

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 14.10.2026 15:10:00
Уникальный программный ключ:
488ddcd30399efca200d034e027f45455f6eb1b8

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



А.Г. Балашов

07 2026 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА -
ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
«АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ВВЕДЕНИЕ»
Объем 36 ак. ч.**

Программа разработана в Передовой инженерной школе
«Средства проектирования и производства
электронной компонентной базы»

Москва 2026 г.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Цель реализации программы

Цель программы – получение новых профессиональных компетенций в области аддитивных технологий, включая: их классификацию, принципы работы, особенности проектирования, технологические процессы изготовления и контроля изделий.

Программа направлена на качественное изменение профессиональных компетенций в рамках таких имеющихся квалификаций, как: инженер-конструктор, инженер-технолог, специалист по подготовке производства.

1.2. Характеристика профессиональной деятельности и (или) квалификации

Программа разработана совместно с высокотехнологичным предприятием-партнером в области аддитивных технологий – ООО «ОНСИНТ».

Область профессиональной деятельности: производство изделий методами аддитивных технологий.

Наименование вида экономической деятельности: деятельность в области обрабатывающих производств.

Угруппированная группа специальностей и направлений подготовки: 12.00.00 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии.

Квалификация: не присваивается.

Программа разработана с учетом требований профессионального стандарта 40.159 «Специалист по аддитивным технологиям» (утвержден Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 05.10.2020 г. № 697н).

1.3. Требования к результатам обучения

Перечень получаемых в процессе обучения по ППК новых компетенций:

Код и формулировка профессиональной компетенции	Трудовая функция в соответствии с профессиональным стандартом (40.159 Специалист по аддитивным технологиям)	
	наименование	код
Подготовка трехмерных электронных геометрических моделей деталей	Проектирование модели несложного изделия, изготавливаемого методами аддитивных технологий	В/01.5
Разработка управляющих программ для установок аддитивного производства	Постановка на производство методами аддитивных технологий несложных изделий	В/02.5
Проведение подготовительных мероприятий и контроль процесса изготовления изделий из порошковых и/или полимерных материалов	Выполнение несложных мероприятий по контролю технологий аддитивного производства	А/01.4

В результате освоения данной программы слушатель должен:

знать:

- основные технологии аддитивного производства, оборудование и сырье;
- особенности проектирования деталей под аддитивное производство;
- технологические ограничения и методы топологической оптимизации конструкций для выполнения изготовления при помощи аддитивных технологий;
- методы постобработки и контроля качества изделий.

уметь:

- проектировать детали с учетом аддитивных технологий;
- выполнять триангуляцию, исправление дефектов и слайсинг моделей;

- обосновывать выбор материала и технологии изготовления.

иметь практический опыт:

- подготовки электронных моделей к аддитивному производству;
- проведения несложных мероприятий по контролю технологических параметров перед запуском изготовления изделия по технологии аддитивной печати.

1.4. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимому для освоения программы

К освоению программы допускаются лица, имеющие высшее образование (ВО) или среднее профессиональное образование (СПО), а также лица, получающие высшее или среднее профессиональное образование (студенты старших курсов). Предпочтительными являются направления подготовки в области машиностроения, технологий материалов, аддитивных технологий, информатики и вычислительной техники, конструирования и технологии электронных средств.

Слушатель должен обладать базовыми навыками работы с персональным компьютером, знанием основ инженерной графики (в объеме программы СПО/ВО) и желательно — начальными навыками работы в CAD-системах.

1.5. Трудоемкость обучения

Нормативная трудоемкость обучения по данной программе – 36 ак.ч., включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

1.6. Форма обучения

Форма обучения: очная с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ).

1.7. Режим занятий

Занятия проводятся с отрывом от работы.

Максимальный объем учебной нагрузки слушателей составляет не более 54 академических часа в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной учебной нагрузки.

Максимальный объем аудиторной учебной нагрузки слушателей составляет в очной форме обучения 40 академических часов в неделю;

Продолжительность одного академического часа занятий - 40 минут.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план программы

№ п/ п	Наименование учебных дисциплин (модулей), тем	Всего, час	В том числе			Форма аттестации
			аудиторных		самостоя- тельная работа	
			лекции	практические и/или лабораторные занятия		
1.	Основы аддитивных технологий: понятия, термины, классификация	8	8	-	-	Тестиро- вание
2.	Проектирование для аддитивного производства: принципы и ограничения	18	4	12	2	Практи- ческое задание
3.	Производственный цикл аддитивной печати: от запуска до контроля	10	10	-	-	Тестиро- вание
	Итоговая аттестация	зачет				
	Всего	36	22	12	2	

