

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ  
«МУРМАНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»**

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. директора  
ГАПОУ МО «МИК»  
Семенова С.А.  
приказ №893 от 05.07.2021г.



**Дополнительная профессиональная программа  
повышения квалификации  
«Аддитивные технологии в машиностроении»**

г. Мурманск, 2021

Рассмотрена на заседании

методической комиссии

сварки и металлообработки

Протокол № 9 от «28» июня 2021 г.

Руководитель Олькин В.А./

Разработчик: ГАПОУ МО «МИК»

## **1. Цели и задачи реализации программы**

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации направлена на получение компетенции, необходимой для выполнения нового вида профессиональной деятельности, связанной с особенностями проектирования изделий для производства с помощью аддитивных технологий, применяемых на различных стадиях жизненного цикла изделия, а также реализации технологических приемов послойного построения моделей изделий различного отраслевого назначения путем фиксации слоев модельного материала и их последовательного соединения между собой разными способами в зависимости от нюансов конкретной технологии.

Целью программы является повышение квалификации специалистов в сфере инженерного проектирования и других заинтересованных лиц.

Задачи:

- ознакомление и разъяснение процессов создания деталей аддитивным способом производства.
- консультирование по особенностям настройки установок аддитивного производства.
- создание трехмерных деталей по чертежам, и управляющих программ для изготовления на установках аддитивного производства.
- изучение процессов жизненного цикла детали, и работа по созданию цифровой модели детали.

## **2. Требования к результатам обучения. Планируемые результаты освоения программы.**

2.1. В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество;

- способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей;
- основные принципы работы аддитивных установок, основы настроек оборудования;
- виды аддитивных установок и методы их работы.

## 2.2 Обучающийся должен уметь

- применять средства бесконтактной оцифровки для целей компьютерного проектирования, входного и выходного контроля;
- создавать и корректировать средствами компьютерного проектирования цифровые трехмерные модели изделий;
- организовывать и вести технологический процесс на установках для аддитивного производства;
- контролировать правильность функционирования установки, регулировать её элементы, корректировать программируемые параметры;
- проводить доводку и финишную обработку изделий, созданных на установках для аддитивного производства;
- подбирать параметры аддитивного технологического процесса и разрабатывать оптимальные режимы производства изделий на основе технического задания (компьютерной/цифровой модели);
- диагностировать неисправности установок для аддитивного производства.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать способностью применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в аддитивном производстве, выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления их изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий.

### **3. Содержание программы**

Категория слушателей: педагогические работники сторонних образовательных организаций, сотрудники производств, выполняющие работу в сфере аддитивного производства и другие.

Трудоемкость обучения: 108 академических часов.

Форма обучения: очная с использованием дистанционных образовательных технологий и электронного обучения.

#### **3.1. Учебный план**

№	Наименование модулей	Всего, ак.час.	В том числе			В том числе в дистанц. форме	
			лекц.	практ. занятия	промеж. и итог.конт роль	лекц.	практ. занят ия
1	2	3	4	5	6	7	
1	Аддитивные технологии. Этапы процесса аддитивного производства. Техническое обслуживание и настройка оборудования.	16	12	2	2	12	2
2	Изготовление деталей на аддитивных установках.	50	10	38	2	10	16
3	Создание цифровых моделей на различных этапах жизненного цикла детали для аддитивного производства.	38	16	20	2	10	10
4.	Итоговая аттестация	4			4		
ИТОГО:		108	38	60	10	32	28

#### **3.2. Календарный учебный график (порядок модулей)**

Период обучения (дни, недели)*	Наименование раздела, модуля
1 неделя	Аддитивные технологии. Этапы процесса аддитивного производства. Техническое обслуживание и настройка оборудования.
2 неделя	Изготовление деталей на аддитивных установках.
3 неделя	Создание цифровых моделей на различных этапах жизненного цикла детали для аддитивного производства.
Точный порядок реализации разделов, модулей (дисциплин) обучения определяется в расписании занятий	

### **3.3 Содержание учебной программы:**

**Модуль 1. Аддитивные технологии. Этапы процесса аддитивного производства.**

**Техническое обслуживание и настройка оборудования.**

В результате освоения модуля обучающийся должен знать:

- операционные системы компьютера, предназначенные для использования и управления компьютерными программами и файлами;
- механические системы и их технические возможности аддитивных установок;
- этапы и методы организации аддитивного производства.

