. Печать высококачественных и детализированных прототипов. Печать моделей для литья по выжигаемым моделям.	-	2	-	6	8
7	Технология 3D печати методом многоструйного моделирования.	Нанесение на платформу печатающей головкой через большое количество форсунок жидкого фотополимера. Послойное отверждение ультрафиолетовым проектором. Печать высококачественных и детализированных прототипов. Печать моделей для литья по выжигаемым и выплавляемым моделям.	-	2	-	8	10
8	Технология 3D печати методом цветного склеивания порошкового материала.	Технология полноцветной струйной 3D-печати. Раскатывание ракелем или роликом по рабочей поверхности. Нанесением на слой специального связующего вещества. Склеивание в цельную деталь.	-	2	-	8	10
9	Технология 3D печати методом селективного лазерного спекания.	Технология селективного лазерного спекания. Разравнивание порошка ракелем по рабочей поверхности. Заштриховывание контура детали при помощи импульсного излучения. Воздействие высокоэнергетического лазерного луча для спекания шаровидных пластиковых гранул между собой. Создание конечных изделий сложной геометрии. Легковесные конструкции. Функционально интегрированные детали.	-	2	-	8	10
10	Технология 3D печати методом селективного лазерного плавления.	Селективное (выборочное) лазерное плавление. Разравнивание порошка ракелем по рабочей поверхности. Заштриховывание контура детали при помощи импульсного излучения. Воздействие высокоэнергетического лазерного луча для спекания сферических с металлическим наполнением гранул между собой. Создание конечных изделий сложной геометрии. Изготовление форм для литья пластика.	-	2	-	8	10
11	Прототипирование в индустрии.	Выбор материала для приложения и метода проектирования.	-	2	-	8	10

		<p>Конструирование и дизайн. Построение моделей в архитектуре. Примеры применений в машиностроении, анализ и планирование. Производство оснастки в промышленности. Аэрокосмические приложения. Моделирование и создание беспилотных летательных аппаратов. Автомобильная индустрия.</p>					
Итого			8	16	8	76	108

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основы прототипирования	<p>Общие термины Преимущества и проблемы реализации аддитивных технологий. Классификация методов, систем и установок аддитивных технологий. Основы автоматизации процесса послойного создания изделия.</p>	2	-	2	8	12
2	Основы прототипирования	<p>Обобщенная схема операций при послойном создании изделия. Специфика работы на разных аддитивных установках. Пути повышения точности воспроизведения моделей и качества поверхности. Тесты производительности и контроля.</p>	-	-	-	8	8
3	Основы прототипирования	<p>Сравнительная оценка аддитивных установок по размерам рабочей камеры, точности и времени воспроизведения. Применение аддитивных технологий в различных отраслях промышленности, в образовании, сфере услуг, медицине. Дорожная карта развития аддитивных технологий.</p>	-	-	-	8	8
4	Технология 3D печати методом послойного наплавления	<p>Подача пластика в экструдер. Расплавление пластика в экструдере. Послойное нанесение расплавленного пластика. Достоинства и недостатки применяемой технологии. Печать простейших прототипов и функциональных изделий из пластика.</p>	-	-	-	8	8
5	Технология 3D печати методом стереолитографии.	<p>Технологическое применение SLA. Технологическое применение DLP. LCD-технология, фотополимеризация с помощью жидкокристаллического экрана.</p>	-	-	-	8	8
6	Технология 3D печати методом стереолитографии.	<p>Полимеризация пластика в ультрафиолетовой печи. Жидкие фотополимеры. Печать высококачественных и детализированных прототипов. Печать моделей для литья по выжигаемым моделям.</p>	-	-	-	8	8
7	Технология 3D печати методом	<p>Нанесение на платформу печатающей головкой через большое количество</p>	-	-	-	10	10

