

## Программа курса «Инструменты и технологии обратного инжиниринга»

Номер	Название темы	Количество часов	Описание темы
1	Актуальные нормы и правила ОИ в РФ	4	Введение в обратный инжиниринг. Актуальность. Ключевые аспекты. Основы инжиниринга. ГОСТ 57306-2016. Функциональное назначение изделия. Области и цели применения обратного инжиниринга в машиностроении.
2	Основы, этапы и элементы ОИ	4	Обратный инжиниринг. Основные этапы и элементы обратного инжиниринга. ГОСТ Р 57590-2017.
3	Методы измерений и назначение требований точности	4	Анализ конструкции. Общие требования к обеспечению точности изделий. Измерения в технике. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. ЕСДП. Предельные отклонения и допуски, посадки. Система допусков и посадок для реверс-инжиниринга и аддитивных технологий.
4	Цифровое проектирование	4	Методы и принципы цифрового проектирования изделий. Создание цифровой модели изделия. Необходимая для этого полная конструкторская документация на изготовление, набор необходимых свойств (характеристик данного изделия).
5	FEM-моделирование	4	Введение в метод конечных элементов. Генерация конечно-элементных сеток. Примеры FEM-моделирования процессов штамповки и прокатки.
6	Экономические основы ОИ	2	Экономические основы обратного инжиниринга. Подходы к оценке рынка комплектующих.
7	Проектирование литейной оснастки	4	Практика: Проектирование литейной оснастки для различных литейных технологий (пресс-форма, кокиль и т.д.). Проектирование и изготовление литейной оснастки, моделей и форм с применением аддитивных технологий.
8	Контроль точности с использованием 3D сканера	6	Введение в 3D-сканирование. Технологии выполнения трехмерного сканирования объектов. Контроль размерной точности изделий (отливок) с помощью 3D-сканера. Практика: Контроль точности с использованием 3D сканера.
9	Технологии сварки, как сборочные технологии для соединения деталей, изготовленных методами АТ	4	Аддитивные технологии. Высокотехнологичная сварка металлов. Сборочные технологии. Технологии термообработки, упрочнения (механическое, лазерное и другие), закалки, нанесения покрытий. Технологии механической обработки. Технологии сварки, как сборочные технологии для соединения деталей, изготовленных методами АТ.

10	Неразрушающий контроль качества изделий аддитивного производства	4	Технологии контроля и диагностики изделий. Основные методы испытания на свариваемость заготовок, полученных аддитивным выращиванием.
11	Проектирование и практические задачи. Моделирование CAD и CFD	6	<p>Оценка изменения основных характеристик (прочностных, либо газодинамических) изделия при внесении конструктивных изменений в рассматриваемое изделие. Изменение характеристик изделия с помощью математических методов, таких как метод конечных элементов (для расчёт прочности) и метода контрольных объёмов (для расчёта газовой или гидродинамики).</p> <p>Практика: В части CAD-моделирование будут рассмотрены вопросы подготовки имеющейся CAD-модели изделия для возможности выполнения пакетов вычислительной газовой динамики. Будут показаны основные сложности, при подготовке моделей, возможные упрощения геометрии, позволяющие существенно снизить вычислительную нагрузку при проведении CFD-моделирования.</p> <p>В части CFD-моделирования будут рассмотрены особенности проведения расчётов в программе Ansys CFX, построение оптимальной расчётной сетки (с учётом моделирования пограничных слоёв), наложение граничных условий, а также рациональной настройки решателя. Будет показан пример расчёта простейших течений жидкости, а также газовых течений в лопаточных машинах (осевом компрессоре). Отдельно акцент будет сделан на анализе результатов расчётов и получении характеристик различных исследуемых объектов.</p>
12	Итоговая аттестация	2	Зачёт.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)



УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор –  
проректор по учебной работе  
\* МГТУ им. Н.Э. Баумана  
Б.В. Падалкин  
«10» марта 2025 г.

