

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего**  
**образования**  
**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.**  
**Устинова»**  
**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной  
деятельности и цифровизации

\_\_\_\_\_ А.Е.  
подпись Шашурин

«12» января 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ**

**ПМ.03 Разработка технологического процесса**  
**производства изделий с применением аддитивных**  
**технологий**

Для специальности  
среднего профессионального образования  
**15.02.09 АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Рабочая программа профессионального модуля ПМ.03 Разработка технологического процесса производства изделий с применением аддитивных технологий разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС) среднего профессионального образования по специальности 15.02.09 АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

Организация-разработчик:  
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

РАССМОТРЕНО  
Учебно-методическим советом БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова  
Протокол заседания УМС № 371 от «10» января 2024г.

Председатель УМС \_\_\_\_\_/А.Е. Шашурин/

СОГЛАСОВАНО  
Начальник методического управления

\_\_\_\_\_/У.М. Сталькина /

10 января 2024г.

**Разработчики:**  
\_\_\_\_\_/ Н.Л. Соловьева

**Рецензенты:**

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	4
2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	6
3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	14
4. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ	15
5. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	16
6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ	18

# **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ**

## **1.1 Область применения программы**

Программа профессионального модуля ПМ.03 Разработка технологического процесса производства изделий с применением аддитивных технологий предназначена для изучения аддитивных технологий и их применения в машиностроении в образовательных организациях, реализующих образовательные программы среднего профессионального образования при подготовке специалистов среднего звена с учетом профиля получаемого профессионального образования.

## **1.2 Место профессионального модуля в структуре основной профессиональной образовательной программы**

Программа профессионального модуля ПМ.03 разработка технологического процесса производства изделий с применением аддитивных технологий изучается в разделе учебного плана и относится профессиональному циклу. На изучение профессионального модуля отводится **780 часов**.

## **1.3 Цели и задачи профессионального модуля – требования к результатам освоения профессиональной программы**

В результате освоения профессионального модуля, обучающиеся должны

### **уметь:**

- выбирать технологию послойного синтеза в соответствии с решаемой производственной задачей, технологиями последующей обработки деталей и/или технологий дальнейшего использования синтезированных объектов;
- выбирать материал для послойного синтеза и оптимальные параметры процесса в соответствии с решаемой производственной задачей, технологиями последующей обработки деталей и/или технологий дальнейшего использования синтезированных объектов;
- подбирать технологическое оборудование, станку, инструменты и разрабатывать оснастку для финишной обработки изделий, полученных послойным синтезом;
- определять оптимальный технологический цикл финишной обработки изделия;
- определять оптимальные методы контроля качества;
- проводить анализ отклонений готовых изделий от технического задания;
- эффективно использовать материалы и оборудование;
- заполнять маршрутно-технологическую документацию на эксплуатацию оборудования;

### **знать:**

- назначение и область применения существующих типов аддитивных установок и используемые в них материалы;
- технические параметры, характеристики и особенности различных видов аддитивных установок;
- особенности и требования технологий последующей обработки деталей на токарных и фрезерных станках с ЧПУ и установках гидроабразивной полировки;
- особенности дальнейшего использования синтезированных объектов для литья в качестве выплавляемых или выжигаемых моделей, литейных форм и стержней;
- технические параметры, характеристики и особенности современных токарных и фрезерных станков с ЧПУ, координатно-расточных станков, установок гидроабразивной обработки, ручных измерительных инструментов и систем бесконтактной оцифровки.

В результате освоения профессионального модуля должны быть сформированы:

*профессиональные компетенции, включающие в себя способность:*

ПК 3.1. Разрабатывать маршрутный технологический процесс на участках аддитивного производства;

ПК 3.2. Проектировать операции аддитивного производства, генерировать и корректировать управляющие программы аддитивных установок;

ПК 3.3. Проводить анализ конструкторской документации с целью повышения технологичности применительно к аддитивным технологиям.

**1.4. Количество часов на освоение профессионального модуля:** максимальной учебной нагрузки обучающегося 780 часов, в том числе обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося 340 часов, самостоятельной - 416 часов.