	многоструйного моделирования.	форсунок жидкого фотополимера. Послойное отверждение ультрафиолетовым проектором. Печать высококачественных и детализированных прототипов. Печать моделей для литья по выжигаемым и выплавляемым моделям.					
8	Технология 3D печати методом склеивания порошкового материала.	Технология полноцветной струйной 3D-печати. Раскатывание ракелем или роликом по рабочей поверхности. Нанесением на слой специального связующего вещества. Склеивание в цельную деталь.	-	-	-	10	10
9	Технология 3D печати методом селективного лазерного спекания.	Технология селективного лазерного спекания. Разравнивание порошка ракелем по рабочей поверхности. Заштриховывание контура детали при помощи импульсного излучения. Воздействие высокоэнергетического лазерного луча для спекания шаровидных пластиковых гранул между собой. Создание конечных изделий сложной геометрии. Легковесные конструкции. Функционально интегрированные детали.	-	-	-	10	10
10	Технология 3D печати методом селективного лазерного плавления.	Селективное (выборочное) лазерное плавление. Разравнивание порошка ракелем по рабочей поверхности. Заштриховывание контура детали при помощи импульсного излучения. Воздействие высокоэнергетического лазерного луча для спекания сферических с металлическим наполнением гранул между собой. Создание конечных изделий сложной геометрии. Изготовление форм для литья пластика.	-	-	-	10	10
11	Прототипирование в индустрии.	Выбор материала для приложения и метода проектирования. Конструирование и дизайн. Построение моделей в архитектуре. Примеры применений в машиностроении, анализ и планирование. Производство оснастки в промышленности. Аэрокосмические приложения. Моделирование и создание беспилотных летательных аппаратов. Автомобильная индустрия.	-	2	-	10	12
Итого			2	2	2	98	104

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Устройство 3d принтера BambuLab : подготовка к печати, техобслуживание, загрузка моделей

2. Основы 3d моделирования в среде Blender и встроенном программном обеспечении Windows
3. Печать моделей с неоднородными физическими свойствами пластика
4. Печать моделей, требующих последующей обработки: склейки, шлифования
5. Печать модели для применения в сложном промышленном изделии

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-3	знать принципы современной технологичной 3d печати, физические свойства основных современных конструкционных материалов, принципы работы программ для создания 3d моделей	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь Контролировать процесс 3d печати, устранять возникающие в ходе печати распространенные эффекты, производить мелкий ремонт и обслуживание современного 3d принтера	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть Навыками создания и редактирования 3d моделей, умением проводить обработку готовых изделий, в том числе шлифовку ,склейку и т. п.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

ПК-6	Знать В каких отраслях современного хозяйства применяется продукция 3d принтера, их особенности	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь Создавать изделие из 3d печати для заданных задач, проводить базовые расчеты характеристик изделия в рамках поставленной задачи, использовать аналитические возможности нейросетей для выполнения производственных задач	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть Навыками работы с современными интеллектуальными системами, такими как нейросети, базовыми знаниями о правильном составлении запросов к ним -промтировании	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре для очной формы обучения, 4 семестре для очно-заочной формы обучения, 3 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-3	знать принципы современной технологичной 3d печати, физические свойства основных современных конструкционных материалов, принципы работы программ для создания 3d моделей	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь Контролировать процесс 3d печати, устранять возникающие в ходе печати распространенные эффекты, производить мелкий ремонт и обслуживание современного 3d принтера	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть Навыками создания и	Решение прикладных задач в конкретной	Продемонстрирован верный ход решения	Задачи не решены

