

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФМАТ /И.И. Дроздов /
«18» _____ 2025 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Аддитивные технологии»**

Направление подготовки 15.04.01 – Машиностроение

Профиль Обеспечение качественно-точных характеристик изделий в машиностроении

Квалификация выпускника Магистр

Нормативный период обучения 2 года / 2 года и 3 месяца

Форма обучения Очная / Заочная

Год начала подготовки 2025 г.

Автор программы

 /Д.М. Черных/

И.о. заведующего кафедрой
технологии машиностроения

 / С.С. Юхневич /

Руководитель ОПОП

 / С.С. Юхневич /

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Изучение аддитивных технологий для обеспечения требуемого качества изделий в автоматизированном машиностроительном производстве.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- разработка рационализаторских предложения и изобретений в области машиностроения с использованием аддитивных технологий;
- обеспечивать управление технологическими процессами освоения новой продукции требуемого качества.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Аддитивные технологии» относится к факультативным дисциплинам блока ФТД учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Аддитивные технологии» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 – Способен разрабатывать технические задания на проектирование специальных приспособлений, металлорежущих инструментов и выполнять точностной, прочностной и жесткостной расчет средств технологического оснащения.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	знать физические принципы работы, конструкцию, технические характеристики, правила технического обслуживания оборудования и приспособлений для аддитивных технологий
	уметь создавать модели машиностроительных изделий с помощью прикладных программ
	владеть навыками подготовки проектных решений изготовления деталей, специальных приспособлений с использованием средств автоматизации.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Аддитивные технологии» составляет 2 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		3			
Аудиторные занятия (всего)	36	36			
В том числе:					
Лекции	-	-			
Практические занятия (ПЗ)	36	36			
Лабораторные работы (ЛР)	-	-			
Самостоятельная работа	36	36			
Курсовой проект (работа) (есть, нет)	нет	нет			
Контрольная работа (есть, нет)	нет	нет			
Вид промежуточной аттестации: зачет	+	+			
Общая трудоемкость	час	72	72		
	зач. ед.	2	2		

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		3			
Аудиторные занятия (всего)	4	4			
В том числе:					
Лекции	-	-			
Практические занятия (ПЗ)	4	4			
Лабораторные работы (ЛР)	-	-			
Самостоятельная работа	64	64			
Курсовой проект (работа) (есть, нет)	нет	нет			
Контрольная работа (есть, нет)	нет	нет			
Вид промежуточной аттестации: зачет	4	4			
Общая трудоемкость	час	72	72		
	зач. ед.	2	2		

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекции	Практ. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Виртуальное проектирование моделей машиностроительных изделий	Проектирование 3 D моделей в прикладных инженерных программах. Оценка качества поверхностей твердотельной модели. Изучение конструкции и принципа работы устройства для объемной печати. Создание рабочих и сборочных чертежей спроектированных изделий	-	36	-	36	72
Итого			-	36	-	36	72

Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекции	Практ. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Виртуальное проектирование моделей машиностроительных изделий	Проектирование 3 D моделей в прикладных инженерных программах. Оценка качества поверхностей твердотельной модели. Изучение конструкции и принципа работы устройства для объемной печати. Создание рабочих и сборочных чертежей спроектированных изделий	-	4	-	64	68
Итого			-	4	-	64	68
Зачет			-	-	-	-	4
Всего			-	4	-	64	72

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) в 3 семестре очной и заочной форм обучения.

Учебным планом по дисциплине не предусмотрено выполнение контрольной работы (контрольных работ) в 3 семестре очной и заочной форм обучения.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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 физические принципы работы, конструкцию, технические характеристики, правила технического обслуживания оборудования и приспособлений для аддитивных технологий	Активная работа на практических занятиях и при их защите	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь создавать модели машиностроительных изделий с помощью прикладных программ	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками подготовки проектных решений изготовления деталей, специальных приспособлений с использованием средств автоматизации.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	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 для очной формы обучения оцениваются в 3 семестре и для заочной формы обучения оцениваются в 3 семестре по системе:

«зачтено»;

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-3	знать физические принципы работы, конструкцию, технические характеристики, правила технического обслуживания оборудования и приспособле-	Аттестационное задание	Демонстрирует понимание проблемы. Все требования, предъявляемые	Демонстрирует непонимание проблемы, задание выполнено менее 70 %

	ний для аддитивных технологий		к заданию, выполнены на 70-100 %.	
	уметь создавать модели машиностроительных изделий с помощью прикладных программ	Аттестационное задание	Демонстрирует понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию, выполнены на 70-100 %.	Демонстрирует непонимание проблемы, задание выполнено менее 70 %
	владеть навыками подготовки проектных решений изготовления деталей, специальных приспособлений с использованием средств автоматизации.	Аттестационное задание	Демонстрирует понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию, выполнены на 70-100 %.	Демонстрирует непонимание проблемы, задание выполнено менее 70 %

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. Качество (разрешение) САD модели на изготавливаемую деталь
 - А. Не влияет
 - Б. Влияет на поверхность
 - В. Влияет на внутреннюю структуру изделия
 - Г. Влияет на шероховатость поверхности.