## **2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ**

### **2.1. Объем профессионального модуля и виды учебной работы**

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Объем в часах</b>
<b>Объем профессионального модуля</b>	780
в том числе:	
теоретическое обучение	179
практические занятия	161
<b>Самостоятельная работа</b>	416
<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>	24

## 2.2. Тематический план и содержание профессионального модуля

Наименование разделов и тем профессионального модуля (ПМ), междисциплинарных курсов (МДК)	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, внеаудиторная (самостоятельная) учебная работа обучающихся, курсовая работа (проект) (если предусмотрены)	Объем в часах	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
1	2	3	4
<b>МДК.03.01 Теоретические основы производства изделий с использованием аддитивных технологий</b>		180	
<b>Тема 1.1.</b> Основы прототипирования	<b>Содержание учебного материала:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общие термины</li> <li>2. Преимущества и проблемы реализации аддитивных технологий</li> <li>3. Классификация методов, систем и установок аддитивных технологий</li> <li>4. Основы автоматизации процесса послойного создания изделия</li> <li>5. Обобщенная схема операций при послойном создании изделия</li> <li>6. Специфика работы на разных аддитивных установках</li> <li>7. Пути повышения точности воспроизведения моделей и качества поверхности</li> <li>8. Тесты производительности и контроля</li> <li>9. Сравнительная оценка аддитивных установок по размерам рабочей камеры, точности и времени воспроизведения</li> <li>10. Применение аддитивных технологий в различных отраслях промышленности, в образовании, сфере услуг, медицине</li> <li>11. Дорожная карта развития аддитивных технологий</li> </ol>	9	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
<b>Тема 1.2</b> Технология 3D печати методом послойного наплавления	<b>Содержание учебного материала:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подача пластика в экструдер</li> <li>2. Расплавление пластика в экструдере</li> <li>3. Послойное нанесение расплавленного пластика</li> <li>4. Достоинства и недостатки применяемой технологии</li> <li>5. Печать простейших прототипов и функциональных изделий из пластика</li> </ol>	10	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
	<b>Практические занятия</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обработки трехмерной цифровой модели</li> <li>2. Деление STL на слои</li> <li>3. Ориентирование подходящим образом модели для печати</li> <li>4. Генерация поддерживающей структуры</li> <li>5. Выбор материала для печати (ABS, PLA, поликарбонаты, полиамиды, полистирол, лигнин)</li> <li>6. Подготовка к печати модели из одного и нескольких материалов</li> <li>7. Финишная обработка модели после печати</li> </ol>	8	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
<b>Тема 1.3</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	10	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33

Технология 3D печати методом стереолитографии	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Технологическое применение SLA</li> <li>2. Технологическое применение DLP</li> <li>3. Полимеризация пластика в ультрафиолетовой печи. Жидкие фотополимеры</li> <li>4. Печать высококачественных и детализированных прототипов</li> <li>5. Печать моделей для литья по выжигаемым моделям</li> </ol>		
	<b>Практические занятия:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обработки трехмерной цифровой модели</li> <li>2. Деление STL на слои</li> <li>3. Ориентирование подходящим образом модели для печати</li> <li>4. Генерация поддерживающие структуры</li> <li>5. Подготовка к печати модели из одного и нескольких материала</li> <li>6. Финишная обработка модели после печати</li> </ol>	9	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
<b>Тема 1.4</b> Технология 3D печати методом многоструйного моделирования	<b>Содержание учебного материала:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нанесение на платформу печатающей головкой через большое количество форсунок жидкого фотополимера</li> <li>2. Послойное отверждение ультрафиолетовым проектором</li> <li>3. Печать высококачественных и детализированных прототипов</li> <li>4. Печать моделей для литья по выжигаемым и выплавляемым моделям</li> </ol>	10	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
	<b>Практические занятия</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обработки трехмерной цифровой модели</li> <li>2. Деление STL на слои</li> <li>3. Ориентирование подходящим образом модели для печати</li> <li>4. Генерация поддерживающие структуры</li> <li>5. Выбор материала для печати (термопластик, воск и фотополимерные смолы)</li> <li>6. Подготовка к печати модели из одного и нескольких материалов</li> <li>7. Финишная обработка модели после печати</li> </ol>	9	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
<b>Промежуточная аттестация в форме экзамена</b>		6	
<b>Тема 2.1</b> Технология 3D печати методом цветного склеивания порошкового материала	<b>Содержание учебного материала:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Раскатывание ракелем или роликом по рабочей поверхности</li> <li>2. Нанесением на слой специального связующего вещества</li> <li>3. Склеивание в цельную деталь</li> </ol>	6	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
	<b>Практические занятия:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обработки трехмерной цифровой модели</li> <li>2. Деление STL на слои</li> <li>3. Ориентирование подходящим образом модели для печати</li> <li>4. Генерация поддерживающие структуры</li> <li>5. Выбор материала для печати (VisiJet PXL Core, полистирол, лигнин)</li> <li>6. Подготовка к печати модели из одного и нескольких материалов</li> <li>7. Финишная обработка модели после печати</li> </ol>	13	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33