	редактирования 3d моделей, умением проводить обработку готовых изделий, в том числе шлифовку ,склейку и т. п.	предметной области	в большинстве задач	
ПК-6	Знать В каких отраслях современного хозяйства применяется продукция 3d принтера, их особенности	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь Создавать изделие из 3d печати для заданных задач, проводить базовые расчеты характеристик изделия в рамках поставленной задачи, использовать аналитические возможности нейросетей для выполнения производственных задач	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть Навыками работы с современными интеллектуальными системами, такими как нейросети, базовыми знаниями о правильном составлении запросов к ним -промтировании	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Что такое аддитивные технологии?
 - А) Метод изготовления деталей путем удаления материала
 - Б) Метод нанесения покрытия на поверхность изделия
 - В) Процесс послойного наращивания материала для создания физического объекта
 - Г) Технология штамповки металла

2. Какие преимущества имеет аддитивная технология перед традиционными производственными процессами?
 - А) Меньший расход материала
 - Б) Возможность создания сложных геометрических форм
 - В) Высокая скорость производства
 - Г) Все вышеперечисленное

3. Какой материал чаще всего используется в FDM-принтерах?
 - А) Металл

-
- Б) Пластик ABS
 - В) Стекловолокно
 - Г) Керамика
4. Какое оборудование применяется для процесса селективного лазерного плавления (SLM)?
- А) Лазерный принтер
 - Б) Стереолитографический аппарат
 - В) Экструдер
 - Г) Точильный станок
5. Какая основная особенность технологии стереолитографии (SLA)?
- А) Использование лазера для затвердевания жидкого полимера
 - Б) Применение экструдера для подачи пластика
 - В) Нанесение металлического порошка слоями
 - Г) Создание изделий методом штамповки
6. В каком формате обычно сохраняется файл модели для 3D-печати?
- А) .docx
 - Б) .stl
 - В) .pdf
 - Г) .jpg
7. Что означает аббревиатура FDM?
- А) Fused Deposition Modeling
 - Б) Free Drawing Methodology
 - В) Fast Digital Manufacturing
 - Г) Fiber Design Modelling
8. Какой параметр влияет на точность конечного изделия при 3D-печати?
- А) Толщина слоя
 - Б) Температура окружающей среды
 - В) Давление воздуха
 - Г) Вес модели
9. Что представляет собой поддерживающая структура в 3D-печати?
- А) Детали, обеспечивающие устойчивость изделия во время печати
 - Б) Опоры для повышения прочности готового изделия
 - В) Элементы, используемые для крепления изделия к платформе
 - Г) Дополнительные элементы для эстетической красоты
10. Для каких целей применяются аддитивные технологии в медицине?
- А) Протезирование конечностей
 - Б) Производство имплантатов
 - В) Изготовление хирургических инструментов
 - Г) Все перечисленные варианты

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных

задач

1. Какой метод 3D-печати позволяет создавать металлические изделия?
 - А) SLA
 - Б) SLM
 - В) FDM
 - Г) DLP
2. Какие материалы используются в процессе SLS (селективного лазерного спекания)?
 - А) Жидкий пластик
 - Б) Металлические порошки
 - В) Полимерные нити
 - Г) Резиновый компаунд
3. Чем отличается процесс SLA от DLP?
 - А) Используемым источником света
 - Б) Материалами
 - В) Скоростью печати
 - Г) Форматом файлов
4. Как называется процесс постобработки после 3D-печати?
 - А) Отжиг
 - Б) Шлифовка
 - В) Лакировка
 - Г) Покраска
5. Какое основное преимущество аддитивной технологии перед субтрактивными технологиями?
 - А) Более высокая производительность
 - Б) Меньшее количество отходов
 - В) Высокий уровень автоматизации
 - Г) Универсальность
6. Какими параметрами характеризуется качество 3D-печатного изделия?
 - А) Плотность материала
 - Б) Шероховатость поверхности
 - В) Прочность на разрыв
 - Г) Все вышеперечисленные параметры
7. Какой тип материала лучше подходит для печати функциональных прототипов?
 - А) PLA
 - Б) ABS
 - В) PEEK
 - Г) PETG
8. Почему важно учитывать температуру печати при использовании термопластичных материалов?