2. Стереолитография - это ...
 - А. Литье изделия
 - Б. Послойное создание объекта
 - В. Обработка изделия резанием
 - Г. Изготовление изделия давлением

3. Для изготовления изделия на 3D принтере необходим(а) ...
 - А. Твердотельная модель
 - Б. Чертеж изделия
 - В. Физический объект изделия
 - Г. Расчетная схема изделия

4. Материалами для 3D печати могут быть ...
 - А. Металлические порошки

- Б. Жидкий полимер
 - В. Проволока из пластика
 - Г. Все перечисленные материалы
5. Выберите формат для печати на 3D принтере:
- А. m3d
 - Б STL
 - В. Step
 - Г. doc
6. Аддитивная технология FDM - это:
- А. Селективное лазерное спекание
 - Б. Лазерное плавление
 - В. Послойное наплавление
 - Г. Струйная печать
7. Для создания твердотельной модели в виртуальной среде необходим(а):
- А. CAD система
 - Б. CAM система
 - В. CAE система
 - Г. Word
8. Термин «аддитивные технологии» подразумевает:
- А. Удаление материала
 - Б. Добавление материала
 - В. Обработку материала
 - Г. Давление на материал.
9. Плотность заполнения материалом изделия во время печати ...
- А. Задается в CAD системе
 - Б. Задается в управляющей программе 3D принтера
 - В. Выставляется на самом принтере
 - Г. Этим параметром нельзя управлять.
10. Стереолитографическая печать пластиковой проволокой осуществляется ...
- А. Расплавлением до жидкого состояния
 - В. Нагревом до пастообразного состояния
 - В. Без нагрева
 - Г. Охлаждением проволоки.
11. Уменьшение толщины наносимого слоя в процессе 3D печати методом FDM ...
- А. Не влияет на скорость печати

- Б. Увеличивает скорость печати
- В. Уменьшает скорость печати

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Выполнение не предусмотрено

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Типичная толщина наносимого слоя 3D принтером:
 - А. 1 мкм
 - Б. 10 мкм
 - В. 100 мкм
 - Г. 1000 мкм

2. Какой минимальный угол возможен для построения моделей без применения поддержек
 - А. 55°
 - Б. 50°
 - В. 45°
 - Г. 40°

3. Укажите рабочую температуру при печати полимерным материалом
 - А. 10°C
 - Б. -20°C
 - В. 50°C
 - Г. 110°C

4. Для пластика ABS характерно следующее свойство:
 - А. Хрупкий, трудно склеить
 - Б. Мягкий (пластичный), легко склеить
 - В. Эластичный, невозможно склеить
 - Г. Похож на стекло, прозрачный

5. Как скорость 3D печати влияет на качество детали
 - А. Чем медленнее, тем хуже качество
 - Б. Чем быстрее, тем хуже качество
 - В. Чем медленнее, тем лучше качество
 - Г. Скорость печати не влияет на качество детали

6. Какую толщину стенки можно напечатать при диаметре сопла экструдера 0.4 мм?
 - А. 0,2 мм
 - Б. 0,4 мм
 - В. 0,5 мм
 - Г. 0,6 мм

7. Какие детали можно изготовить с помощью аддитивных технологий
- А. Детали любой формы
 - Б. Технологичные детали
 - В. Сложность детали зависит от конструкции принтера
 - Г. сложность детали зависит от возможностей слайсера
8. Сколько независимых координат перемещения сопла экструдера необходимо для изготовления детали на 3d принтере
- А. 2
 - Б. 3
 - В. 4
 - Г. 5
9. Для удержания детали во время изготовления на 3D принтере, используют:
- А. Магнитный стол
 - Б. Подогреваемый стол
 - В. Стол с клеем
 - Г. Стол с тисками
10. В качестве приводных механизмов в конструкции 3D принтеров используют:
- А. Шпиндели, суппорты, фрезерные головки
 - Б. Ременные, зубчатые и винтовые передачи
 - В. Коробки скоростей, редукторы червячные и конические
 - Г. Движение рабочих органов осуществляется непосредственно от электродвигателей.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

- 1 Какая общая последовательность процесса аддитивного производства?
- 2 Укажите основные этапы аддитивного производства.
- 3 Концептуализация изделия и его проектирование в среде САПР.
- 4 Преобразование данных САПР в STL/AMF форматы.
- 5 Передача STL/AMF файлов на машины аддитивного производства и их обработка.
- 6 Настройка оборудования для аддитивного производства.
- 7 Процесс построения изделия.
- 8 Постобработка изделия.
- 9 Различия в технологиях аддитивного производства (фотополимеры, порошки, расплавленные и твердые листовые материалы).
- 10 Особенности использования подложек.

