

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»
(ПНИПУ)**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности



[Signature] /А.Б.Петроченков
25 » *мая* 20 *22* г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ

**«Цифровые технологии моделирования и изготовления
художественных изделий»**

КВАЛИФИКАЦИЯ

**«Специалист в области цифровых технологий и проектирования
изготовления художественных изделий в машиностроении»**

Пермь 2022

1. Общая характеристика программы

1.1. Цель реализации программы

Программа направлена на развитие компетенций в области моделирования, дизайна и последующего изготовления художественных изделий гражданского и промышленного назначения.

Рассматриваются вопросы топологической оптимизации и бионического дизайна сложнопрофильных изделий. Изучаются основы материаловедения и новых перспективных материалов.

Приобретаются практические навыки в разработке и реализации технологического процесса получения художественных изделий с применением технологий быстрого прототипирования и литья по вплавляемым моделям.

В ходе практических занятий по моделированию будут получены навыки построения и оптимизации трехмерных моделей изделий под их последующие изготовление с применением технологий быстрого прототипирования из жидких фотополимерных материалов, FDM и SLM печати.

Навыки моделирования литейных процессов в системе САПР ProCast позволит обеспечить изготовление художественных элементов промышленного и гражданского назначения с применением технологии литья по выплавляемым моделям.

1.2. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимому для освоения программы (категория слушателей)

Обучение бакалавров старших курсов/ магистров. Программа предусматривает обучение студентов и магистров не только по направлению машиностроение. Данный курс имеет прикладной характер для обучающихся в области дизайна и графики, архитектуры и других специальностей.

1.3. Перечень нормативных документов, определяющих требования к выпускнику программы

Образовательные стандарты:

- Приказ Министерства образования и науки РФ от 3 сентября 2015 г. N 957 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение (уровень бакалавриата)"

Профессиональные стандарты:

- «Специалист по инжинирингу машиностроительного производства» утвержденный Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 01.03.2017 № 218н.
- «Специалист по технологиям материалообработывающего производства» утвержденный Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 08.09.2014 № 615н.
- «Специалист по технологиям механообработывающего производства в машиностроении» утвержденный Приказом Министерства труда РФ от 13.03.2017 № 274н.

1.4. Характеристика новой квалификации

Квалификация «Цифровые технологии моделирования и изготовления художественных изделий» дает ее обладателю право выполнять следующие трудовые функции:

- Использовать принципы и методы моделирования технологических процессов литейного производства в программном продукте ProCast для участия в работах по доводке и освоению технологических процессов при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий выпускаемой продукции
- Проводить основные этапы топологической оптимизации и создавать образы ювелирных изделий на основе методов бионического проектирования.
- Проводить металлографический анализ сталей и сплавов; методов измерения размеров зерна; классификации сталей, основные виды предварительной термической обработки, режимов их проведения и происходящих при этом фазовых или структурных превращений;
использовать знания о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов; исследования коррозионной износостойкости
- Использовать принципы проектирования сложных технологических объектов для последующей их реализации в работах по освоению SLM технологических процессов

1.5. Характеристика нового вида профессиональной деятельности. Область профессиональной деятельности

- Образование и наука в сфере машиностроительного производства.
- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности **Объекты профессиональной деятельности**
- «Машиностроение» (бакалавриат)
- «Технологические машины и оборудование» (бакалавриат)
- «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (бакалавриат)
- «Машиностроение»

Виды профессиональной деятельности

- Консультационный;
- Проектный;
- Научно-исследовательский.

Задачи профессиональной деятельности

- Контроль соблюдения технологической дисциплины при изготовлении изделий; - Организация метрологического обеспечения технологических процессов, использование типовых методов контроля качества выпускаемой продукции;
- Анализ результатов производственной деятельности, подготовка и ведение технической, технологической и эксплуатационной документации;
- Изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований в области машиностроительного производства; проведение экспериментов по заданным методикам, обработка и анализ результатов; - Участие в

работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения.

1.6. Планируемые результаты обучения Перечень формируемых компетенций:

- Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умение контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий (ПК-1);
- Способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, умение осваивать вводимое оборудование (ПК-2);
- Способен выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения (ПК-3);
 - Способен проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования (ПК -4);
 - Способен применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении (ПК-5).
 - Способен применять языки программирования (в т.ч. скрипты) для решения профессиональных задач под контролем более опытных специалистов (ПК-6).

1.7. Трудоемкость обучения

Трудоемкость обучения составляет 250 часов за весь период обучения и включает все виды аудиторной и самостоятельной работы слушателя, а также время, отводимое на контроль качества освоения программы.

1.8. Форма обучения

Обучение по ДПП профессиональной переподготовки осуществляется в формате очного смешанного обучения (аудиторное и онлайн обучение с использованием дистанционных образовательных технологий) без отрыва от производства.

1.9. Документ, выдаваемый по результатам освоения программы

Слушателям, завершившим обучение по ДПП профессиональной переподготовки и успешно прошедшим итоговую аттестацию, выдается диплом о профессиональной переподготовке установленного в ПНИПУ образца. Данный диплом свидетельствует о присвоении квалификации «Цифровые технологии моделирования и изготовления художественных изделий в машиностроении» и предоставляет право на ведение профессиональной деятельности в сфере цифровых технологий моделирования и изготовления художественных изделий.