Тема 2.2 Технология 3D печати методом селективного лазерного спекания	<b>Содержание учебного материала:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разравнивание порошка ракелем по рабочей поверхности</li> <li>2. Заштриховывание контура детали при помощи импульсного излучения</li> <li>3. Воздействием высокоэнергетического лазерного луча для спекания шаровидных пластиковых гранул между собой</li> <li>4. Создание конечных изделий сложной геометрии</li> <li>5. Легковесные конструкции</li> <li>6. Функционально интегрированные детали</li> </ol>	7	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
	<b>Практические занятия:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обработки трехмерной цифровой модели</li> <li>2. Деление STL на слои</li> <li>3. Ориентирование подходящим образом модели для печати</li> <li>4. Генерация поддерживающие структуры</li> <li>5. Выбор материала для печати. Подготовка к печати модели из одного и нескольких материалов</li> <li>6. Финишная обработка модели после печати</li> </ol>	13	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
Тема 2.3 Технология 3D печати методом селективного лазерного плавления	<b>Содержание учебного материала:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разравнивание порошка ракелем по рабочей поверхности</li> <li>2. Заштриховывание контура детали при помощи импульсного излучения</li> <li>3. Воздействием высокоэнергетического лазерного луча для спекания сферических с металлическим наполнением гранул между собой</li> <li>4. Создание конечных изделий сложной геометрии</li> <li>5. Изготовление форм для литья пластика</li> </ol>	6	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
	<b>Практические занятия</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Анализ повреждения модели</li> <li>2. Ориентирование подходящим образом модели для печати</li> <li>3. Генерация поддерживающие структуры</li> <li>4. Выбор материала для печати</li> <li>5. Восстановление трещины на модели</li> <li>6. Финишная обработка модели после печати</li> </ol>	13	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
Тема 2.4 Прототипирование в индустрии	<b>Содержание учебного материала:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбор материала для приложения и метода проектирования</li> <li>2. Конструирование и дизайн</li> <li>3. Построение моделей в архитектуре</li> <li>4. Примеры применений в машиностроении, анализ и планирование</li> <li>5. Производство оснастки в промышленности</li> <li>6. Аэрокосмические приложения</li> <li>7. Моделирование и создание беспилотных летательных аппаратов</li> <li>8. Автомобильная индустрия</li> </ol>	7	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33