Дополнительное профессиональное образование

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
«Инструменты и технологии обратного инжиниринга»

Регистрац. № 06.05-11/206

Москва, 2025

## Оглавление

<b>1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДПП.....</b>	<b>3</b>
1.1. Цель ДПП.....	3
1.2. Планируемые результаты обучения.....	3
1.3. Дополнительные характеристики ДПП.....	3
1.4. Перечень профессиональных компетенций в рамках имеющейся квалификации, качественное изменение которых осуществляется в результате обучения.....	3
1.5. Соответствие видов деятельности профессиональным компетенциям и их составляющих.....	4
<b>2. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДПП.....</b>	<b>5</b>
2.1. Категория слушателей ДПП.....	5
2.2. Общая трудоёмкость программы, аудиторная и самостоятельная работа.....	5
2.3. Форма обучения.....	5
2.4. Учебный план.....	5
<b>3. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК.....</b>	<b>6</b>
<b>4. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДПП.....</b>	<b>8</b>
<b>5. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДПП.....</b>	<b>7</b>
5.1. Организационные условия реализации ДПП.....	15
5.2. Педагогические условия реализации ДПП.....	15
5.3. Учебно-методическое обеспечение ДПП.....	15
5.4. Методические рекомендации.....	17
<b>6. ФОРМЫ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ДПП.....</b>	<b>18</b>
<b>7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ.....</b>	<b>19</b>
7.1. Паспорт комплекта оценочных средств.....	19
7.2. Комплект оценочных средств.....	19

## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДПП**

Программа подготовлена на основе:

- Федерального закона от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- требований Приказа Минобрнауки России от 01.07.2013 года № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»;
- методических рекомендаций-разъяснений Минобрнауки России по разработке дополнительных профессиональных программ на основе профессиональных стандартов от 22 апреля 2015 года № ВК-1030/06.

Реализация программы ДПП направлена на получение новой компетенции, необходимой для профессиональной деятельности сотрудников приборостроительных и химических предприятий.

### **1.1. Цель ДПП**

Сформировать у обучающихся знания, навыки и умения в области инновационного управления производством для обеспечения стабильной работы и повышения эффективности машиностроительной организации.

### **1.2. Планируемые результаты обучения**

Планируемые результаты обучения по ДПП:

- освоение профессиональных компетенций в процессе изучения перечисленных тем в учебном плане;
- успешное освоение программы повышения квалификации;
- успешное прохождение итоговой аттестации (зачет).

Обучающимся, успешно прошедшим обучение, выполнившим текущие контрольные задания и выдержавшим предусмотренный учебным планом зачет, выдается удостоверение о повышении квалификации по ДПП «Инструменты и технологии обратного инжиниринга».

### **1.3. Дополнительные характеристики ДПП**

Характеристики новой квалификации определены в приказе Минтруда России от 27.04.2023 №371н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по инжинирингу машиностроительного производства».

Вид профессиональной деятельности:

- Информационно-техническая поддержка производства конкурентоспособной продукции машиностроения (Код 28.008).

Трудовые функции:

- Реверсивный инжиниринг продукции машиностроения (А/03.7).

**1.4. Перечень профессиональных компетенций в рамках имеющейся квалификации, качественное изменение которых осуществляется в результате обучения**

Получаемые компетенции базируются на основании Приказа Минобрнауки России от 14 августа 2020 г. № 1025 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение».

Перечень компетенций:

ОПК-3. Способен организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий и их элементов, разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов.

**1.5. Соответствие видов деятельности профессиональным компетенциям и их составляющих**

Профессиональные компетенции	Практический опыт	Умения	Знания
<b>Реверсивный инжиниринг продукции машиностроения (А/03.7)</b>			
ОПК-3. Способен организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий и их элементов, разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов	Разработка этапов проведения реверсивного инжиниринга машиностроительной продукции	Разрабатывать этапы проведения реверсивного инжиниринга машиностроительной продукции в соответствии с имеющимися исходными данными	Основные этапы реверсивного инжиниринга

## 2. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДПП

### 2.1. Категория слушателей ДПП

Имеющаяся квалификация (требования к слушателям) к освоению ДПП – допускаются лица, имеющие высшее образование.

### 2.2. Общая трудоёмкость программы, аудиторная и самостоятельная работа

Общая трудоёмкость программы 48 академических часов, из них 34 академических часа аудиторной работы, 12 академических часов самостоятельной работы и 2 академических часа итоговой аттестации.

### 2.3. Форма обучения

Форма обучения по ДПП – очная с применением дистанционных образовательных технологий.

### 2.4. Учебный план

ДПП «Инструменты и технологии обратного инжиниринга» реализуется одним модулем.