2. Содержание программы

2.1. Учебный план программы профессиональной переподготовки

Наименование модулей	Общая трудоемкость, час.	Всего, ауд. час.	Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	из них с использованием дистанционных технологий, час		Промежуточная аттестация	
			Л	ЛР	ПЗ		Л	ПЗ	Зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.Применение цифровых технологий в изготовлении художественных изделий	12	12	10	-	2	-	-	-	Т	-
2.Бионический дизайн	20	20	4	16	-	-	4	-	Т	-
3. Основы моделирования технологических процессов литья	44	44	5	-	39	-	-	-	Т	-
4.Функциональные материалы в современной промышленности	20	20	4	-	16	-	-	-	Т	-
5. Основы аддитивного производства-технология SLM	142	142	8	-	134	-	-	-	Т	-
6.Основы координатных измерений	10	10	4	-	6	-	-	-	Т	-
Итоговая аттестация	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-
Итого	250	250	31	16	197	-	4	-	2	-

Примечание: СРС – самостоятельная работа слушателя, Л – лекции, ПЗ – практические занятия, ЛР – лабораторная работа

2.2. Учебно-тематический план программы профессиональной переподготовки

№	Наименование модулей и тем	Трудоемкость, час	Аудиторные занятия, час.		из них с использованием дистанционных технологий, час.		ЛР	Формы аттестации
			Л	ПЗ	Л	ПЗ		
1.	Применение цифровых технологий в изготовлении художественных изделий	12	10	2	-	-	-	Т
1.1	Введение в цифровые технологии	7	5	2	-	-	-	-
1.2	Общие сведения о развитии технологии SLM	5	5	-	-	-	-	Т
2	Бионический дизайн	20	-	-	4		16	Т
2.1	Методы бионического дизайна	10	-	-	2	-	8	-
2.2	Генерация уникальных образов методами бионического проектирования	10	-	-	2	-	8	-
3	Основы моделирования технологических процессов литья	44	10	34	-	-	-	Т
3.1	Введение в литейные технологии	10	10	-	-	-	-	-
3.2	Получение литых заготовок из алюминиевых сплавов в стержневых формах	10	-	10	-	-	-	-
3.3	Перевод полученной модели в формат IGES, анализ средствами модуля MeshCast программного комплекса ProCast и построение поверхностной сетки (однородной или неоднородной).	24	-	24	-	-	-	-
4	Функциональные материалы в современной промышленности	20	4	16	-	-	-	Т
4.1	Физико-механические свойства металлов и сплавов	10	4	6	-	-	-	-
4.2	Исследования структурнофазового и	10	-	10	-	-	-	-

	химического состава металлов и сплавов							
5	Основы аддитивного производства- технология SLM (модуль)	142	12	130	-	-	-	Т
5.1	Применение аддитивных технологий в современном машиностроении	12	12	-	-	-	-	-
5.2	Основы создания и корректировки 3D моделей деталей машин и механизмов для работы на установках селективного лазерного плавления	43	-	43	-	-	-	-
5.3	Основы эксплуатации и управления SLM оборудованием	43	-	43	-	-	-	-
5.4	Отработка технологических режимов выращивания изделий на SLM оборудовании	44	-	44	-	-	-	-
6	Основы координатного измерения	10	4	6	-	-	-	Т
6.1	Виды КИМ. Основы координатных измерений	4	4	-	-	-	-	-
6.2	Изучение программного обеспечения Calypso	2	-	2	-	-	-	-
6.3	Калибровка измерительных систем и подготовка КИМ к работе	4	-	4	-	-	-	-
Итоговая аттестация		2	-	-	-	-	-	2
Итого		250	35	193	4	-	16	2

2.3. Календарный учебный график

Наименование учебного модуля	Объем аудиторной нагрузки, час.	Учебные недели																	
		1-3	3-6	6-9	9-12	12-16	16-18	18-20	20-22	22-25	25-27	27-29	29-31	31-33	33-34	34-35	35-36	36-38	38-40
1. Применение цифровых технологий в изготовлении художественных изделий	12	12																	
<i>Входной ассесмент</i>																			

2. Бионический дизайн	20		12	8														
3. Основы моделирования технологических процессов литья	44			4	15	15	10											
<i>Промежуточный ассесмент</i>							+											
4. Функциональные материалы в современной промышленности	20						5	15										
5. Основы аддитивного производства-технология SLM	142								15	15	15	15	15	15	15	15	15	7
6. Основы координатных измерений	10																	10
<i>Итоговый ассесмент</i>																		+
Итоговая аттестация	2																	2
Итого	250																	

2.3. Таблица соответствия содержания результатам обучения

Наименование учебного модуля	Формируемые компетенции
Применение цифровых технологий в изготовлении художественных изделий	ПК-4, ПК-2
Бионический дизайн	ПК-2, ПК-12
Основы моделирования технологических процессов литья	ПК-1, ПК-3
Функциональные материалы в современной промышленности	ПК-1, ПК-2, ПК-18
Основы аддитивного производства-технология SLM	ПК-1, ПК-2
Основы координатных измерений	ПК-19, ПК-1, ПК-2

2.4. Рабочие программы разделов, дисциплин (модулей)

Модуль 1. Применение цифровых технологий в изготовлении художественных изделий

Целью освоения дисциплины является ознакомление с основными принципами и методами цифровых технологий в изготовлении художественных изделий

Организационный модуль предназначен для повышения знаний, умений и навыков, позволяющих повысить уровень по разработке и внедрению в производство современных технологических процессов литейного производства в программном комплексе ProCast и способность моделировать и проектировать технологию изготовления деталей методом SLM.