- А) Чтобы избежать деформации изделия
 - Б) Для улучшения адгезии слоев
 - В) Для увеличения скорости печати
 - Г) Для уменьшения расхода материала
9. Что происходит в процессе селективного лазерного плавления (SLM)?
- А) Спекание металлических частиц под воздействием лазера
 - Б) Послойное нанесение полимеров
 - В) Затвердевание фотополимера под ультрафиолетовым светом
 - Г) Механическая обработка заготовки
10. Какие типы поддержки существуют в 3D-печати?
- А) Перманентные опоры
 - Б) Временные опорные структуры
 - В) Подвесные системы
 - Г) Только временные опорные структуры

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Какова основная причина дефектов при 3D-печати?
- А) Неправильная настройка температуры
 - Б) Низкое качество исходного файла
 - В) Недостаточная адгезия между слоями
 - Г) Любая из перечисленных причин
2. Какие возможности открываются благодаря использованию аддитивных технологий в аэрокосмической отрасли?
- А) Уменьшение веса конструкций
 - Б) Повышение эффективности двигателей
 - В) Сокращение сроков разработки и производства
 - Г) Все вышеперечисленное
3. Как влияет ориентация модели на платформе на результат печати?
- А) Она определяет необходимость использования поддерживающих структур
 - Б) Влияет на прочность изделия
 - В) Может уменьшить время печати
 - Г) Никак не влияет
4. Каким образом аддитивные технологии способствуют персонализации медицинских устройств?
- А) Позволяют изготавливать индивидуальные протезы
 - Б) Упрощают производство имплантатов, точно соответствующих анатомическим особенностям пациента
 - В) Способствуют созданию уникальных ортопедических приспособлений
 - Г) Все вышеперечисленное верно
5. Какие факторы влияют на выбор метода 3D-печати для конкретного

проекта?

- А) Тип материала
- Б) Требования к точности и качеству поверхности
- В) Бюджет проекта
- Г) Все указанные факторы

6. Какие области применения аддитивных технологий наиболее перспективны в будущем?

- А) Строительство
- Б) Медицина
- В) Автомобилестроение
- Г) Все перечисленные области

7. Какие проблемы возникают при 3D-печати крупногабаритных изделий?

- А) Увеличенное время печати
- Б) Необходимость разделения модели на части
- В) Сложности с охлаждением больших объемов материала
- Г) Все вышеуказанные проблемы

8. Какую роль играют аддитивные технологии в образовательной сфере?

- А) Помогают студентам осваивать современные производственные процессы
- Б) Способствуют развитию творческих способностей учащихся
- В) Улучшают визуализацию учебных материалов
- Г) Все вышеперечисленное

9. Какие методы постобработки используются для улучшения внешнего вида напечатанных изделий?

- А) Шлифование
- Б) Покрытие лаком
- В) Окраска
- Г) Все перечисленные методы

10. Как аддитивные технологии влияют на цепочку поставок в производственной компании?

- А) Ускоряют процесс производства
- Б) Увеличивают гибкость в управлении запасами
- В) Позволяют сократить затраты на логистику
- Г) Все вышеперечисленное

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

- 1 Что означает термин «Быстрое прототипирование»?
- 2 Что означает термин «Аддитивное производство»?
- 3 Что означает термин «Прототип»?
- 4 Перечислите аспекты, характеризующие прототип.
- 5 Из каких шагов состоят процессы быстрого прототипирования?
- 6 По каким методам подразделяют аддитивные технологии?