№ п/п	Наименование темы, модуля	Форма контроля	Всего, час	В том числе			
				Лекции	Практ. занятия	Самост. работа	Итоговая аттестация
1.	Актуальные нормы и правила ОИ в РФ	Устный опрос	4	2	-	2	-
2.	Основы, этапы и элементы ОИ	Устный опрос	4	2	-	2	-
3.	Методы измерений и назначение требований точности изделий	–	4	4	-	-	-
4.	Цифровое проектирование	–	4	4	-	-	-
5.	FEM-моделирование	–	4	4	-	-	-
6.	Экономические основы обратного инжиниринга	–	2	2	-	-	-
7.	Проектирование литейной оснастки	–	4	-	4	-	-
8.	Контроль точности с использованием 3D сканера	Устный опрос	6	2	2	2	-
9.	Технологии сварки, как сборочные технологии для соединения деталей, изготовленных методами АТ	Устный опрос	4	2	-	2	-
10.	Неразрушающий контроль качества изделий аддитивного производства	Устный опрос	4	2	-	2	-
11.	Проектирование и практические задачи. Моделирование САД и CFD	Устный опрос	6	2	2	2	-
12.	Итоговая аттестация	Зачет	2	-	-	-	2

ИТОГО	-	48	26	8	12	2
-------	---	----	----	---	----	---

### 3. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

№ п/п	Наименование темы, модуля	1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день
1.	Актуальные нормы и правила ОИ в РФ						
2.	Основы, этапы и элементы ОИ						
3.	Методы измерений и назначение требований точности изделий						
4.	Цифровое проектирование						
5.	FEM-моделирование						
6.	Экономические основы обратного инжиниринга						
7.	Проектирование литейной оснастки						
8.	Контроль точности с использованием 3D сканера						
9.	Технологии сварки, как сборочные технологии для соединения деталей, изготовленных методами АТ						
10.	Неразрушающий контроль качества изделий аддитивного производства						
11.	Проектирование и практические задачи. Моделирование CAD и CFD						
12.	Итоговая аттестация						Зачет

Минимальный срок освоения ДПП – 6 дней.

## 4. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДПП

### 4.1. Рабочая программа модуля «Инструменты и технологии обратного инжиниринга»

4.1.1. Цель изучения модуля: сформировать у обучающихся знания, навыки и умения в области инновационного управления производством для обеспечения стабильной работы и повышения эффективности машиностроительной организации.

4.1.2. Задача изучения модуля:

- формирование общих представлений об обратном инжиниринге;
- сформировать практические навыки использования современных технологий в обратном инжиниринге;
- изучить наиболее эффективные инструменты обратного инжиниринга.

4.1.3. Планируемые результаты обучения

Процесс изучения раздела направлен на формирование следующих компетенций

Код компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по модулю	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
ОПК-3	<b>Знать:</b> Основные этапы реверсивного инжиниринга <b>Уметь:</b> Разрабатывать этапы проведения реверсивного инжиниринга машиностроительной продукции в соответствии с имеющимися исходными данными. <b>Владеть:</b> Разработка этапов проведения реверсивного инжиниринга машиностроительной продукции.	Формы обучения: Фронтальная. Методы обучения: Лекция; Практическое занятие; Самостоятельная работа.

4.1.4 Содержание курса

#### Тема 1. Актуальные нормы и правила ОИ в РФ (4 часа)

Лекции (2 часа). Введение в обратный инжиниринг. Актуальность. Ключевые аспекты. Основы инжиниринга. ГОСТ 57306-2016. Функциональное назначение изделия. Области и цели применения обратного инжиниринга в машиностроении.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Актуальные нормы и правила ОИ в РФ	Понятие обратного инжиниринга	Проработка дополнительной литературы	Инжиниринг технологий лазерной поверхностной обработки, резки и сварки: учебное пособие / Веремеевич А.Н., Герасимова А.А., Зарапин А.Ю. – Старый Оскол: ТНТ, 2019. – 120 с.	Устный опрос

### Тема 2. Основы, этапы и элементы ОИ (4 часа)

Лекции (2 часа). Обратный инжиниринг. Основные этапы и элементы обратного инжиниринга. ГОСТ Р 57590-2017.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Основы, этапы и элементы ОИ	Этапы обратного инжиниринга	Проработка дополнительной литературы	Инжиниринг технологий лазерной поверхностной обработки, резки и сварки: учебное пособие / Веремеевич А.Н., Герасимова А.А., Зарапин А.Ю. – Старый Оскол: ТНТ, 2019. – 120 с.	Устный опрос

### Тема 3. Методы измерений и назначение требований точности изделий (4 часа)

Лекции (4 часа). Анализ конструкции. Общие требования к обеспечению точности изделий. Измерения в технике. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. ЕСДП. Предельные отклонения и допуски, посадки. Система допусков и посадок для реверс-инжиниринга и аддитивных технологий.