В процессе изучения данного модуля, обучающийся совершенствует следующие компетенции:

- Способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности (ПК-4);
- Способность участвовать в работах по освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции (ПК-2).

В процессе изучения данного модуля, обучающийся совершенствует следующие компетенции:

ЗНАТЬ:

-Принципы и методы моделирования технологических процессов литейного производства

- Принципы проектирования технологических объектов аддитивного производства
- Методы проектирования технологических объектов для аддитивного производства

при помощи специализированных программных комплексов. **УМЕТЬ:**

- Использовать принципы и методы моделирования технологических процессов литейного производства в программном продукте ProCast для участия в работах по доводке и освоению технологических процессов при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий выпускаемой продукции

- Использовать методы проектирования технологических объектов для последующей их реализации в работах по освоению SLM технологических процессов;
- Проектировать поддержки к деталям и назначать режимы SLM построения детали. Лекций – 5 часов, лабораторные работы – 5 часов, итоговый зачет – 2 часа.

Тема 1.1 Введение в цифровые технологии

Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины.

Лекции – 5 ч

Перечень практических (семинарских) занятий

Номер темы	Наименование практических занятий
1	Проектирование 3D модели детали на основе конструкторского чертежа. (1 час)
2	Установка параметров процессов литья в среде модуля ProCast программного комплекса ProCast (1 час)

Практические занятия – 2 ч

Тема 1.2 Общие сведения о развитии технологии SLM.

История развития SLM технологий и общие сведения. Области применения. Ограничения по применению. История развития технологий быстрого прототипирования из

жидких фотополимеров и общие сведения, области применения, ограничения по применению, применяемые материалы. Лекции – 5 часов.

Организационно-педагогические условия реализации модуля

Организационный модуль проводится в форме лекционных и практических занятий. Лекционные занятия проводятся в виде презентаций с видеоматериалом. Практические занятия проходят на оборудовании Realaser SLM-50, LENS 850-R (OPTOMEC), Envisiontec Perfactory XEDE(Envisiontec) и ПК IntelCore 17 3500 МГц, в программном комплексе ProCast.

Учебно-методическое обеспечение программы

Тема 1.1

1. Титов Н. Д., Степанов Ю. А. Технологий литейного производства. М., «Машиностроение», 1974, 472 с. Тема 1.2

1.М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М.Довбыш. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров.

Модуль 2. Бионический дизайн

Целью освоения дисциплины является ознакомление с основными принципами и основами методов бионического дизайна.

Организационный модуль предназначен для повышения знаний, умений и навыков, позволяющих повысить уровень по разработке и методологии применения методов бионического проектирования и топологической оптимизации для генерации новых образов ювелирных изделий.

В процессе изучения данного модуля, обучающийся совершенствует следующие компетенции:

- способностью разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств (ПК-12)
- умением обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов (ПК-2).
- способность проектирования и создавать новые ювелирные изделия.

После окончания обучения по данной программе слушатель должен:

ЗНАТЬ:

- основные методы топологической оптимизации
- принципы применения бионического проектирования в ювелирном деле.

УМЕТЬ:

- проводить основные этапы топологической оптимизации
- создавать образы ювелирных изделий на основе методов бионического проектирования. Лекций – 4 часа, лабораторные работы – 14 часов, итоговый зачет – 2 часа.

Тема 2.1 Методы бионического дизайна

Методы изготовления изделий сложной формы. Методы проектирования изделий: оптимизация параметров, оптимизация формы, оптимизация топологии. Методы бионического дизайна (топологической оптимизации). Примеры применения методов топологической оптимизации к решению прикладных задач. Лекции – 2 ч.

Номер темы	Наименование лабораторных работ
1	Создание CAD-моделей в среде ANSYS SpaceClaim. Методы доработки геометрии, способы обнаружения и устранения ошибок. Работа с STLгеометрией, доработка STL (2 часа)
2	Основной инструментарий топологической оптимизации в пакете ANSYS. Оценка эксплуатационных свойств новых изделий. Прочностной анализ. (2 часа)
3	Топологическая оптимизация с учетом ограничений. Учет технологических ограничений. Учет конструкционных ограничений. Многовариантное нагружение.(2 часа).

Лабораторные работы – 6 ч.

Тема 2.2 Генерация уникальных образов методами бионического проектирования

Методология применения методов бионического проектирования и топологической оптимизации для генерации новых образов ювелирных изделий. Лекции – 2 ч.

Номер темы	Наименование лабораторных работ
1	Практикум по созданию уникального образа ювелирного изделия методами бионического проектирования и топологической оптимизации. Изделие в трехмерном сплошном исполнении. (4 часа)
2	Практикум по созданию уникальных ячеистых пространственных образов ювелирного изделия методами бионического проектирования и топологической оптимизации. (2 часа)
3	Практикум по представлению визуальных образов уникальных изделий с целью формирования рекламных и презентационных материалов.(4 часа).

Лабораторные работы – 10 ч.

Организационно-педагогические условия реализации модуля

Организационный модуль проводится в форме лекционных и лабораторных работ. Лекционные занятия проводятся в виде презентаций с видеоматериалом. Лабораторные занятия проходят на ПК IntelCore 17 3500 МГц, мультимедийный проектор, экран.

Учебно-методическое обеспечение программы

Тема 2.1

1. Юрьев, А. Г. Оптимизация топологии и геометрии конструкций : монография / А. Г. Юрьев.

— Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2018. — 97 с. — ISBN 978-5-361-00608-3. — Текст : электронный // Электроннобиблиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92274.html>

(дата обращения: 12.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Саблина, Н. А. Компьютерная графика в профессиональном обучении дизайнеров : учебное пособие / Н. А. Саблина. — Липецк : Липецкий ГПУ, 2020. — 86 с. — ISBN 978-5-907168-688. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156076> (дата обращения: 12.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Тема 2.2

1. Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014- . – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru/>. – Загл. с экрана.

2. Слушателям модуля «Бионический дизайн» выдаются презентационные и методические материалы в электронном виде, включая методические указания выполнению лабораторных работ.

Модуль 3. Основы моделирования технологических процессов литья

Целью освоения дисциплины является ознакомление с основными принципами и методами моделирования технологических процессов литейного производства.

Организационный модуль предназначен для повышения знаний, умений и навыков, позволяющих повысить уровень по разработке и внедрению в производство современных технологических процессов литейного производства в программном комплексе ProCast.

В процессе изучения данного модуля, обучающийся совершенствует следующие компетенции:

- способность к системному изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки (ПК-1);
- способность участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции (ПК-3).

В результате освоения программы слушатель должен приобрести следующие знания и умения 6 уровня (Приказ Минтруда РОССИИ №148н от 12 апреля 2013 г."Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов") После окончания обучения по данной программе слушатель должен:

ЗНАТЬ:

-принципы и методы моделирования технологических процессов литейного производства.

УМЕТЬ:

- использовать принципы и методы моделирования технологических процессов литейного производства в программном продукте ProCast для участия в работах по доводке и освоению технологических процессов при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий выпускаемой продукции

Лекций – 10 часов, практические занятия – 33 часов, итоговый зачет – 1 час.

Тема 3.1 Введение в литейные технологии

Принцип действия. Технологические процессы в машиностроении. Лекции – 10 ч

Тема 3.2 Получение литых заготовок из алюминиевых сплавов в стержневых формах с использованием 3D моделирования.

Номер темы	Наименование практических занятий
1	Проектирование 3D модели отливки на основе литейно-модельных указаний. (5 часов)
2	Проектирование 3D модели литниково-питающей системы на основе литейномодельных указаний. Проектирование 3D модели литейной формы на основе литейно-модельных указаний. (5 часов)

Практические занятия – 10 ч

Тема 3.3. Перевод полученной модели в формат IGES, анализ средствами модуля MeshCast программного комплекса ProCast и построение поверхностной сетки (однородной или неоднородной).

Номер темы	Наименование практических занятий
1	Объединение полученных поверхностных сеток в сборку средствами модуля MeshCast программного комплекса ProCast. Построение объемной сетки формы и отливки с литниково-питающей системы. (12 часов)
2	Постановка полученных данных на расчет в модуле ProCast. Анализ полученных данных. (12 часов)

Практические занятия – 24 ч

Организационно-педагогические условия реализации модуля

Организационный модуль проводится в форме лекционных и практических занятий. Лекционные занятия проводятся в виде презентаций с видеоматериалом. Практические занятия проходят на ПК IntelCore 17 3500 МГц, в программном комплексе ProCast.

Учебно-методическое обеспечение программы

Тема 2.1

1. Титов Н. Д., Степанов Ю. А. Технологий литейного производства. М., «Машиностроение», 1974, 472 с.

Тема 2.2

1. Учебное пособие MeshCAST, 2007 Тема

2.3

1. Учебное пособие ProCAST, 2007

Модуль 4. Функциональные материалы в современной промышленности

Программа повышения квалификации специалистов предназначена для повышения профессионального уровня в области разработки, внедрения и корректировки управляющих программ при эксплуатации современного металлорежущего оборудовании.

В результате освоения данной программы, обучающийся совершенствует следующие компетенции:

- способность обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, умение осваивать вводимое оборудование (ПК-1);
- способность выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения (ПК-2);
- умение применять методы стандартных испытаний по определению физикомеханических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий (ПК-18)
- способность применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении (ПК-4).

В результате освоения программы слушатель должен приобрести следующие знания и умения, необходимые для совершенствования компетенций: **ЗНАТЬ:**

- основные методы и процессы определения характеристик механических свойств;
- закономерности упрочнения, деформации и разрушения твердого тела;
- структуру и свойства микро- и наноматериалов;
- основные типы неорганических и органических материалов различного назначения;
- виды износа; виды коррозии и способов борьбы с ней;
- методы упрочнения и восстановления изношенных поверхностей деталей.

УМЕТЬ:

- определять и рассчитывать характеристики твердости, прочности, пластичности и ударной вязкости;
- проводить фрактографический анализ сталей и сплавов;
- осуществлять технологический процесс термической обработки сталей и сплавов;
- проводить металлографический анализ сталей и сплавов; методов измерения размеров зерна; классификации сталей, основные виды предварительной термической обработки, режимов их проведения и происходящих при этом фазовых или структурных превращений; использовать знания о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов; исследования коррозионной износостойкости; Лекций – 4 часа, практические занятия – 14 часов, итоговый зачет – 2 часа.

4.1 Физико-механические свойства металлов и сплавов.

Разрушение, деформация, упрочнение. Определение твердости по Бринеллю (ГОСТ 9012), Роквеллу (ГОСТ 9013). Определение микротвердости. Проведение фрактографического анализа. Признаки хрупкого, вязкого и усталостного разрушения. Выявление очага разрушения. Концентраторы напряжений. Дефекты. Определение видов излома.

Лекции – 4 часа

Перечень практических (семинарских) занятий

Номер темы	Наименование практических занятий
1	Испытания на растяжение по ГОСТ 1497. Анализ диаграмм растяжения. Определение характеристик прочности и пластичности по ГОСТ 1497. Определение ударной вязкости по ГОСТ 9454. Определение трещиностойкости. Измерение твердости. (3 часа)
2	Измерение микротвердости. Определение характеристик прочности и пластичности. Твердомер «Ergotest DIG1 25» для определения твердости по Бринеллю, Роквеллу и динамический микротвердомер DUN-211S для определения микротвердости по Виккерсу, Мартенсу. (3 часа)

Практические занятия – 6 ч

4.2 Исследования структурно-фазового и химического состава металлов и сплавов

Перечень практических (семинарских) занятий

Номер темы	Наименование практических занятий

1	Приготовление микрошлифов. Особенности травления углеродистых и легированных сталей. Выбор травителя. Измерение размера зерна стали. Исследование количественного фазового состава металлографическими методами. Программное обеспечение для исследования микроструктуры. Исследование микроструктуры сталей и сплавов. Измерение размера зерна сплавов. Термомеханический анализатор/дилатометр «SetsysEvolution 24» с температурой до 2400 °С.(4 часа)
2	Рентгено-фазовый анализ, спектральный анализ, энергодисперсионный анализ, рамановская спектроскопия. Рентгено-фазовый анализ сплавов. Спектральный анализ сплавов. Металлографический комплекс включающий оптические микроскопы «Neophot-31», «МЕТАМ-ЛВ» с системой цифрового анализа изображений «Video Test. (4 часа)

Практические занятия – 8 ч.

Организационно-педагогические условия реализации программы

Программа повышения квалификации специалистов проводится в форме лекционных и практических занятий. Лекционные занятия проводятся в виде презентаций с видеоматериалом. Практические занятия проходят в лабораториях кафедры МТКМ.

Учебно-методическое обеспечение программы

Тема 4.1

1.Материаловедение. Применение и выбор материалов : учебное пособие для вузов / Ю. П. Солнцев, Е. И. Борзенко, С. А. Вологжанина ; Санкт- Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий .— Санкт-Петербург : Химиздат, 2007 196 с.

2.Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов : конспект лекций : учебно е по со бие для вузо в / С. А. Оглезнева [и др.] ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет .— Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2013 171

с.,

Тема 4.2

1. Экспертиза качества и разрушений : учебное пособие для вузов / В. П. Вылежнев, С. С. Югай ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет .— Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012 .— 329 с.,

2. Материаловедение : учебное пособие для вузов / Н.Н. Митрохович. С.С. Югай ; Пермский государственный технический университет .— 3-е изд.. перераб. и доп .— Пермь : Изд-во ПГТУ, 2006 .— 1 13 с.

Модуль 5. Основы аддитивного производства- технология SLM

Образовательный модуль предназначен для повышения имеющейся квалификации специалистов. Выпускник познакомится с основами и методами технологии твердотельного параметрического моделирования аддитивного производства и технологией SLM и будет способен моделировать и проектировать технологию изготовления деталей методом SLM.

В процессе изучения данного модуля, слушатель совершенствует следующие компетенции:

- способность участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции (ПК-1);

- способность участвовать в работах по освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции (ПК-2).

В результате освоения модуля слушатель должен приобрести следующие знания и умения, необходимые для совершенствования компетенций:

ЗНАТЬ:

- принципы проектирования технологических объектов аддитивного производства;

- методы проектирования технологических объектов для аддитивного производства при помощи специализированных программных комплексов;

- методы анализа схемы построения деталей и добавления к ним поддержек.

УМЕТЬ:

- использовать принципы проектирования сложных технологических объектов для последующей их реализации в работах по освоению SLM технологических процессов;

- использовать методы проектирования технологических объектов для последующей их реализации в работах по освоению SLM технологических процессов;

- проектировать поддержки к деталям и назначать режимы SLM построения детали.

Лекций – 10 часов, практические занятия – 138 часов, итоговый зачет – 2 часа.

5.1 Применение аддитивных технологий в современном машиностроении

История развития технологий лазерной наплавки Lens и общие сведения. Области применения. Ограничения по применению. Применяемые материалы. Лекции –12 ч.

5.2 Основы создания и корректировки 3D моделей деталей машин и механизмов для работы на установках селективного лазерного плавления

Номер темы	Наименование практических занятий
1	Процесс создания цельных трехмерных объектов практически любой геометрической формы на основе цифровой модели. (6,5 часов)
2	Различные режимы отображения (С тенями, Триангулированный, Каркасный, С прозрачностью), который можно применить к конкретной детали: подсветку ошибок, возможность выполнять сложные сечения деталей, предварительный просмотр слоев. Magics содержит инструменты для анализа и измерений, чтобы убедиться в качестве деталей. Есть возможность формировать отчеты и PDF-файлы 3D-моделей (8 часов)
3	Характеристика дефектов и назначение способов их устранения по технологическому критерию. Сопутствующая технологическая документация. Выбор способа устранения дефекта. Проектирование и расчёт приспособлений, их классификация. (10 часов)

4	При составлении модели отражают отдельные стороны функционирования системы, т.е. то специфичное, что направлено на решение поставленной целевой установки общей задачи системного анализа. Сходство двух объектов с точки зрения выполнения каких-либо функций, целей или задач позволяет утверждать, что между ними существует отношение оригинала и модели. В задачах системного исследования первоочередной интерес представляет сходство поведения модели и объекта, выраженное на каком-либо формальном языке и изучаемое путем преобразований соответствующих формул или высказываний. (10 часов)
5	Изучить зависимость геометрических характеристик от параметров СЛП: изучить стратегию сканирования; определить зависимости точности воспроизведения формы и размеров при изготовлении деталей от их геометрии. (8,5 часов)

Практические занятия – 43 ч

5.3 Основы эксплуатации и управления SLM оборудованием

Номер темы	Наименование практических занятий
1	Устройство для нанесения и выравнивания слоя порошка снимает слой порошка с питателя и равномерным слоем распределяет его по поверхности подложки. После чего лазерный луч сканирует поверхность данного слоя порошка и путем оплавления или спекания формирует изделие. По окончании сканирования порошкового слоя платформа с изготавливаемым изделием опускается на толщину наносимого слоя, а платформа с порошком поднимается, и процесс нанесения слоя порошка и сканирования повторяется. После завершения процесса платформа с изделием поднимается и очищается от неиспользованного порошка. (15 часов)
2	Нанесение слоя порошка заданной толщины (20-100 мкм) на плиту построения, закрепленную на подогреваемой платформе построения; сканирование лучом лазера сечения слоя изделия; опускание платформы вглубь колодца построения на величину, соответствующую толщине слоя построения. (15 часов)
3	Комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности производственного оборудования при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировке. (15 часов)

Практические занятия – 45 ч

5.4 Отработка технологических режимов выращивания изделий на SLM оборудовании

Номер темы	Наименование практических занятий
1	Загрузка 3D модели детали и создание разработка управляющей программы Для выгрузки твердотельной геометрии в отдельный файл существует две команды: Создать и Выгрузить. Команды доступны из контекстного меню при выборе любой операции в 3D окне или окне 3D Модель. После вызова команды Выгрузить система предлагает выбрать тип связи с Деталью. Выбор осуществляется в диалоге, который появляется автоматически. В поле Имя

	можно указать имя выгружаемого файла. В поле Папка можно указать директорию для хранения файла. (15 часов)
2	Форматы 3D моделей в аддитивном производстве. Подготовка и обработка моделей для последующего выращивания на 3D принтерах. Основы работы и импортирования моделей в программный комплекс Magics, устранение дефектов моделирования. Создание поддержек и управление параметрами построения моделей. Подготовка и импортирование 3D моделей на установки селективного лазерного плавления (15 часов)
3	Изучение основных узлов оборудования селективного лазерного плавления. Изучение порошковых материалов для работы на Realaser SLM-50 оборудовании. Обслуживание оборудования селективного лазерного плавления. Устранение неисправностей оборудования селективного лазерного плавления. Загрузка 3D модели детали и создание разработка управляющей. Отработка режимов и изготовление опытных образцов. (16 часов)

Практические занятия – 46 ч

Организационно-педагогические условия реализации модуля

Организационный модуль проводится в форме лекционных и практических занятий. Лекционные занятия проводятся в виде презентаций с видеоматериалом. Практические занятия проходят на оборудовании Realaser SLM-50, LENS 850-R (OPTOMEC), Envisiontec Perfactory XEDE(Envisiontec).

Учебно-методическое обеспечение программы

Тема 5.1

1. Безобразов Ю.А. и др. Анализ структуры образцов, полученных DMLS- и SLM-методами быстрого прототипирования. СПбГПУ.

2. Осокин Е. Н. Процессы порошковой металлургии. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: курс лекций / Е. Н. Осокин, О. А. Артемьева. – Электрон. дан. (5 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. Тема 5.2

1.М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М.Довбыш. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров. Тема 5.3

1. Шабров Н.Н. Реальные достижения виртуальной реальности // Rational Enterprise Management. – 2011. – № 2. – С. 46-48.

Тема 5.4

2. Дорошенко В.А., Чудайкин А.И., Юдин В.А. Модульные производственно-технологические комплексы для мелко- и среднесерийного многономенклатурного производства / Литейное производство. №2, 2012.

Модуль 6. Основы координатного измерения

Подготовка квалифицированных специалистов по разработке, внедрению и корректировке программ контроля при эксплуатации современных координатноизмерительных машин (КИМ).

Программа курсов повышения квалификации специалистов предназначена для повышения знаний, навыков и умений, позволяющих повысить уровень по разработке и внедрению в производство современных технологий контроля.

В процессе изучения данного курса, обучающийся совершенствует следующие компетенции:

- способность обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, умение осваивать вводимое оборудование (ПК-1);

- умение выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения (ПК-2);

- способность к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию

типовых методов контроля качества выпускаемой продукции (ПК-19);

В результате освоения программы слушатель должен приобрести следующие знания и умения 6 уровня (Приказ Минтруда РОССИИ №148н от 12 апреля 2013 г. "Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов") После окончания курсов по данной программе слушатель должен **ЗНАТЬ:**

- Современные методы контроля.
- Виды координатно-измерительного оборудования.
- Особенности разработки плана контроля.
- Понятия «допуск формы и расположения поверхностей». - Виды неисправностей.

УМЕТЬ:

- выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов.
- Организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования. - Базировать детали.
- Настраивать и калибровать измерительные системы.
- Разрабатывать автоматизированный план контроля. Лекций – 4 часа, практические занятия – 4 часов, итоговый зачет – 2 часа.

6.1 Виды КИМ. Основы координатных измерений

Знакомство с современными КИМ оборудованием (контактные КИМ, оптические КИМ)
Лекции – 4 ч.

6.2 Изучение программного обеспечения Calypso.

Номер темы	Наименование практических занятий
1	измерение допусков формы и расположения поверхностей. Разработка стратегии измерения допусков формы и расположения на КИМ. (0,5 часа)

2	подготовка рабочих поверхностей КИМ в системе Calypso. Сбор щуповых систем различного типа. Калибровка гнезд для размещения щуповых систем (0,5 часа)
3	загрузка 3D модели детали. Настройка плоскостей безопасности. Сохранение и изменение созданного плана контроля (1 час)

Практические занятия – 2 ч

6.3 Калибровка измерительных систем и подготовка КИМ к работе.

Номер темы	Наименование практических занятий
1	- работа с функцией «базирование» при координатных измерениях - отработка основных методы базирования деталей - ввод дополнительных осей координат (1 час)
2	- столкновение измерительной системы с деталью в процессе контроля - не включение КИМ - работа с пультом дистанционного управления (1 час)

Практические занятия – 2 ч

Организационно-педагогические условия реализации модуля

Программа курса повышения квалификации специалистов проводится в форме лекционных и практических занятий. Лекционные занятия проводятся в форме презентаций с видеоматериалом. Практические занятия проходят на современном координатноизмерительном оборудовании Carl Zeiss Contura G2 с программой Calypso. Программа курса содержит все необходимые дополнения и уточнения по реализации программы.

Учебно-методическое обеспечение программы

Тема 6.1

1. Козловский Н.С., Виноградов А.Н. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. Учебник для учащихся в техникумов. - 2-е издание доп. и перераб. М.: Машиностроение, 1982, - 284 с.

2. Инструкция по эксплуатации КИМ Carl Zeiss Contura G2.

Тема 6.2

1. Инструкция по эксплуатации КИМ Carl Zeiss Contura G2.

2. Инструкция по программированию Carl Zeiss Calypso.

Тема 6.3

1. Инструкция по эксплуатации КИМ Carl Zeiss Contura G2.

2. Инструкция по программированию Carl Zeiss Calypso.

3. Козловский Н.С., Виноградов А.Н. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. Учебник для учащихся в техникумов. - 2-е издание доп. и перераб. М.: Машиностроение, 1982, - 284 с.

3. Организационно - педагогические условия реализации программы

3.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций по образовательной программе

В процессе изучения профессиональной программы «Цифровые технологии моделирования и изготовления художественных изделий» используются различные образовательные, в т.ч. дистанционные технологии (лабораторные работы, разработка плана контроля, дифференцированное, модульное, смешанное обучение) при проведении практических занятий и текущей, промежуточной и итоговой аттестации, а также для организации самостоятельной работы слушателей. Применение указанных технологий и их сочетание определяются преподавателями, ведущими обучение по учебным модулям программы, самостоятельно.

Слушатель считается аттестованным, если по результатам обеих частей итоговой аттестации получена оценка «зачтено».

Оценка «зачтено» ставится ИАК, если выполнены все требования по изготовлению изделия по чертежу и получены ответы на оба вопроса.

Комплексное использование в учебном процессе всех вышеназванных технологий стимулирует личностную, интеллектуальную активность, развивает познавательные процессы, способствует формированию профессиональных компетенций.

3.2. Материально-технические условия реализации программы

Для реализации ДПП профессиональной переподготовки «Специалист в области цифровых технологий и проектировании изготовления художественных изделий» в формате очного обучения (аудиторное и онлайн-обучение с использованием дистанционных технологий) необходимы следующие материально-технические условия:

1) для аудиторных занятий:

– аудитория с автоматизированным рабочим местом преподавателя (АРМ), оборудованное ноутбуком с доступом в интернет;

– мультимедийное оборудование (интерактивная доска или ж/к телевизор);

– компьютерный класс с персональными компьютерами / ноутбуками по количеству слушателей;

– мультимедийные аудиовизуальные учебно-методические и оценочные материалы; 2)

для онлайн-обучения с использованием дистанционных технологий:

– автоматизированное рабочее место преподавателя (АРМ), оборудованное ноутбуком с доступом в интернет; – рабочее место слушателя, оборудованное ноутбуком / планшетом / смартфоном с доступом в интернет;

– доступ к образовательной платформе, позволяющей проводить обучение в дистанционном формате онлайн (ZOOM, BigBlueButton, Miro, Google-Classroom).