- 7 Из каких переходов состоит рабочий цикл SLA-процесса?
- 8 Из каких переходов состоит рабочий цикл LOM -процесса?
- 9 Из каких переходов состоит рабочий цикл SLS -процесса?
- 10 Из каких переходов состоит рабочий цикл FDM -процесса?
- 11 Опишите обобщенный процесс аддитивного производства.
- 12 Перечислите основные группы вариантов применения быстрого прототипирования.
- 13 Перечислите уровни применимости оборудования для быстрого прототипирования.
- 14 Перечислите факторы, от которых зависит точность прототипа (степень соответствия САД-модели).
- 15 По каким критериям производят сравнение процессов быстрого прототипирования?
- 16 Что такое экструдер?
- 17 В чём заключается процесс экструзии?
- 18 Какова основная функция экструдера 3D принтера?
- 19 Опишите конструкцию холодного узла экструдера.
- 20 Опишите конструкцию горячего узла экструдера.
- 21 Опишите принцип работы горячего узла экструдера.
- 22 Дайте определение FDM-технологии.
- 23 Опишите принцип действия FDM –технологии.
- 24 Какой расходный материал используют при FDM-технологии?
- 25 Перечислите этапы изготовления прототипов методом послойного наплавления с использованием пластиковой нити.
- 26 Для чего необходим формат файла *.m3d?
- 27 Для чего необходим формат файла *.stl?
- 28 Что включает в себя подготовка модели к печати при FDM-технологии?
- 29 Что включает в себя постобработка изделия, изготовленного по FDM-технологии?
- 30 Дайте определение SLA -технологии.
- 31 Опишите принцип действия SLA –технологии.
- 32 Какой расходный материал используют при SLA-технологии?
- 33 Дайте определение DLP -технологии.
- 34 Опишите принцип действия DLP –технологии.
- 35 Какой расходный материал используют при DLP -технологии?
- 36 Дайте определение LCD -технологии.
- 37 Опишите принцип действия LCD –технологии.
- 38 Какой расходный материал используют при LCD -технологии?
- 39 Для чего необходимо дополнительное отверждение изделия в ультрафиолетовой печи в процессе 3D-печати по технологии стереолитографии?
- 40 Перечислите этапы изготовления прототипов методом стереолитографии.
- 41 Что включает в себя постобработка изделия, изготовленного по технологии стереолитографии?

- 42 Опишите технологию QuickCast.
- 43 Перечислите этапы технологического процесса литья по выжигаемым моделям с применением литейных моделей, изготовленных по технологии QuickCast
- 44 Дайте определение технологии многоструйного моделирования.
- 45 Опишите принцип действия технологии многоструйной печати.
- 46 Какой расходный материал используют в устройствах многоструйной печати?
- 47 Перечислите этапы изготовления прототипов методом многоструйного моделирования.
- 48 Что является важной особенностью изготовления прототипов методом многоструйного моделирования?
- 49 Что включает в себя постобработка изделия, изготовленного по технологии многоструйного моделирования?
- 50 Опишите процесс изготовления литьевой формы.
- 51 Дайте определение технологии полноцветной струйной 3D-печати.
- 52 Опишите принцип действия технологии многоструйной печати.
- 53 Какой расходный материал используют в устройствах полноцветной струйной 3D-печати?
- 54 Перечислите этапы изготовления прототипов методом полноцветной струйной 3D-печати.
- 55 Что включает в себя постобработка изделия, изготовленного по технологии полноцветной струйной 3D-печати?
- 56 Дайте определение технологии селективного лазерного спекания.
- 57 Какой расходный материал используют в устройствах селективного лазерного спекания?
- 58 Опишите технологический процесс селективного лазерного спекания.
- 59 Опишите этапы создания изделий методом селективного лазерного спекания.
- 60 Что включает в себя постобработка изделия, изготовленного по технологии селективного лазерного спекания?
- 61 Дайте определение технологии селективного (выборочного) лазерного плавления.
- 62 Какой расходный материал используют в устройствах селективного лазерного плавления?
- 63 Опишите технологический процесс селективного лазерного плавления.
- 64 Опишите этапы создания изделий методом селективного лазерного плавления.
- 65 Какие функции выполняют поддержки при создании изделий методом селективного лазерного плавления?
- 66 Что включает в себя постобработка изделия, изготовленного по технологии селективного лазерного плавления?
- 67 От чего зависит выбор технологии создания прототипа.
- 68 Перечислите группы, на которые можно разбить варианты конструкторского применения прототипов.