В результате освоения модуля обучающийся должен уметь:

- выполнять индивидуальную настройку оборудования.
- выполнять основные правила техники безопасности и охраны труда.

#### **Темы:**

1. Техника безопасности и охрана труда, для работы с аддитивными установками.
2. Виды аддитивных установок. (лекция)
3. 3D принтеры- классификация и применение на производстве. (лекция)
4. Сравнительные характеристики классического и аддитивного производства. (учебная практика).
5. 3D сканеры, классификация и назначение. (лекция)
6. Основные параметры настройки сканерного оборудования. (лекция)
7. Перспективы применения аддитивного и смешенного производства (лекция)
8. Промежуточный контроль в форме теста.

Пример контрольно-оценочных средств по модулю

Тест№1. Тема охрана труда и техника безопасности.

#### **Вопрос № 1.**

Воздействие каких опасных и вредных производственных факторов возможно на работающих с компьютером:

- a. Ионизирующие и неионизирующие излучения видеотерминалов;
- b. Поражение электрическим током при работе на оборудовании без защитного заземления, а также со снятой задней крышкой видеотерминала;

- c. Зрительное утомление, а также неблагоприятное воздействие на зрение мерцаний символов и фона при неустойчивой работе видеотерминала, нечётком изображении на экране;
- d. Все ответы верны.

Вопрос № 2.

Является ли наличие медицинской аптечки первой помощи необходимым условием при работе в помещениях с компьютерами?

- a. Нет. Для этого есть медицинский кабинет;
- b. Да. Это необходимое условия при работе с компьютером в образовательном учреждении;
- c. По желанию работника;
- d. Да, но только при условии, что в учреждении не медицинского кабинета.

Вопрос № 3.

Пользователь компьютера обязаны соблюдать правила пожарной безопасности. По нормам пожарной безопасности помещение с компьютерами должно быть оснащено:

- a. Автоматической системой пожарной сигнализации;
- b. Порошковым огнетушителем;
- c. Углекислотным огнетушителем;
- d. Двумя углекислотными огнетушителями и автоматической системой пожарной сигнализации.

Вопрос № 4.

Площадь на одно рабочее место пользователей компьютера на базе электронно-лучевой трубы должна быть не менее:

- a. 3 кв. метров;
- b. 4 кв. метров;
- c. 5 кв. метров;
- d. 6 кв. метров.

Вопрос № 5.

Площадь на одно рабочее место пользователей компьютера с жидкокристаллическим/плазменным экраном должна быть не менее:

- a. 4 кв. метров;
- b. 4,5 кв. метров;
- c. 5 кв. метров;
- d. 6,5 кв. метров.

Вопрос № 6.

Освещённость рабочих мест на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть:

- a. 300-500 лк;
- b. 350-550 лк;
- c. 400-600 лк;
- d. 450-650 лк.

Вопрос № 7.

Освещённость поверхности экранов компьютеров не должна быть более:

- a. 100 лк;
- b. 200 лк;
- c. 300 лк;
- d. 400 лк.

Вопрос № 8.

При работающем ПК расстояние от глаз до экрана должно быть:

- a. 30-40 см;
- b. 40-50 см;
- c. 50-60 см;
- d. 60-70 см.

Вопрос № 9.

Продолжительность непрерывной работы с компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать:

- a. 30 мин;
- b. 45 мин;
- c. 60 минут;
- d. 90 минут.

Вопрос № 10.

После каждого часа работы на компьютере необходимо проводить:

- a. Влажную уборку помещения;
- b. Проветривание помещения;
- c. Отключение компьютера;
- d. Нет правильного ответа.

Ключ к тесту.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d	b	d	d	b	c	d	b	c	b

### Тест №2. Технические возможности аддитивных установок.

1. Аддитивные технологии - это:

Правильный ответ: Процесс объединения материала с целью создания объекта из данных 3D-модели

2. В каком формате должна быть сохранена модель для печати?

Правильный ответ: STL

3. Какую толщину стенки можно напечатать при диаметре экструдера 0.4 мм?

Правильные ответы: 0,4 мм, 0,8 мм

4. Как скорость печати влияет на качество печати?

Правильный ответ: Чем медленнее, тем качественнее

5. Какой минимальный угол возможен для построения моделей без применения поддержек

Правильный ответ: 45 градусов

6. Какой максимальной длины «мост» можно напечатать не теряя в качестве?

Правильный ответ: 50 мм

7. Какие материалы хорошо подходят для печати визуальных макетов?

Правильные ответы: PLA, PET-G

8. Технологию LOM лучше всего использовать для изготовления...

Правильные ответы: Масок, Дизайн-макетов

9. Прямая подача металла характерна для следующей технологии 3D-печати:

Правильный ответ: DMD

10. Можно ли с одного компьютера управлять пятью и более настольными 3D-принтерами?

Правильный ответ: Да

## Модуль 2. Изготовление деталей на аддитивных установках.

В результате освоения модуля обучающийся должен знать:

- принципы разработки трехмерных деталей;
- ограничения в программах для проектирования;
- организацию работы с STL файлами;
- модели аддитивных установок и их основные назначения.

В результате освоения модуля обучающийся должен уметь:

- использовать графопостроители и 3D-принтеры для подготовки печатных материалов;
- сохранить модели, чтобы получить доступ для их дальнейшего использования;
- интерпретировать исходную информацию и точно применять ее к моделям, произведенным компьютером;
- выполнять подготовку и настройку аддитивных установок перед работой.
- изготавливать трехмерные модели в соответствии с заданными требованиями.
- проводить постобработку изготовленных моделей.

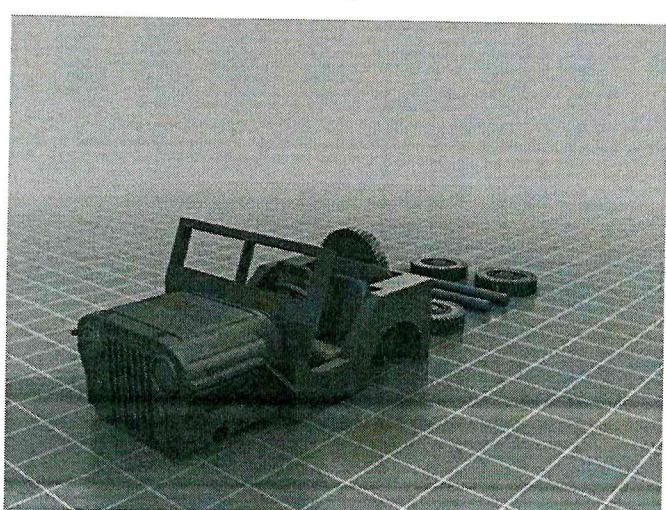
### Темы:

1. Чтение и оформление чертежей (лекция)
2. Основы трехмерного проектирования (учебная практика)
3. Создание трехмерных деталей (учебная практика)
4. Подготовка трехмерных моделей к печати. (учебная практика)
5. Программы подготовки трехмерных моделей, классификация слайсеров.  
(лекция)
6. Настройка слайсеров. Подготовка оптимальных настроек. (учебная практика)
7. Способы организации работы аддитивных установок. (лекция)
8. Виды сопло и их основные характеристики 3D принтеров. (лекция)
9. Диагностика неполадок 3D принтеров (учебная практика)
10. Каталоги запасных частей и элементов аддитивных установок (лекция)

11. Печать подложки детали (учебная практика)
12. Печать прямоугольной детали (учебная практика)
13. Печать угловой детали, без применения поддержек. (учебная практика)
14. Печать сложной детали с применением поддержек. (учебная практика)
15. Печать сборной детали. (учебная практика)
16. Вычисление особенностей просадок различных материалов. (учебная практика)
17. Варианты постобработок различных изделий. (учебная практика)
18. Предварительная резка детали. (учебная практика)
19. Механическая постобработка деталей (учебная практика)
20. Химическая постобработка деталей. (учебная практика)
21. Реализация проекта: подготовка модели готового изделия. (учебная практика)
22. Реализация проекта: настройка оборудования и подготовка к печати. (учебная практика)
23. Реализация проекта: печать деталей (учебная практика)
24. Реализация проекта: постобработка и сборка конечного продукта. (учебная практика)
25. Промежуточный контроль в форме практической работы. (учебная практика)

Пример контрольно-оценочных средств по модулю)

Промежуточный контроль в форме практической работы включает в себя защиту индивидуального проекта.



**Модуль 3.** Создание цифровых моделей на различных этапах жизненного цикла детали для аддитивного производства.

В результате освоения модуля обучающийся должен знать:

- принципы создания цифровых трехмерных моделей.
- аспекты настройки сканерного оборудования стационарного и мобильного
- калибровка сканерного оборудования
- области применения данного вида аддитивных установок.

В результате освоения модуля обучающийся должен уметь:

- рассчитывать значение всех недостающих размеров и получать их путем оцифровки.
- сохранить оцифрованные изображения, чтобы получить доступ для их дальнейшего использования;
- интерпретировать исходную информацию и точно применять ее к цифровым моделям.
- применять свойства материалов, взятые из информации с исходного чертежа;
- создавать спецификации на изделия;
- создавать трехмерные цифровые модели различной сложности.

#### **Темы:**

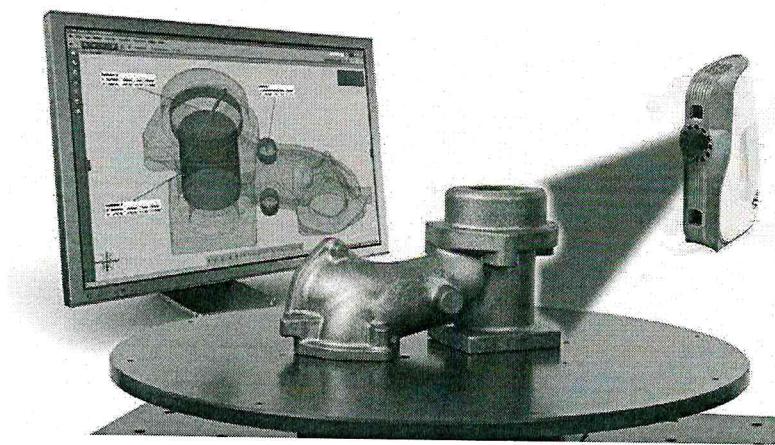
1. Виды сканерного оборудования. (лекция)
2. Выполнение базовых настроек и сборки сканерного оборудования (лекция)
3. Подготовительные этапы работы со сканерным оборудованием. (лекция)
4. Области применения сканерного оборудования. (лекция)
5. Виды программного обеспечения для полноценной работы со сканерным оборудованием. (лекция)
6. Работа в программах подготовки работы сканерного оборудования (лекция)
7. Выполнение настроек и подготовка к работе сканерного оборудования.  
(лекция)
8. Калибровка сканерного оборудования. (лекция)
9. Подготовка деталей к сканированию. (учебная практика)
10. Выполнение сканирования простых деталей. (учебная практика)

11. Работа с полученной цифровой моделью, подготовка ее к дальнейшей работе. (учебная практика)
12. Сканирование технически сложных деталей. (учебная практика)
13. Работа с полученной цифровой моделью, подготовка ее к дальнейшей работе. (учебная практика)
14. Калибровка переносного 3D сканера. (учебная практика)
15. Создание цифровой модели ручным сканером. (учебная практика)
16. Работа с цифровой моделью созданной ручным сканером. (учебная практика)
17. Реализация проекта: оцифровка модели детали на различных этапах технологического цикла. (учебная практика)
18. Реализация проекта: работа с цифровыми моделями детали на различных этапах технологического цикла. (учебная практика)

Промежуточный контроль в форме практической работы.

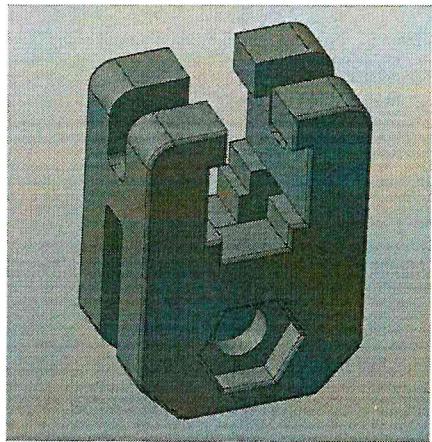
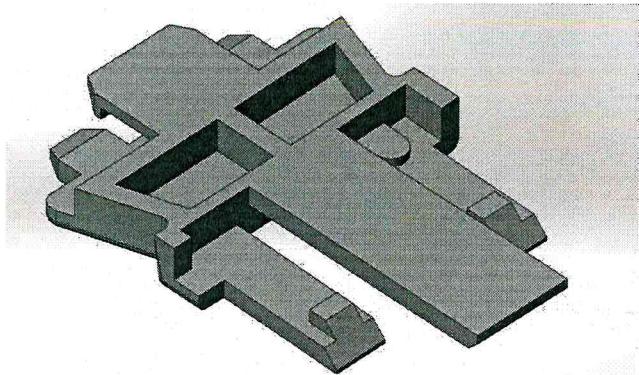
Пример контрольно-оценочных средств по модулю