<b>Промежуточная аттестация в форме экзамена</b>		6	
<b>МДК.03.02 Эксплуатация установок для аддитивного производства</b>		204	
<b>Тема 1.1.</b> Выбор технологий аддитивного производства на основе технического задания	<b>Содержание учебного материала:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основания для выбора конкретных аддитивных технологий</li> <li>2. Характеристики вещества, используемого для создания моделей</li> <li>3. Размеры рабочей зоны для установления габаритов формируемого объекта</li> <li>4. Выбор аддитивной установки с учетом области использования будущих моделей</li> <li>5. Производители аддитивных установок различных типов</li> </ol>	13	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
<b>Тема 1.2</b> Эксплуатация 3D-принтера FDM-типа (расплавление пластиковой нити)	<b>Содержание учебного материала:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Применение в машиностроительном производстве</li> <li>2. Технические характеристики</li> <li>3. Технологические особенности печати</li> <li>4. Программное обеспечение принтера</li> <li>5. Настройка и калибровка</li> <li>6. Методы финишной обработки модели напечатанной на стереолитографическом 3D принтере</li> </ol>	13	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
	<b>Практические занятия</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подбор программного обеспечения для разработки модели</li> <li>2. Установка и настройка программного обеспечения на виртуальную машину</li> <li>3. Разработка модели высокой точности для печати на стереолитографическом 3D принтере</li> <li>4. Проверка модели в программном обеспечении на наличие дефектов</li> <li>5. Подготовка модели к печати</li> </ol>	20	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
<b>Тема 1.3</b> Эксплуатация фотополимерных аддитивных установок	<b>Содержание учебного материала</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Применение в машиностроительном производстве</li> <li>2. Технические характеристики</li> <li>3. Технологические особенности печати</li> <li>4. Программное обеспечение принтера</li> <li>5. Настройка и калибровка</li> <li>6. Методы финишной обработки изделия, созданного на фотополимерных аддитивных установках</li> <li>7. Установка и настройка программного обеспечения</li> </ol>	13	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
	<b>Практические занятия:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Настройка установки для создания изделия</li> <li>2. Проверка цифровой модели в программе на наличие дефектов</li> <li>3. Подготовка модели к печати</li> <li>4. Печать изделия</li> </ol>	19	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
<b>Промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета</b>			

<b>Тема 2.1</b> Эксплуатация установок лазерного спекания порошкового пластика	<b>Содержание учебного материала:</b> 1. Редактор материалов. Compact Material Editor. Slate Material Editor 2. Применение в машиностроительном производстве 3. Технические характеристики 4. Технологические особенности печати 5. Программное обеспечение принтера 6. Настройка и калибровка 7. Методы финишной обработки модели напечатанной на промышленной SLM установке EOSINT M 280	25	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
	<b>Практические занятия</b> 1. Выбор программного обеспечения для разработки модели 2. Установка и настройка программного обеспечения на виртуальную машину 3. Разработка модели полый металлической структуры высокой геометрической сложности для печати 4. Проверка модели в программном обеспечении на наличие дефектов 5. Подготовка модели к печати	14	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
<b>Тема 2.2</b> Системы автоматического проектирования (САПР) и форматы представления данных для прототипирования	<b>Содержание учебного материала:</b> 1. Применение в машиностроительном производстве 2. Технические характеристики 3. Технологические особенности печати 4. Программное обеспечение принтера 5. Настройка и калибровка 6. Методы финишной обработки модели напечатанной на 3D принтере	14	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
	<b>Практические занятия:</b> 1. Выбор программного обеспечения для разработки модели 2. Установка и настройка программного обеспечения на виртуальную машину 3. Разработка модели для печати на 3D принтере 4. Проверка модели на наличие в программном обеспечении дефектов 5. Подготовка модели к печати	25	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
Курсовое проектирование	<b>Тематика курсовых проектов</b> 1. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «поршень автомобиля». 2. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «Штуцер». 3. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «Ключ для гайки». 4. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «корпус телефона».		ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33

	<p>5. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «корпус для розетки».</p> <p>6. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «пружина».</p> <p>7. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «свеча зажигания».</p> <p>8. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «компьютерная мышь».</p> <p>9. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «шестерня редуктора».</p> <p>10. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «втулка».</p> <p>11. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «подшипник».</p> <p>12. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «вал шестерня».</p> <p>13. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «муфта».</p> <p>14. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «гайка».</p> <p>15. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «шайба-гравер».</p> <p>16. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «шайба рондоль».</p> <p>17. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «крепёжный уголок».</p> <p>18. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «винт зубр».</p> <p>19. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «шайба-гравер».</p> <p>20. Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования - «ступенчатый вал».</p>		
Промежуточная аттестация в форме экзамена	6		