- 69 Для чего применяют построение аддитивных технологий в машиностроении.
- 70 Приведите примеры применения аддитивных технологий в машиностроении.
- 71 Опишите технологию реакционно-литьевого формования.
- 72 Какими методами могут быть спроектированы и изготовлены формы для RIM-технологии.
- 73 Перечислите основные преимущества применения аддитивных технологий в производстве авиакосмической техники.
- 74 Приведите пример применения аддитивных технологий для проектирования и создания беспилотных летательных аппаратов.
- 75 Какие задачи автомобильного производства решают аддитивные технологии.
- 76 Приведите пример применения аддитивных технологий в автомобильной индустрии.

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачёт проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 3.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 1 балла.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал 1 балл.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал 2 балла.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал 3 балла.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основы прототипирования	ПК-3, ПК-6	Тест, решение стандартных практических задач, решение прикладных задач в конкретной предметной области, сдача лабораторных работ, требования к лабораторным работам
2	Основы прототипирования	ПК-3, ПК-6	Тест, решение стандартных практических задач, решение прикладных задач в конкретной предметной

			области, сдача лабораторных работ, требования к лабораторным работам
3	Основы прототипирования	ПК-3, ПК-6	Тест, решение стандартных практических задач, решение прикладных задач в конкретной предметной области, сдача лабораторных работ, требования к лабораторным работам
4	Технология 3D печати методом послойного наплавления	ПК-3, ПК-6	Тест, решение стандартных практических задач, решение прикладных задач в конкретной предметной области, сдача лабораторных работ, требования к лабораторным работам
5	Технология 3D печати методом стереолитографии.	ПК-3, ПК-6	Тест, решение стандартных практических задач, решение прикладных задач в конкретной предметной области, сдача лабораторных работ, требования к лабораторным работам
6	Технология 3D печати методом стереолитографии.	ПК-3, ПК-6	Тест, решение стандартных практических задач, решение прикладных задач в конкретной предметной области, сдача лабораторных работ, требования к лабораторным работам
7	Технология 3D печати методом многоструйного моделирования.	ПК-3, ПК-6	Тест, решение стандартных практических задач, решение прикладных задач в конкретной предметной области, сдача лабораторных работ, требования к лабораторным работам
8	Технология 3D печати методом цветного склеивания порошкового материала.	ПК-3, ПК-6	Тест, решение стандартных практических задач, решение прикладных задач в конкретной предметной области, сдача лабораторных работ, требования к лабораторным работам

9	Технология 3D печати методом селективного лазерного спекания.	ПК-3, ПК-6	Тест, решение стандартных практических задач, решение прикладных задач в конкретной предметной области, сдача лабораторных работ, требования к лабораторным работам
10	Технология 3D печати методом селективного лазерного плавления.	ПК-3, ПК-6	Тест, решение стандартных практических задач, решение прикладных задач в конкретной предметной области, сдача лабораторных работ, требования к лабораторным работам
11	Прототипирование в индустрии.	ПК-3, ПК-6	Тест, решение стандартных практических задач, решение прикладных задач в конкретной предметной области, сдача лабораторных работ, требования к лабораторным работам