2.2. Календарный учебный график

Учебные недели/дни																Номер последней учебной недели/дня
Наименование учебных дисциплин (модулей), практик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Основы аддитивных технологий: понятия, термины, классификация	А; ПА															1
Проектирование для аддитивного производства: принципы и ограничения	А	А; ПА														2
Производственный цикл аддитивной печати: от запуска до контроля		А	А; ПА													3
Итоговая аттестация			ИА													3

Условные обозначения:

А – аудиторное занятие (лекция, практическое занятие, самостоятельная работа); П – практика; ПА – промежуточная аттестация; ИА - итоговая аттестация

3. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ), ПРАКТИК/ СТАЖИРОВОК

3.1. Рабочая программа повышения квалификации «Аддитивные технологии: введение»

Тема 1 « <u>Основы аддитивных технологий: понятия, термины, классификация</u> »		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
1.1.	Обзор технологий аддитивного производства: классификация и область применения	2	с применением ДОТ
1.2.	Оборудование аддитивного производства: типы, устройство, производители	2	
1.3.	Материалы для аддитивного производства: получение, свойства, критерии выбора	2	
1.4.	Технологии постобработки: назначение, виды, применяемое оборудование	2	
Тема 2 « <u>Проектирование для аддитивного производства: принципы и ограничения</u> »		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
2.1.	Подготовка полигональных сеток и исправление дефектов электронных моделей	2	с применением ДОТ
2.2.	Слайсинг и верификация управляющих программ: базовые принципы	2	
Перечень лабораторных работ			
2.3.	Принципы проектирования для аддитивного производства (DfAM)	6	
2.4.	Технологические ограничения аддитивного производства: точность, усадка, поддержки	6	
Тема 3 « <u>Производственный цикл аддитивной печати: от запуска до контроля</u> »		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
3.1	Устройство установок и принципы работы основных технологий печати	2	с применением ДОТ
3.2	Подготовка управляющей программы и настройка задания на печать	2	
3.3	Подготовка установки к печати: калибровка, загрузка материала	2	
3.4	Режимы печати, мониторинг процесса и постобработка	2	
3.5	Методы контроля качества: от геометрии до микроструктуры	2	

4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

4.1. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование необходимого оборудования, программного обеспечения
Центр аддитивных технологий (ЦАТ), ауд. 4114 Допускается: компьютерный класс с мультимедийным комплексом и доступом в интернет	Лекция	ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, браузер, любое ПО со свободным доступом для проведения ВКС.
Центр аддитивных технологий (ЦАТ), ауд. 4114	Лабораторная работа	1) Система селективного лазерного сплавления Onsint AM150 и/или система селективного лазерного спекания Onsint SM200; 2) ПК с конфигурацией по следующим компонентам не хуже, чем: - Процессор AMD Ryzen 7 9700X, AM5, OEM; - Оперативная память Kingston Fury Beast KF560C30BBEK2-64 DDR5 - 2x 32ГБ 6000МГц, DIMM, Ret; - Видеокарта Palit NVIDIA GeForce RTX 5070TI PA-RTX5070Ti GAMINGPRO-S OC 16ГБ GDDR7, OC, Ret; 3) ПО для технологической подготовки задания на печать VoxelDance Additive (или аналог); 4) Технологическое ПО Onsint Studio для конвертации задания в машинный код.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Самостоятельная работа	ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, браузер, любое ПО со свободным доступом для проведения ВКС.

4.2. Учебно-методическое обеспечение программы

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК ДОП:

- ГОСТ Р 57558— 2025 Аддитивные технологии. Базовые принципы. Термины и определения [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1312097279> (дата обращения: 30.05.2026).

- Профессиональный стандарт 40.159 «Специалист по аддитивным технологиям» [Электронный ресурс] // КлассИнформ: сайт. – URL: <https://classinform.ru/profstandarty/40.159-spetcialist-po-additivnym-tekhnologiiam.html> (дата обращения: 30.05.2026).

Модуль 1 «Основы аддитивных технологий: понятия, термины, классификация»

- Описание Лекции №1.1;
- Описание Лекции №1.2;
- Описание Лекции №1.3;
- Описание Лекции №1.4.

Модуль 2 «Проектирование для аддитивного производства: принципы и ограничения»

- Описание Лекции №2.1;
- Описание Лекции №2.2;
- Описание лабораторной работы №2.3;
- Описание лабораторной работы №2.4.

Модуль 3 «Производственный цикл аддитивной печати: от запуска до контроля»

- Описание Лекции №3.1;
- Описание Лекции №3.2;
- Описание Лекции №3.3;
- Описание Лекции №3.4;
- Описание Лекции №3.5.

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Оценка качества освоения ППК включает промежуточную аттестацию по дисциплинам (модулям), практикам/стажировкам и итоговую аттестацию обучающихся в виде зачета.

5.1. Фонды оценочных средств для итоговой аттестации

5.1.1. Теоретические вопросы

Ниже приведены примеры теоретических вопросов и критериев их оценки:

1) Согласно ГОСТ Р 57558-2025 (ISO/ASTM 52900:2015), какой процесс аддитивного производства определяется как «процесс, в котором энергия от внешнего источника используется для избирательного спекания/сплавления предварительно нанесенного слоя порошкового материала»?

Варианты ответов:

- A) Экструзия материала (material extrusion)
- B) Струйное нанесение связующего (binder jetting)
- C) Синтез на подложке (powder bed fusion)
- D) Фотополимеризация в ванне (vat photopolymerization)

2) Какая технология аддитивного производства характеризуется послойным осаждением разогретой полимерной нити через экструзионную головку и относится к процессу «экструзия материала» (material extrusion)?

Варианты ответов:

- A) SLA
- B) SLS
- C) SLM
- D) FDM

3) Для какой технологии аддитивного производства характерно **отсутствие необходимости в поддерживающих структурах (support structures)** при изготовлении деталей благодаря тому, что несележавший порошок сам служит естественной поддержкой?

Варианты ответов:

- A) FDM
- B) SLA
- C) SLS
- D) Binder Jetting

4) Какая из перечисленных ниже установок аддитивного производства в качестве основного компонента содержит ракуль (raker) для распределения тонкого слоя порошка с платформы подачи на платформу печати?

Варианты ответов:

- A) FDM-принтер
- B) SLA-принтер
- C) Установка SLS/SLM
- D) Струйный принтер (material jetting)

5) Для какой технологии аддитивного производства лазерная система имеет мощность 200–1000Вт, а рабочая камера заполняется инертным газом (аргоном) для создания защитной атмосферы?

Варианты ответов:

- A) SLS (лазерное спекание полимерных порошков)
- B) FDM
- C) SLA
- D) SLM (лазерное сплавление металлических порошков)

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Даны ответы на вопросы	Соответствие ответа на задание эталону правильного ответа	Не менее четырех правильных ответов	5
		Не менее двух правильных ответов	3
		Один правильный ответ	2
		Менее одного правильного ответа	0
Суммарный балл по показателю			0;2;3;5

5.1.2. Практические задания (пример)

Задание.

Самостоятельно выполните полный цикл подготовки STL-модели к печати с использованием слайсера VoxelDance Additive, при этом необходимо выполнить следующие требования:

- материал: порошок металлический AlSiMg(RS-300);
- размер детали 100x100 мм;
- режим генерации поддержек – «Automatic Support» (обычная сетка);
- стандартный коэффициент усадки;
- толщина слоя 30 мкм (0,03 мм).

После выполнения задания необходимо для отчета предоставить:

1) Build-файл (в формате .slc или .bui).

2) Скриншоты (в одном файле или архиве):

-Рис. 1. Главное окно VoxelDance Additive с выбранной платформой.

-Рис. 2. Модель с автоматически сгенерированными поддержками (вид снизу).

-Рис. 3. Диалоговое окно масштабирования с введенными коэффициентами.

-Рис. 4. Окно слайсинга с толщиной слоя 30 мкм.

-Рис. 5. Сравнение трёх типов поддержек (спички, микс, деревья) — три отдельных скриншота.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Выполненное практическое задание	Правильность импорта и ориентации	Модель размещена в центре платформы	1
	Корректная генерация поддержек	Поддержки созданы автоматически, визуально без нарушений	1
	Верный коэффициент усадки	Для металла — 1,0	1
	Успешный слайсинг и экспорт	Build-файл создан, есть контуры и заливка	1
	Полнота отчетности	Приложены все требуемые скриншоты	1
Суммарный балл по показателю			5

5.1.3. Критерии оценивания

Дополнительная профессиональная программа - программа повышения квалификации считается полностью освоенной, если слушатель по итогам всей процедуры итоговой аттестации получил не менее 5 баллов из 10. При этом должно выполняться условие: минимум 2 балла должно быть получено за выполнение тестирования и минимум 3 балла за выполнение практического задания.

Разработчики программы:

Доцент НМСТ



Лавренов В.А.

Доцент НМСТ



Разживалов П.Н.

Согласовано:

Директор ИДСВО



И.В. Дарда

Руководитель направления «Технологии и специальное технологическое оборудование»



А.В. Щагин

Директор Института НМСТ



С.П. Тимошенко

Генеральный директор ООО «ОНСИНТ»



В.В. Дубовцев