<b>МДК.03.03</b> Методы финишной обработки и контроля качества готовых изделий		72	
<b>Тема 1.1.</b> Проверка соответствия готовых изделий техническому заданию	<b>Содержание учебного материала:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Задачи контроля изделия, полученного методом послойного синтеза</li> <li>2. Применяемый ручной измерительный инструмент: виды, способ применения</li> <li>3. Точность измерения, погрешность измерения</li> <li>4. Применение систем бесконтактной оцифровки для проверки соответствия готовых изделий техническому заданию</li> <li>5. Оптимальные методы контроля качества</li> <li>6. Предельные отклонения размеров по стандартам, технической документации;</li> <li>7. Методы измерения параметров и определения свойств материалов</li> <li>8. Способы обеспечения заданной точности и свойств при изготовлении деталей;</li> </ol>	7	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
	<b>Практические занятия</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. проверка соответствия готовых изделий техническому заданию</li> <li>2. с применением ручного измерительного инструмента</li> <li>3. с применением систем бесконтактной оцифровки</li> </ol>	3	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
<b>Тема 1.2</b> Финишная обработка изделий на фрезерных и токарных станках	<b>Содержание учебного материала:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Применение токарных и фрезерных станков с числовым программным управлением для финишной обработки изделий, полученных посредством аддитивных технологий</li> <li>2. Технологическое оборудование, станки, инструменты и оснастка для финишной обработки изделий;</li> <li>3. Оптимальный технологический цикл финишной обработки изделия;</li> </ol>	7	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
	<b>Практические занятия</b> Выполнения работ по доводке изделий, полученных посредством аддитивных технологий на фрезерных и токарных станках с ЧПУ	3	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
<b>Тема 1.3</b> Финишная обработка изделий на гидроабразивных установках,	<b>Содержание учебного материала</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Технические параметры, характеристики и особенности современных установок гидроабразивной обработки,</li> <li>2. Особенности и требования технологий последующей обработки деталей на гидроабразивных установках</li> <li>3. Приемы использования гидроабразивных установок для финишной обработки</li> </ol>	7	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
	<b>Практические занятия:</b> Выполнения работ по доводке изделий, полученных посредством аддитивных технологий на гидроабразивных установках	4	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
<b>Тема 1.4</b> Финишная обработка изделий на расточных станках и с	<b>Содержание учебного материала:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Технические параметры, характеристики и особенности современных координатно-расточных станков,</li> <li>2. Использование координатно-расточных станков для целей финишной обработки изделий, полученных на аддитивных установках</li> </ol>	7	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33

помощью ручного инструмента	<b>3. Ручные инструменты для финишной обработки, приемы работы</b>		
	<b>Практические занятия</b> 1. Анализ и подбор оборудования для реализации поставленного задания по обработке изделия 2. Выполнения работ по доводке и, в соответствии с техническим заданием с, гидроабразивных установок, расточных станков и ручного инструмента	3	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
Тема 1.5 Прочие технологии финишной обработки изделий, полученных посредством аддитивных технологий сканирования	<b>Содержание учебного материала:</b> 1. Прочие технологии финишной обработки изделий, полученных посредством аддитивных технологий: финишная полировка, химическая обработка, обработка лазером 2. Область применения, применяемые материалы, используемые установки, Приемы использования. 3. Охрана труда процесса финишной обработки изделий, полученных на аддитивных установках	8	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
	<b>Практические занятия:</b> 1. Установки и настройка SketchUp, Meshlab, Accutrans, Accutrans3D на виртуальную машину 2. Корректировка STL моделей полученных при 3D сканирование	4	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
Учебная практика УП.03.01	<b>Виды работ</b> 1. Создание технического задания для прототипа 3D принтера послойного наплавления 2. Моделирование деталей 3D принтера в программном обеспечении AutoCad 3. Моделирование деталей 3D принтера в программном обеспечении 3DS MAX 4. Исправление ошибок, полученных при 3D моделировании 5. Конвертирование полученных моделей в STL формат 6. Подготовка к печати 3D моделей 7. Печать моделей на 3D принтере 8. Ручная (финишная) обработка полученных моделей 9. Сборка 3D принтера из полученных моделей 10. Защита технического задания и созданного прототипа 3D принтера	144	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33
Производственная практика ПП.03.01	<b>Виды работ</b> 1. Изучение техники безопасности при работе с аддитивными установками на производстве 2. Изучение видов производственных 3D принтеров предприятия 3. Изучение программного обеспечения 3D принтеров 4. Печать на производственных 3D принтерах 5. Печать на предприятии 3D прототипа модели, соответствующего заданию руководителя практики 6. Изучение программного обеспечения калибровки на 3D принтере	180	ПК3.1, ПК.3.2, ПК.33