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения

ДИСЦИПЛИНЫ

1. Сухочев, Г.А. Технология машиностроения. Аддитивные технологии в подготовке производства наукоемких изделий [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.А. Сухочев, С.Н. Коденцев. - Воронеж: Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. - 132 с. - ISBN 978-5-7731-0872-6. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/108200.html>
2. Антонова, В. С. Аддитивные технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. С. Антонова, И. И. Осовская. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2017. - 30 с. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/102502.html>
3. Материалы и аддитивные технологии. Современные материалы для аддитивных технологий [Электронный ресурс]: 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. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/116134.html>
4. Шестакова, Е. Б. 3D-печать: аддитивные технологии в строительстве [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. Б. Шестакова. - Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. - 112 с. - ISBN 978-5-4497-1625-5. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/120282.html>
5. Канищев М.В. Введение в аддитивные технологии. Т.1. Обзор основных технологий 3D-печати [Электронный ресурс]: учебник / М.В. Канищев, Л.М. Ульев - М.: Издательский Дом МИСиС, 2023. - 352 с. - URL: <https://ipr-smart.ru/137518.html>
6. Материалы и аддитивные технологии. Оборудование и рынок аддитивного производства [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. А. Попович, Е. В. Борисов, Д. В. Масайло [и др.]. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2023. - 140 с. - ISBN 978-5-7422-8070-5. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/142991.html>
7. Беляев Л.В. Введение в аддитивные технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Беляев Л.В., Аборкин А.В. - Владимир: Издательство Владимирского государственного университета, 2023. - 248 с. - URL: <https://ipr-smart.ru/143813.html>

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:
Лицензионное программное обеспечение

1. Office Professional Plus 2013 Single MVL A Each Academic
2. ABBYY FineReader 9.0

Свободное ПО

1. LibreOffice
2. Moodle

3. OpenOffice
4. Skype
5. Zoom
6. 7zip
7. Adobe Acrobat Reader
8. Adobe Flash Player NPAPI
9. Adobe Flash Player PPAPI
10. PDF24 Creator
11. Moodle

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Образовательный портал ВГТУ Адрес ресурса: <http://www.edu.ru/>
2. Официальный сайт Министерства финансов Российской Федерации Адрес ресурса: <https://www.mfin.ru/ru/?fu11version=1>
3. Официальный сайт Министерства промышленности и торговли Российской Федерации Адрес ресурса: <http://government.ru/department/54/events/>
4. Официальный сайт Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (Минтруд России) Адрес ресурса <http://government.ru/department/237/events/>
5. Официальный сайт Министерство экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России) Адрес ресурса: <http://government.ru/department/85/events/>
6. Российская национальная библиотека Адрес ресурса: <http://www.nlr.ru>

Информационные справочные системы

1. <http://window.edu.ru>
2. <https://wiki.cchgeu.ru/>
3. <http://www.consultant.ru/>
4. <https://e.lanbook.com/>
5. <http://www.iprbookshop.ru/>

Современные профессиональные базы данных

1. База данных zbMath. Адрес ресурса: <https://lib.tusur.ru/ressursy/bazy-dannyh/zbmath>
2. Association for Computing Machinery, ACM. Адрес ресурса: https://dl.acm.org/contents_dl.cfm
3. Единый портал инноваций и уникальных изобретений. Адрес ресурса: <http://innovationportal.ru/>
4. Инновации в России. Адрес ресурса: <http://innovation.gov.ru/>
5. Росстандарт. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Адрес ресурса: <https://www.gost.ru/portal/gost/>
6. Справочная Правовая Система «КонсультантПлюс»: <http://www.consultant.ru/>
7. Бесплатная база ГОСТ: <https://docplan.ru/>
8. Электронно-библиотечная система IPRbooks: <https://www.iprbookshop.ru/>

9. Электронные издания в составе базы данных «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU»: <https://elibrary.ru/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Для использования презентаций при проведении лекционных занятий необходимы аудитории, оснащенные презентационным оборудованием (компьютер с ОС Windows и программой PowerPoint или Adobe Reader, мультимедийный проектор и экран).
2. Читальный зал с выходом в сеть Интернет и доступом в электронные библиотечные системы и электронную информационно-образовательную среду.
3. Комплект учебной мебели:
 - Рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 30 человек
 - Персональные компьютеры – 30 штук
 - 3D-принтер Bambu lab X1 Carbon Combo EU-версия (AMS система при возможности).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Основы аддитивных технологий» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета . Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.

Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП