



Акционерное общество  
«Центр аддитивных технологий»

**ПРИКАЗ**

10.10.2023 № 174

**О внесении изменений  
в приказ № 128/1 от 14.07.2023 г.**

В целях организации и проведения образовательной деятельности по  
дополнительному профессиональному образованию,

**ПРИКАЗЫВАЮ:**

1. Внести изменения в п.1 (Приложение №1) Приказа № 128/1 от 14.07.2023 г.
2. Разместить обновлённую программу повышения квалификации в разделе «Обучение» на сайте <https://rt-3d.ru/>
3. Контроль за выполнением настоящего приказа возложить на руководителя учебного центра М.В. Данильченко.

Генеральный директор

В.О. Кочкуров



## **1. Общая характеристика программы**

### **1.1 Цель реализации программы**

Совершенствование профессиональных компетенций слушателя в области аддитивного производства. Ознакомление с мировым опытом по внедрению в изделия и технологические процессы передовых технологических процессов и материалов.

### **1.2 Планируемые результаты освоения программы**

В результате освоения программы слушатель должен приобрести следующие знания и умения, необходимые для формирования и/или совершенствования указанной компетенции:

1. Знать основные понятия, термины, структуру и свойства материалов аддитивного производства и методы их контроля;
2. Знать особенности и конструкцию оборудования аддитивного производства;
3. Уметь выбирать способ формирования детали методом аддитивных технологий, в зависимости от ее конструкции и условий эксплуатации.

### **1.3 Программа разработана на основе профессионального(ых) стандарта(ов) (квалификационных требований):**

Программа составлена с учетом элементов следующих профессиональных стандартов:

1) «Специалист по проектированию и конструированию авиационной техники» (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 21.10.2021 № 753н).

Программа повышения квалификации ориентирована на совершенствование следующих трудовых функций: «Организация проектных работ по разработке АТ» (код Н, уровень квалификации 7).

2) «Специалист по аддитивным технологиям» (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 5 октября 2020 года N 697н).

Программа повышения квалификации ориентирована на совершенствование следующих трудовых функций: «Разработка комплексных технологических процессов изготовления сложных изделий методами

аддитивных технологий» (код D, уровень квалификации 7).

#### **1.4 Требования к уровню подготовки поступающего на обучение:**

Инженерно-технические работники предприятий двигателестроительной, авиационной и ракетной промышленности, имеющие среднее профессиональное или высшее образование, студенты ВУЗов.

#### **1.5 Трудоёмкость обучения:**

Трудоёмкость программы - 72 часа.

Аудиторная нагрузка - 72 часа.

Форма обучения - очная

## 2 Содержание программы

### 2.1 Учебный план программы повышения квалификации «Аддитивные технологии в промышленности»

№ п/п	Наименование модулей	Общая трудоемкость, час.	Всего, ауд. час.	Аудиторные занятия, час.			Текущий контроль (шт.)			Промежуточная аттестация
				лекции	лаб. занятия	практические занятия, семинары	РК, РГР, Реф.	КР	КП	
1	Введение	2	2	2	0	0	0	0	0	0
2	Аддитивные технологии: основные понятия, термины, определения	6	6	6	0	0	0	0	0	0
3	Металлические материалы для аддитивного производства. Состав, структура, свойства	4	4	4	0	0	0	0	0	0
4	Подготовка данных для изготовления методами аддитивных технологий	30	30	8	0	22	0	0	0	0
5	Изготовление изделий	14	14	2	0	12	0	0	0	0

№ п/п	Наименование модулей	Общая трудоемкость, час.	Всего, ауд. час.	Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Текущий контроль (шт.)			Промежуточная аттестация
				лекции	лаб. занятия	практические занятия, семинары		РК, РГР, Реф.	КР	КП	
6	Постобработка изделий	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
7	Контроль изделий	8	8	4	0	4	0	0	0	0	0
8	Место аддитивного производства в промышленности	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
9	Итоговая аттестация	2	2	0	0	0	0	0	0	0	Зачет
	<b>Итого</b>	72	72	32	0	38	0	0	0	0	2

**2.2 Учебно-тематический план программы повышения квалификации  
«Аддитивные технологии в промышленности»**

№ п/п	Наименование модулей	Общая трудоемкость, час.	Всего, ауд. час.	Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Текущий контроль (шт.)			Промежуточная аттестация
				лекции	лаб. занятия	практические занятия, семинары		РК, РГР, Реф.	КР	КП	
<b>1</b>	<b>Введение</b>	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	Введение в аддитивные технологии. Экскурсия на производство АО ЦАТ	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
<b>2</b>	<b>Аддитивные технологии: основные понятия, термины, определения</b>	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0
	Краткий обзор технологий аддитивного производства. Области применения, текущее состояние и перспективы развития. Нормативная документация	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0

№ п/п	Наименование модулей	Общая трудоемкость, час.	Всего, ауд. час.	Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Текущий контроль (шт.)			Промежуточная аттестация
				лекции	лаб. занятия	практические занятия, семинары		РК, РГР, Реф.	КР	КП	
		2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	Номенклатура зарубежного и отечественного оборудования для аддитивного производства.	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	Разработка и выпуск технологической документации.	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
<b>3</b>	<b>Металлические материалы для аддитивного производства. Состав, структура, свойства</b>	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	Металлопорошковые композиции.	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	Технологические свойства. Методы и технологии получения.	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
<b>4</b>	<b>Подготовка данных для изготовления методами аддитивных технологий</b>	30	30	8	0	22	0	0	0	0	0



№ п/п	Наименование модулей	Общая трудоемкость, час.	Всего, ауд. час.	Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Текущий контроль (шт.)			Промежуточная аттестация
				лекции	лаб. занятия	практические занятия, семинары		РК, РГР, Реф.	КР	КП	
	Наименование модулей	Общая трудоемкость, час.	Всего, ауд. час.	лекции	лаб. занятия	практические занятия, семинары	СРС, час.	РК, РГР, Реф.	КР	КП	
	Основные особенности проектирования деталей. Основные особенности проектирования сборочных единиц. Технологические ограничения при изготовлении деталей и сборочных единиц.	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	Структура и свойства материалов, полученных методами аддитивных технологий. Характерные особенности изделий.	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	Обзор видов САПР, назначение, сравнение и применение. Аддитивные модули в различных САПР	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	Проектирование модели в ПО. Практикум. Примитивы	4	4	0	0	4	0	0	0	0	0

№ п/п	Наименование модулей	Общая трудоемкость, час.	Всего, ауд. час.	Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Текущий контроль (шт.)			Промежуточная аттестация
				лекции	лаб. занятия	практические занятия, семинары		РК, РГР, Реф.	КР	КП	
	Наименование модулей										
	Проектирование модели в ПО. Практикум. Сложная геометрия	4	4	0	0	4	0	0	0	0	0
	Выполнение самостоятельной работы в САПР	4	4	0	0	4	0	0	0	0	0
	Основные принципы реверсивного инжиниринга, его назначение и применение. Обзор программного обеспечения	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	Реверсивный инжиниринг простой модели в специализированном программном обеспечении	4	4	0	0	4	0	0	0	0	0
	Самостоятельное выполнение реверсивного инжиниринга заданной детали	6	6	0	0	6	0	0	0	0	0
<b>5</b>	<b>Изготовление изделий</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

№ п/п	Наименование модулей	Общая трудоемкость, час.	Всего, ауд. час.	Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Текущий контроль (шт.)			Промежуточная аттестация
				лекции	лаб. занятия	практические занятия, семинары		РК, РГР, Реф.	КР	КП	
	Технология FDM. Применение. Типовое устройство оборудования. Основные проблемы при печати.	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	Проектирование и подготовка модели к печати на FDM	6	6	0	0	4	0	0	0	0	0
	Расчёт усадок	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0
	Работа за аддитивной установкой	6	6	0	0	6	0	0	0	0	0
<b>6</b>	<b>Постобработка изделий</b>	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	Основные операции постобработки изделий.	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0

№ п/п	Наименование модулей	Общая трудоемкость, час.	Всего, ауд. час.	Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Текущий контроль (шт.)			Промежуточная аттестация
				лекции	лаб. занятия	практические занятия, семинары		РК, РГР, Реф.	КР	КП	
			2	2	0	0	0	0	0	0	
7	Термическая обработка заготовок деталей, применяемое оборудование и основные параметры процесса. <b>Контроль изделий</b>	8	8	4	0	4	0	0	0	0	
	Металлографические исследования, определение механических свойств. Неразрушающие методы контроля.	2	2	2	0	0	0	0	0	0	
	Контроль геометрических отклонений	4	4	0	0	4	0	0	0	0	
8	<b>Место аддитивного производства в промышленности</b>	2	2	2	0	0	0	0	0	0	

№ п/п	Наименование модулей	Общая трудоемкость, час.	Всего, ауд. час.	Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Текущий контроль (шт.)			Промежуточная аттестация
				лекции	лаб. занятия	практические занятия, семинары		РК, РГР, Реф.	КР	КП	
	Внедрение аддитивного производства в промышленную цепочку	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
<b>9</b>	<b>Итоговая аттестация</b>	2	2	0	0	0	0	0	0	0	Зачет
	<b>Итого</b>	72	72	32	0	38	0	0	0	0	2

■ ЦАТ

Акционерное общество  
«Центр аддитивных технологий»

## **2.3 Содержание модулей программы повышения квалификации «Аддитивные технологии в промышленности»**

### **Модуль 1. Введение**

**Тема 1.1.** Введение в аддитивные технологии. Экскурсия на производство АО «ЦАТ»

*Введение в аддитивные технологии*

**Модуль 2. Аддитивные технологии: основные понятия, термины, определения**

**Тема 2.1.** Краткий обзор технологий аддитивного производства. Области применения, текущее состояние и перспективы развития. Нормативная документация

*Виды технологий аддитивного производства*

**Тема 2.2.** Номенклатура зарубежного и отечественного оборудования для аддитивного производства.

*Оборудование для аддитивных технологий*

**Тема 2.3.** Разработка и выпуск технологической документации.

*Нормативная база при аддитивном производстве*

**Модуль 3. Металлические материалы для аддитивного производства. Состав, структура, свойства**

**Тема 3.1.** Металлопорошковые композиции.

*Сырье для аддитивного производства, технологии получения*

**Тема 3.2.** Технологические свойства. Методы и технологии получения.

*Конструкция, эксплуатация и обслуживание установок*

**Модуль 4. Подготовка данных для изготовления методами аддитивных технологий**

**Тема 4.1.** Основные особенности проектирования деталей. Основные особенности проектирования сборочных единиц. Технологические ограничения при изготовлении деталей и сборочных единиц.

*Методы и способы проектирования объектов для производства их аддитивным методом*

**Тема 4.2.** Структура и свойства материалов, полученных методами аддитивных технологий. Характерные особенности изделий.

*Свойства и сферы применения объектов, полученных аддитивным методом с использованием различных технологий и материалов*

**Тема 4.3.** Обзор видов САПР, назначение, сравнение и применение. Аддитивные модули в различных САПР

*Применение САПР в производстве, классификация и назначение*

**Тема 4.4.** Проектирование модели в ПО. Практикум. Примитивы  
*Проектирование примитивов в САПР*

**Тема 4.5.** Проектирование модели в ПО. Практикум. Сложная геометрия

*Использование логических операций, массивов*

**Тема 4.6.** Выполнение самостоятельной работы в САПР

*Построение в САПР сложной фрезерной детали на основе чертежа*

**Тема 4.7.** Основные принципы реверсивного инжиниринга, его назначение и применение. Обзор программного обеспечения

*Логика обратного проектирования, его применение в производстве*

**Тема 4.8.** Реверсивный инжиниринг простой модели в специализированном программном обеспечении

*Обратное проектирование с использованием геометрических примитивов*

**Тема 4.9.** Самостоятельное выполнение реверсивного инжиниринга заданной детали

*Обратное проектирование детали сложной формы на основе данных бесконтактной оцифровки*