#### **Тема 4. Цифровое проектирование (4 часа)**

Лекции (4 часа). Методы и принципы цифрового проектирования изделий. Создание цифровой модели изделия. Необходимая для этого полная конструкторская документация на изготовление, набор необходимых свойств (характеристик данного изделия).

#### **Тема 5. FEM-моделирование (4 часа)**

Лекции (4 часа). Введение в метод конечных элементов. Генерация конечно-элементных сеток. Примеры FEM-моделирования процессов штамповки и прокатки.

#### **Тема 6. Экономические основы обратного инжиниринга (2 часа)**

Лекции (2 часа). Экономические основы обратного инжиниринга. Подходы к оценке рынка комплектующих.

#### **Тема 7. Проектирование литейной оснастки (4 часа)**

Практические занятия (4 часа). Проектирование литейной оснастки для различных литейных технологий (пресс-форма, кокиль и т.д.). Проектирование и изготовление литейной оснастки, моделей и форм с применением аддитивных технологий.

#### **Тема 8. Контроль точности с использованием 3D сканера (6 часов)**

Лекции (2 часа). Введение в 3D-сканирование. Технологии выполнения трехмерного сканирования объектов. Контроль размерной точности изделий (отливок) с помощью 3D-сканера.

Практические занятия (2 часа). Контроль точности с использованием 3D сканера.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Контроль точности с использованием 3D сканера	Трехмерное сканирование	Проработка дополнительной литературы	Шарыгин М.Е. Сканеры и цифровые камеры / Шарыгин М.Е.; общ. ред. Колесниченко О.В., Шишигина И.В. – СПб.: Арлит, 2001. – 382 с.	Устный опрос

**Тема 9. Технологии сварки, как сборочные технологии для соединения деталей, изготовленных методами АТ (4 часа)**

Лекции (2 часа). Аддитивные технологии. Высокотехнологичная сварка металлов. Сборочные технологии. Технологии термообработки, упрочнения (механическое, лазерное и другие), закалки, нанесения покрытий. Технологии механической обработки. Технологии сварки, как сборочные технологии для соединения деталей, изготовленных методами АТ.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Технологии сварки, как сборочные технологии для соединения деталей, изготовленных методами АТ	Аддитивные технологии	Проработка дополнительной литературы	Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники: учебник для вузов / А.Л. Галиновский, Е.С. Голубев, Н.В. Коберник, А.С. Филимонов; под общей редакцией А.Л. Галиновского. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 145 с.	Устный опрос

**Тема 10. Неразрушающий контроль качества изделий аддитивного производства (4 часа)**

Лекции (2 часа). Технологии контроля и диагностики изделий. Основные методы испытания на свариваемость заготовок, полученных аддитивным выращиванием.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Неразрушающий контроль качества изделий аддитивного производства	Контроль качества	Проработка дополнительной литературы	Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники: учебник для вузов / А.Л. Галиновский, Е.С. Голубев, Н.В. Коберник, А.С. Филимонов; под общей редакцией А.Л. Галиновского. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 145 с.	Устный опрос

### **Тема 11. Проектирование и практические задачи. Моделирование CAD и CFD (6 часов)**

Лекции (2 часа). Оценка изменения основных характеристик (прочностных, либо газодинамических) изделия при внесении конструктивных изменений в рассматриваемое изделие. Изменение характеристик изделия с помощью математических методов, таких как метод конечных элементов (для расчёт прочности) и метода контрольных объёмов (для расчёта газовой или гидродинамики).

Практические занятия (2 часа). В части CAD-моделирование будут рассмотрены вопросы подготовки имеющейся CAD-модели изделия для возможности выполнения газодинамических расчётов (CFD-моделирования) с помощью пакетов вычислительной газовой динамики. Будут показаны основные сложности, при подготовке моделей, возможные упрощения геометрии, позволяющие существенно снизить вычислительную нагрузку при проведении CFD-моделирования.

В части CFD-моделирования будут рассмотрены особенности проведения расчётов в программе Ansys CFX, построение оптимальной расчётной сетки (с учётом моделирования пограничных слоёв), наложение граничных условий, а также рациональной настройки решателя. Будет показан пример расчёта простейших течений жидкости, а также газовых течений в лопаточных машинах (осевом компрессоре). Отдельно акцент будет

сделан на анализе результатов расчётов и получении характеристик различных исследуемых объектов.

Самостоятельная работа (2 часа). Проработка материала дополнительной литературы по теме.