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
---	-------------	---

Аудитория 227/4 АДФ Центр Аддитивных технологий (ауд. 039)	Лекции, практические работы	Компьютерный класс, Realaser SLM-50, LENS 850-R (OPTOMEC), Envisiontec Perfactory XEDE(Envisiontec).
Центр Аддитивных технологий (ауд. 039)	Лекции, практические работы	Компьютерном класс с многофункциональный программный комплекс ANSYS 2020 R
Центр Аддитивных технологий (ауд. 039)	Лекции, практические работы	Компьютерный класс, КИМ Contura G2, система Calypso
Аудитория 212 Б, АДФ Центр Аддитивных технологий (ауд. 039)	Лекции, практические работы	Компьютерный класс, ПК IntelCore 17 3500 МГц, система ProCast. MeshCast.

3.3. Кадровый состав

Кадровое обеспечение программы реализуется кафедрой «Инновационные технологии машиностроения» ПНИПУ. Обучение ведут доктора и кандидаты технических наук с большим опытом преподавательской и научно-исследовательской деятельности в области машиностроения.

4. Оценка качества освоения программы

4.1. Формы аттестации

Оценка качества освоения ДПП профессиональной переподготовки проводится в отношении соответствия результатов освоения программы заявленным целям и планируемым результатам обучения. Программа включает текущую, промежуточную и итоговую аттестации.

Текущая аттестация – не предусмотрена.

Промежуточная аттестация – зачет по модулю учебного плана.

Итоговая аттестация – итоговый экзамен.

Промежуточная аттестация проводится в виде итогового экзамена: сдача теоретических вопросов и практического задания. Примерные вопросы/задания вынесены в Приложение 1.

Порядок проведения итогового экзамена

Оценка качества освоения программы осуществляется итоговой аттестационной комиссией (ИАК) в виде итогового экзамена, состоящего из двух частей: проверки теоретических знаний по контрольным вопросам в устной форме, слушателю предлагается ответить на два вопроса и выполнения практического задания.



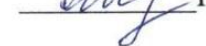
4.2. Оценочные материалы итогового экзамена

Критерии оценки	«отлично»	«хорошо»	«удовлетворительно»	«неудовлетворительно»
Степень освоения результатов обучения	Освоены полностью	Освоены в большей степени	Освоены частично	Не освоены
Теоретическая часть (Ответы на вопросы)	Теоретический материал программы изучен полностью, слушатель ответил на два вопроса развернуто, с полным пониманием пройденной программы	Теоретический материал программы изучен в достаточной степени, слушатель ответил на один вопрос развернуто с полным пониманием темы, второй вопрос не полностью раскрыт	Теоретический материал программы изучен частично, слушатель ответил только на один вопрос, вопрос не полностью раскрыт	Теоретический материал программы не изучен, слушатель ни на один вопрос не может дать ответа
Практическая часть	Слушатель владеет навыками оценки, анализа и применения знаний в практической деятельности, описанной в Приложении 1	Слушатель не достаточно владеет знаниями практической деятельности, описанной в Приложении 1	Слушатель имеет представление о пройденной программе и практической деятельности описанной в Приложении 1	Отсутствует представление о пройденной программе и практической деятельности описанной в Приложении 1

По окончании программы обучения слушателям, успешно прошедшим итоговую аттестацию, получившим положительную оценку, выдается диплом о профессиональной переподготовке.




5. Составители программы

Абляз Т.Р., к.т.н., доцент каф. ИТМ (модуль 6-5)
 Муратов К.Р. д.т.н., профессор каф. ИТМ (модуль 4-3)
 Максимов П.В. к.т.н., доцент, каф. ВММБ (модуль 2-1)


 Т.Р. Абляз

 К.Р. Муратов

 П.В. Максимов

Программа обсуждена на заседании кафедры «Инновационные технологии машиностроения».
 Протокол №6 от 08.12.2021 г.

Секретарь
 СОГЛАСОВАНО
 Директор ЦДИО МТКМ
 Заместитель начальника УМУ


 Н.Н. Москокова

 Т.Р. Абляз

 И.Л. Герасимчук

Оценочные материалы

Тип практического задания:

1. Разработать управляющую программу по чертежу детали и запустить программу на выполнение.
2. Изготовление изделия «Цилиндр»
3. Предложить описание результатов исследования структуры или свойств материала
4. Произвести базирование заготовки на КИМ и произвести измерения линейного размера 5. Создание уникальных ячеистых пространственных образов ювелирного изделия методами бионического проектирования и топологической оптимизации

Перечень контрольных вопросов

1. Основные понятия литейного производства.
2. Термины и определения в литейном производстве.
3. Предмет и задачи дисциплины
4. Применение аддитивных технологий в современном машиностроении
5. Основы создания и корректировки 3D моделей деталей машин и механизмов
6. Принцип построения 3D модели
7. Проведение фрактографического анализа
8. Классификация сталей 9. Методы измерения твердости
10. Принцип действия КИМ.
11. Основные типы КИМ.
12. Основы координатных измерений.
13. Методы бионического дизайна (топологической оптимизации).
14. Методы изготовления изделий сложной формы
15. Основные этапы топологической оптимизации.