- 11 Влияние плотности энергии на технологические характеристики процесса.
- 12 Особенности технического обслуживания оборудования для различных технологий аддитивного производства.
- 13 Особенности подготовки, обслуживания и хранения материалов при различных технологиях аддитивного производства.
- 14 Ориентация изделия на платформе.
- 15 Удаление опорных элементов.
- 16 Особенности создания элементов фиксации частей конструкции и ребер жесткости в изделии.
- 17 Идентификационная маркировка изделий при аддитивном производстве.
- 18 Аддитивное производство изделий на основе инженерных данных.
- 19 Аддитивное производство изделий на основе данных реверс-инжиниринга.
- 20 Дальнейшие перспективы развития и применения аддитивного производства.
- 21 Какие проблемы могут возникнуть при использовании поверхностного моделирования при создании трехмерных моделей изделий для аддитивного производства?
- 22 Методы выбора процесса аддитивного производства изделий. Теория принятия решений.
- 23 Методы определения приемлемости.
- 24 Планирование производства и предварительная обработка.
- 25 Изготовление детали и постобработка.
- 26 Преимущества бюджетных систем аддитивного производства.
- 27 Недостатки бюджетных систем аддитивного производства.
- 28 Подготовка трехмерных моделей. Проблемы STL/AMF файлов.
- 29 Задачи расчета каждого профиля сечения. Прямое разбиение модели САПР.
- 30 Форматы файлов для аддитивного производства.
- 31 Моделирование процессов аддитивного производства с помощью конечно-элементного анализа.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с календарным графиком. Учебным планом при промежуточной аттестации по дисциплине предусмотрен зачет.

К зачету допускаются магистранты, получившие положительную оценку по каждой практической работе.

Промежуточная аттестация проводится в форме Зачета по аттестационным заданиям, каждое из которых содержит 5 тестовых заданий и два вопроса. Каждый правильный ответ на вопрос тестового задания оценивается 1 баллом, правильный ответ на каждый вопрос теории оценивается по 5 баллов. Максимальное количество набранных баллов – 15.

1. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если набрано от 8 до 15 баллов.
2. Оценка «Не зачтено» ставится, если набрано менее 8 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Виртуальное проектирование моделей машиностроительных изделий	ПК-3	Практические работы, защита; аттестационное задание, устный опрос, зачет

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 тестовых заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем преподавателем осуществляется проверка теста и выставляется оценка согласно методике 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 преподавателем осуществляется проверка решения задач и выставляется оценка, согласно методике 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 преподавателем осуществляется проверка решения задач и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Демидов, А.В., Нилов В.А. Прототипирование деталей машин: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.В. Демидов, В.А. Нилов. – Электрон. текстовые, граф. дан. (2,9 Мб). – Воронеж: ВГТУ, 2015. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

2. Валетов, В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы) [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Валетов. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. – 58 с. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

3. Аддитивные технологии [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению практических работ направления 15.04.01 «Машиностроение» (программа магистерской подготовки «Обеспечение качественно-точных характеристик при изготовлении изделий в автоматизированном машиностроительном производстве») всех форм обучения / сост. А. В. Демидов. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГТУ», 2021. – Изд. № 395-2021. – 31 с. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

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

1. Текстовый редактор Microsoft Word
2. Табличный редактор Microsoft Excel
3. Компас-график
4. SolidWorks.
5. AutoCAD
6. Internet Explorer
7. 3D принтер
8. SPRUT CAM

Электронный каталог научной библиотеки:

<https://cchgeu.ru/university/elektronnyy-katalog/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы № 01.06/1

Компьютер в составе: «ВаРИАНТ-Эксперт»

Принтер 3D Mch Midi FHD

Универсальное крепление для проекторов Shekla Pchela Hard

Интерактивная доска 78” ActivBoard 178, ПО ActivInspire + кабель

Мультимедиа-проектор Sony VPL-SX125

Ноутбук 14” ASUS K40IJ

Проектор Epson EB-X7

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Аддитивные технологии» проводятся практические занятия.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков виртуального проектирования моделей машиностроительных изделий методами аддитивных технологий. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний по данной дисциплине имеет самостоятельная работа: изучение рекомендуемой преподавателем литературы, поиск необходимой информации по современным методам аддитивных технологий, использование ее при выполнении практических работ. Информацию о других дополнительных видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой практических работ и их защитой.

Освоение дисциплины оценивается на зачете.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, формулировки, обобщения, графики и схемы, выводы; выделять важные мысли, 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 консультации, на практической работе.
Практические занятия	Перед каждым практическим занятием обучающийся должен ознакомиться с методическими указаниями, изучить теоретический материал и рекомендованную литературу, ознакомиться с организацией и требованиями к практической работе. Практические занятия проводятся с целью практического применения полученных знаний, поэтому необходимо использовать и знания ранее изученных дисциплин, справочные и нормативные материалы, требования ГОСТов; развивая аналитическое и логическое мышление и интуитивный подход, выполнять поставленные заданием задачи.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа магистрантов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

	<ul style="list-style-type: none">-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 по дисциплине	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесе- ния измене- ний	Подпись заведую- щего кафедрой, от- ветственной за реа- лизацию ОПОП
1			
2			