	7. Подготовка 3D прототипа и технической документации для защиты отчета по практике		
<b>Промежуточная аттестация в форме экзамена</b>		6	
<b>Всего:</b>		<b>780</b>	

### **3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ**

#### **3.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению**

Для реализации программы профессионального модуля должны быть предусмотрены следующие специальные помещения:

**Учебные аудитории**, оснащенные посадочными местами по количеству обучающихся; рабочим местом преподавателя, доской учебной, дидактическими пособиями; программным обеспечением; видеофильмами; техническими средствами: видеооборудование (мультимедийный проектор с экраном или телевизор, или интерактивная доска); экран, проектор

- Лаборатория «Бесконтактной оцифровки и технических средств информатизации создания цифровых моделей»
- Мастерские «Слесарная мастерская», «Участок аддитивных установок», «Участок механообработки»

#### **3.2. Информационное обеспечение реализации программы**

##### **3.2.1 Литература**

###### **Основная:**

1. Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / А. Л. Галиновский, Е. С. Голубев, Н. С. Коберник, А. С. Филимонов. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Юрайт, 2023. - 145 с. - (ЭБС Юрайт). - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/533898> (дата обращения: 10.01.2024).
2. Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / А. Л. Галиновский, Е. С. Голубев, Н. С. Коберник, А. С. Филимонов. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Юрайт, 2023. - 145 с. - (ЭБС Юрайт). - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/533898> (дата обращения: 10.01.2024).

###### **Дополнительная**

1. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учебник для СПО / - Электрон. текстовые дан. - Москва : Юрайт, 2023. - 351 с. - (ЭБС Юрайт). - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/518121> (дата обращения: 10.01.2024).

##### **3.2.2 Интернет-ресурсы:**

1. ЭБС Издательства «ЮРАЙТ»: <http://biblio-online.ru>
2. Электронная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ»: <http://library.voenmeh.ru>
3. ЭБС Издательства «ЛАНЬ»: <http://e.lanbook.com/>



#### **4. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

1. Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья (при наличии контингента) может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная работа, подразумевающая две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала, и углубленное изучение материала, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

2. Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в одной из форм, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине:

- С нарушением слуха: в печатной форме, в форме электронного документа;
- С нарушением зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом, в форме электронного документа;
- С нарушением опорно-двигательного аппарата: в печатной форме, в форме электронного документа;

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения: мультимедийное оборудование с возможностью экранного увеличения для студентов с нарушением зрения, источники питания для индивидуальных технических средств.

Используется программа невидимого доступа к информации IPRbooks WV Reader.

В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом ограничений их здоровья.

## 5. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

Контроль и оценка результатов освоения программы профессионального модуля ПМ.03 Разработка технологического процесса производства изделий с применением аддитивных технологий осуществляется преподавателем в процессе проведения самостоятельных работ, практических занятий, тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий, проектов, исследований

Результаты обучения	Критерии оценки	Методы оценки
<p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• выбирать технологию послойного синтеза в соответствии с решаемой производственной задачей, технологиями последующей обработки деталей и/или технологий дальнейшего использования синтезированных объектов;</li> <li>• выбирать материал для послойного синтеза и оптимальные параметры процесса в соответствии с решаемой производственной задачей, технологиями последующей обработки деталей и/или технологий дальнейшего использования синтезированных объектов;</li> <li>• подбирать технологическое оборудование, станку, инструменты и разрабатывать оснастку для финишной обработки изделий, полученных послойным синтезом;</li> <li>• определять оптимальный технологический цикл финишной обработки изделия;</li> <li>• определять оптимальные методы контроля качества;</li> <li>• проводить анализ отклонений готовых изделий от технического задания;</li> <li>• эффективно использовать материалы и оборудование;</li> <li>• заполнять маршрутно-технологическую документацию на эксплуатацию оборудования;</li> </ul> <p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• назначение и область применения существующих типов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Распознает задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;</li> <li>• Анализирует задачу и/или проблему и выделять её составные части;</li> <li>• Правильно выявляет и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;</li> <li>• Составляет план действия;</li> <li>• Определяет необходимые ресурсы;</li> <li>• Владеет актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;</li> <li>• Реализует составленный план;</li> <li>• Оценивает результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Экспертное наблюдение и оценивание выполнения индивидуальных и групповых заданий (в том числе в письменной форме)</li> <li>• Текущий контроль в форме беседы</li> <li>• Решение ситуационных задач</li> <li>• Устный опрос</li> <li>• Тестирование</li> <li>• Оценка выполнения практического задания</li> <li>• Подготовка и выступление с сообщением, докладом и/или презентацией</li> <li>• Подготовка реферата по темам дисциплины</li> </ul>

<p>аддитивных установок и используемые в них материалы;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● технические параметры, характеристики и особенности различных видов аддитивных установок;</li> <li>● особенности и требования технологий последующей обработки деталей на токарных и фрезерных станках с ЧПУ и установках гидроабразивной полировки;</li> <li>● особенности дальнейшего использования синтезированных объектов для литья в качестве выплавляемых или выжигаемых моделей, литейных форм и стержней;</li> <li>● технические параметры, характеристики и особенности современных токарных и фрезерных станков с ЧПУ, координатно-расточных станков, установок гидроабразивной обработки, ручных измерительных инструментов и систем бесконтактной оцифровки.</li> </ul>		
---	--	--

Форма итогового контроля по учебной дисциплине – МДК.03.01 Теоретические основы производства изделий с использованием аддитивных технологий – экзамен

Форма итогового контроля по учебной дисциплине – МДК.03.02 Эксплуатация установок для аддитивного производства – дифференцированный зачет в четвертом семестре, экзамен в пятом семестре

Форма итогового контроля по учебной дисциплине – МДК.03.03 Методы финишной обработки и контроля качества готовых изделий – экзамен

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПК 3.1. Разрабатывать маршрутный технологический процесс на участках аддитивного производства;

ПК 3.2. Проектировать операции аддитивного производства, генерировать и корректировать управляющие программы аддитивных установок;

ПК 3.3. Проводить анализ конструкторской документации с целью повышения технологичности применительно к аддитивным технологиям.

№	Вопрос	Ответ	Компетенция
1	Что такое модель объекта? <ul style="list-style-type: none"><li>● объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение всех свойств оригинала</li><li>● объект-оригинал, который обеспечивает изучение некоторых свойств</li><li>● объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала</li><li>● объект-оригинал, который обеспечивает изучение всех своих свойств</li></ul>	объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала	ПК.3.1
2	Что называется конечно-элементной моделью? <ul style="list-style-type: none"><li>● Материальное тело (в общем случае – область, занимаемая сплошной средой или полем)</li><li>● сетка из границ элементов<ul style="list-style-type: none"><li>● узловые точки</li></ul></li><li>● ансамбль из всех конечных элементов и узлов</li></ul>	ансамбль из всех конечных элементов и узлов	ПК.3.1
3	Что такое степени свободы элемента, модели? <ul style="list-style-type: none"><li>● конечное число независимых параметров, определяемых в узлах конечно-элементной сетки</li><li>● глобальная система координат</li><li>● локальная система координат</li><li>● конечно-элементная модель</li></ul>	конечное число независимых параметров, определяемых в узлах конечно-элементной сетки	ПК.3.1
4	Что представляют собой геометрические уравнения Коши? <ul style="list-style-type: none"><li>● дифференциальные зависимости перемещений от напряжений</li><li>● дифференциальные зависимости перемещений от деформаций</li><li>● дифференциальные зависимости деформаций от перемещений<ul style="list-style-type: none"><li>● все ответы неверны</li></ul></li></ul>	дифференциальные зависимости деформаций от перемещений	ПК.3.1
5	Все методы вычисления интегралов делятся на: <ul style="list-style-type: none"><li>● точные и приближенные</li><li>● прямые и итеративные</li><li>● прямые и косвенные</li><li>● аналитические и графические</li></ul>	точные и приближенные	ПК.3.1

6	<p>Этот метод является наиболее распространенным приемом решения систем линейных уравнений, алгоритм последовательного исключения неизвестных</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ведущий метод</li> <li>• метод Крамера</li> <li>• метод обратной матрицы</li> <li>• метод Гаусса</li> </ul>	метод Гаусса	ПК.3.2
7	<p>Однородность материала означает...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• постоянство свойств в каждой точке</li> <li>• постоянство свойств по направлениям</li> <li>• изменение свойств по единому закону</li> <li>• независимость свойств в каждой его точке</li> </ul>	постоянство свойств в каждой точке	ПК.3.2
8	<p>Размерность линейных деформаций?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Метры</li> <li>• Радианы</li> <li>• безразмерная величина</li> <li>• Джоули</li> </ul>	безразмерная величина	ПК.3.2
9	<p>Что представляют собой физические уравнения обобщенного закона Гука?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• алгебраические нелинейные зависимости между деформациями и напряжениями</li> <li>• дифференциальные линейные зависимости между деформациями и напряжениями</li> <li>• алгебраические линейные зависимости между деформациями и напряжениями</li> <li>• все неверны</li> </ul>	алгебраические линейные зависимости между деформациями и напряжениями	ПК.3.2
10	<p>Способность твердого тела сопротивляться внешним нагрузкам не разрушаясь называется...</p> <p>Жесткость прочность выносливость устойчивость</p>	прочность	ПК.3.2
11	<p>Если увеличить длину стержня в 2 раза, как изменится его жесткость?</p> <p>Никак увеличится в 2 раза уменьшится в 2 раза уменьшится в 4 раза</p>	уменьшится в 2 раза	ПК.3.3
12	<p>Чему равно минимально возможное число узлов стержневого конечного элемента?</p>	2	ПК.3.3
13	<p>Как учитывается распределенная нагрузка при решении задач о растяжении-сжатии стержня МКЭ?</p> <p>Никак равнодействующая от распределенной нагрузки, деленая на 2 переносится в ближайшие узлы</p>	распределенной нагрузки, деленая на 2 переносится в ближайшие узлы	ПК.3.3

	равнодействующая от распределенной нагрузки переносится в любой из ближайших узлов равнодействующая от распределенной нагрузки прикладывается в центре участка, на котором действует		
14	Рассматривается конечный элемент, работающий на растяжение-сжатие. Матрица жесткости такого элемента имеет вид... $[K] = [1 \ -1 \ -1 \ 1]$ $[K] = \frac{EF}{L} [1 \ -1 \ -1 \ 1]$ $[K] = \frac{EF}{L} [1 \ 1 \ 1 \ 1]$ $[K] = \frac{EF}{L^2} [1 \ -1 \ -1 \ 1]$	$[K] = \frac{EF}{L} [1 \ -1 \ -1 \ 1]$	ПК.3.3
15	Жесткость стержня, работающего на растяжение-сжатие, определяется по формуле: $k = \frac{EF}{L}$ $k = \frac{1}{EFL}$ $k = \frac{L}{EF}$ $k = \frac{EF}{L^2}$	$k = \frac{EF}{L}$	ПК.3.3