## **Модуль 5. Изготовление изделий**

**Тема 5.1.** Технология FDM. Применение. Типовое устройство оборудования. Основные проблемы при печати.

*Экструзия материалов, сферы применения технологии. Экструзия пластиков, технология FDM*

**Тема 5.2.** Проектирование и подготовка модели к печати на FDM

*Особенности проектирования объектов для их печати методом экструзии материала*

**Тема 5.3.** Расчёт усадок

*Назначение и методики расчета усадок*

**Тема 5.4.** Работа за аддитивной установкой

*Печать на аддитивной установке, технология FDM*

## **Модуль 6. Постобработка изделий**

**Тема 6.1.** Основные операции постобработки изделий

*Перечень операций постобработки, необходимых после производства изделия аддитивным способом*

**Тема 6.2.** Термическая обработка заготовок деталей, применяемое оборудование и основные параметры процесса

*Методы и режимы термической обработки готового изделия*

## **Модуль 7. Контроль изделий**

**Тема 7.1.** Металлографические исследования, определение механических свойств

*Металлографические и прочностные исследования, перечень используемого оборудования*

**Тема 7.2.** Неразрушающие методы контроля

*Методы неразрушающего контроля, перечень используемого оборудования*

**Тема 7.3.** Контроль геометрических отклонений

*Томографические исследования. Контроль наружной геометрии*

## **Модуль 8. Место аддитивного производства в промышленности**



**Тема 8.1.** Внедрение аддитивного производства в промышленную цепочку

*Процесс внедрения аддитивного производства в промышленную цепочку*

**Итоговая аттестация**

*Собеседование по изученным темам*

## Перечень лекций

Номер темы	Наименование лекции	Трудоемкость, час.
1.1	Введение в аддитивные технологии. Экскурсия на производство АО «ЦАТ»	2
2.1	Краткий обзор технологий аддитивного производства. Области применения, текущее состояние и перспективы развития. Нормативная документация.	2
2.2	Номенклатура зарубежного и отечественного оборудования для аддитивного производства.	2
2.3	Разработка и выпуск технологической документации.	2
3.1	Металлопорошковые композиции. Технологические свойства.	2
3.2	Методы и технологии получения.	2
4.1	Основные особенности проектирования деталей. Основные особенности проектирования сборочных единиц. Технологические ограничения при изготовлении деталей и сборочных единиц.	2
4.2	Структура и свойства материалов, полученных методами аддитивных технологий. Характерные особенности изделий.	2
4.3	Обзор видов САПР, назначение, сравнение и применение. Аддитивные модули в различных САПР	2
4.7	Основные принципы реверсивного инжиниринга, его назначение и применение. Обзор программного обеспечения	2
5.1	Технология FDM. Применение. Типовое устройство оборудования. Основные проблемы при печати.	2
6.1	Основные операции постобработки изделий.	2
6.2	Термическая обработка заготовок деталей, применяемое оборудование и основные параметры процесса.	2
7.1	Металлографические исследования, определение механических свойств.	2
7.2	Неразрушающие методы контроля.	2
8.1	Внедрение аддитивного производства в промышленную цепочку	2

## Перечень практических занятий

Номер темы	Наименование практического занятия	Трудоемкость, час.
4.4	Проектирование модели в ПО. Практикум. Примитивы	4
4.5	Проектирование модели в ПО. Практикум. Сложная геометрия	4
4.6	Выполнение самостоятельной работы в САПР	4
4.8	Реверсивный инжиниринг простой модели в специализированном программном обеспечении	4
4.9	Самостоятельное выполнение реверсивного инжиниринга заданной детали	6
5.2	Проектирование и подготовка модели к печати на FDM	4
5.3	Расчёт усадок	2
5.4	Работа за аддитивной установкой	6
7.3	Контроль геометрических отклонений	4

## 2.4 Организационно-педагогические условия реализации программы повышения квалификации «Аддитивные технологии в промышленности»

### Материально-технические условия

Вид занятий	Вид учебного помещения	Среда обучения	Оборудование	Программное обеспечение
Лекция	Аудитория	Контактная работа	ПК, проектор, экран	Microsoft Office
Практическое занятие, семинар	Аудитория	Контактная работа	ПК, проектор, экран	Microsoft Office

### Учебно-методическое обеспечение программы

#### Литература:

1. Адриан П. Моуриц, Введение в аэрокосмические материалы, Woodhead Publishing Limited, 2012, ISBN 978-1-85573-946-8, ISBN 978-0-85709-515-2
2. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В.Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.
3. Валетов В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное пособие - Санкт-Петербург: СПб.: Университет ИТМО, 2015, 2015. - 63 с. - 100 экз.
4. F.C. Campbell, Технология производства для аэрокосмических структурных материалов, Первое издание, Elsevier Ltd., 2006, ISBN-13: 978-1-85-617495-4, ISBN-10: 1-85-617495-6
5. Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники: учебное пособие для вузов / А.Л. Галиновский, Е.С. Голубев, Н.В. Коберник, А.С. Филимонов; под общей редакцией А.Л. Галиновского. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 115 с. – (Высшее образование). – Текст: непосредственный.
6. Аддитивное производство: учебное пособие / Т.В. Тарасова. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 196 с. – (Высшее образование). – DOI 10.12737/textbook\_5c25c2b3a03f99.16774025.
7. Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б. Технологии аддитивного производства. Трёхмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство / М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. – 648 стр. ISBN 978-5-94836-447-6.

## Кадровое обеспечение программы

1. Аслаян Г.Г., ведущий специалист по обучению
2. Сухов С.С., специалист по обучению.

### 3 Оценка качества освоения программы

Оценка качества освоения программы осуществляется в виде зачета (собеседования) по основным разделам программы.

### 4 Календарный учебный график

Календарный месяц, в котором проводится обучение по программе	Срок проведения обучения по программе
Февраль - декабрь (по мере комплектования групп)	Срок освоения программы, включая итоговую аттестацию - 72 часа

#### Примечание

Календарный учебный график является примерным. Даты обучения будут определены в расписании занятий при наборе группы на обучение.

### 5. Руководитель и составители программы

Аслаян Г.Г., ведущий специалист по обучению;  
Сухов С.С., специалист по обучению.

## СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЙ (ВОПРОСОВ) ДЛЯ КОНТРОЛЯ

### **Вопросы для собеседования**

- 1) Что такое аддитивные технологии?
- 2) Виды оборудования для аддитивного производства.
- 3) Физические явления, происходящие в ходе процесса синтеза ДСЕ.
- 4) Оборудование селективного лазерного сплавления.
- 5) Оборудование селективного электронно-лучевого сплавления.
- 6) Оборудование прямого нанесения металла.
- 7) Оборудование для экструзии материала.
- 8) Сырье для аддитивного производства, технологии получения, контроль металлопорошковых композиций.
- 9) Металлографические исследования и исследования эксплуатационных характеристик.
- 10) Томографические исследования. Контроль наружной геометрии.
- 11) Физико-химические свойства металлических материалов для аддитивного производства.
- 12) Физико-химические и эксплуатационные свойства изделий из металлов.
- 13) Методы управления свойствами конечных изделий, технологии пост обработки.
- 14) Назначение и способы обратного проектирования.
- 15) Методы бесконтактной оцифровки.