Промежуточный контроль в форме практической работы включает в себя защиту проекта работы с деталями на различных этапах технологического цикла.



Итоговая аттестация проходит в форме практической работы в ходе которой обучающийся должен выполнить оцифровку готового изделия и изготовить ее на 3D принтере. Оценивается качество полученной цифровой модели и размеры готовой детали.

Примеры деталей для итоговой аттестации:



## 4. Материально-технические условия реализации программы

### 4.1 Кадровое обеспечение реализации программы.

Образовательный процесс по программе обеспечивается педагогическими кадрами, имеющими среднее специальное или высшее образование, соответствующее профилю программы или опыт деятельности в соответствующей профессиональной сфере и систематически занимающимися научно-методической деятельностью.

### 4.2 Материально-техническое обеспечение программы

Наименование помещения	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория	Лекции	Проектор. Персональный компьютер. Столы и стулья, маркерная доска.
Мастерская по компетенции «Реверсивный инжиниринг»	Практические работы	Компьютеры и мониторы (процессор x86-64, 3.0 ГГц /DDR-3 16 GB/HDD , видеокарта с 8 ГБ памяти (позволяющая подключить 2 монитора). Проектор. Столы и кресло офисные. Программное обеспечение Autodesk Inventor Professional 2021
Мастерская по компетенции «Изготовление прототипов»	Практические работы	Компьютеры и мониторы (процессор x86-64, 3.0 ГГц /DDR-3 16 GB/HDD , видеокарта с 8 ГБ памяти (позволяющая подключить 2 монитора). Проектор. Столы и кресла офисные. 3d принтеры закрытого и открытого типа, фрезерные станки.

### 4.3 Учебно-методическое обеспечение программы

1. Шишковский И.В. Основы аддитивных технологий высокого

разрешения. Из-во Питер, СПб, 2016, 400 с

2. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении: учебное пособие. СПб.: Издательство СПб государственного политехнического университета, 2013.- 222 с.

3. Валетов, В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное пособие.-СПб. : НИУ ИТМО, 2015. - 63 с

4. Грибовский, А.А. Геометрическое моделирование в аддитивном производстве. Учебное пособие.- СПб. : НИУ ИТМО, 2015. - 49 с.

5. Антонова В.С., Осовская И.И. Аддитивные технологии: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2017.-30 с.

6. Комаров Владимир 3D печать. Моделирование методом наплавки (FDM) / электронное методическое пособие / Публикуется под лицензией GNU GPL v3 СПБ 2019 год.

7. Зленко, Михаил Александрович. Аддитивные технологии в машиностроении [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов по направлению подготовки магистров «Технологические машины и оборудование» / М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. — Электрон, текстовые дан. (1 файл: 9,39 Мб). — Санкт-Петербург, 2013. — Загл. с титул, экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Свободный доступ из сети Интернет (чтение, печать, копирование). — Текстовый документ <URL :<http://elib.spbstu.ru/dl/2/3548.pdf>.

8. Конкурсная документация по компетенции «Аддитивное производство» и «Создание прототипов» Worldskills Russia.

## **5. Оценка качества освоения программы.**

Промежуточная аттестация по программе предназначена для оценки результатов освоения слушателем отдельных тем программы и проводится в форме теста и практических работ в формате защиты проектов. По результатам промежуточных испытаний, выставляются отметки по пятибалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

Итоговая аттестация по программе предполагается в форме комплексного задания. Для оценки результатов освоения слушателем всей программы проводится занятие в форме выполнения на практике всех видов изученных работ, а именно сканирование модели, работа с полученной цифровой моделью и печать конечного изделия.

По результатам выполнения индивидуальных заданий, выставляются отметки по пятибалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).