Наименование темы	Дидактические единицы, вынесенные на самостоятельное изучение	Формы самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Форма контроля
Проектирование и практические задачи. Моделирование CAD и CFD	Моделирование CAD	Проработка дополнительной литературы	Колошкина, И.Е. Инженерная графика. CAD: учебник и практикум для вузов / И. Е. Колошкина, В.А. Селезнев. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 220 с.	Устный опрос

4.1.5. Оценочное средство для текущего контроля (примерные вопросы для устного опроса):

*Тема 1.*

1. Какие разновидности обратного инжиниринга существуют?
2. Что входит в проектирование по объектам?
3. Что входит в проектирование по целям?
4. Особенности техник с использованием различных вариантов снятия размеров.
5. Преимущества и недостатки обратного инжиниринга.

*Тема 2.*

1. Назовите этапы обратного инжиниринга деталей.
2. От чего зависят этапы обратного инжиниринга?
3. Отличие реверса детали от реверса изделия.
4. Обратный инжиниринг механизмов.
5. Обратный инжиниринг без механизмов.

*Тема 8.*

1. Какие основные методы используются для контроля точности при работе с 3D-сканером?

2. Как часто необходимо проводить калибровку 3D-сканера для обеспечения высокой точности измерений?
3. Какие факторы могут повлиять на точность сканирования объекта с помощью 3D-сканера?
4. Какие программные инструменты используются для анализа и сравнения данных, полученных с помощью 3D-сканера, с исходными моделями?
5. Какие существуют стандарты и нормы для оценки точности 3D-сканирования в различных отраслях применения?

*Тема 9.*

1. Какие технологии сварки наиболее часто используются для соединения деталей, изготовленных методами аддитивных технологий (АТ)?
2. Каковы основные преимущества и ограничения использования сварки в качестве сборочной технологии для деталей, произведённых с помощью АТ?
3. Какие факторы следует учитывать при выборе метода сварки для соединения деталей, изготовленных с помощью АТ?
4. Какие меры необходимо предпринять для обеспечения качества и прочности сварного соединения деталей, изготовленных методом АТ?
5. Как можно минимизировать деформации и внутренние напряжения в сварных соединениях деталей, изготовленных с помощью АТ?

*Тема 10.*

1. Какие методы неразрушающего контроля наиболее эффективны для оценки качества изделий, изготовленных с помощью аддитивных технологий?
2. Как часто следует проводить неразрушающий контроль изделий аддитивного производства на разных этапах изготовления?
3. Какие параметры и характеристики изделий аддитивного производства проверяются с помощью неразрушающего контроля?
4. Какие стандарты и нормативные документы регулируют проведение неразрушающего контроля качества изделий, произведённых с помощью аддитивных технологий?
5. Какие преимущества даёт использование неразрушающего контроля при оценке качества изделий аддитивного производства по сравнению с разрушающими методами?

*Тема 11.*

1. Какие основные отличия между CAD и CFD моделированием и в каких случаях применяется каждый из этих методов?
2. Как интеграция CAD и CFD моделирования может улучшить процесс проектирования и анализа изделий?
3. Какие программные решения наиболее популярны для проведения CAD и CFD анализа и в чём их ключевые особенности?
4. Какие основные сложности могут возникнуть при переходе от CAD модели к CFD анализу и как их можно преодолеть?
5. Как результаты CFD анализа могут быть использованы для оптимизации CAD модели и улучшения характеристик изделия?

## 5. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДПП

### 1.1. Организационные условия реализации ДПП

Наименование аудитории	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Аудитория для проведения лекций/семинаров	Лекции	ПК с доступом в Интернет и возможностью просмотра файлов в формате *.ppt, *.pptx, *.pdf, проектор/телевизор/монитор.
Лаборатория	Практические занятия	ПК с доступом в Интернет и возможностью просмотра файлов в формате *.ppt, *.pptx, *.pdf, проектор/телевизор/монитор, лазерное оборудование, рентгеновский микротомограф, ДСК, электронный микроскоп.
Коворкинги, учебные залы и т.д.	Самостоятельная работа	ПК с доступом в Интернет и возможностью просмотра файлов в формате *.ppt, *.pptx, *.pdf, проектор/телевизор/монитор.
Аудитория для проведения лекций/семинаров	Итоговая аттестация	ПК с доступом в Интернет и возможностью просмотра файлов в формате *.ppt, *.pptx, *.pdf, проектор/телевизор/монитор.

### 5.2. Педагогические условия реализации ДПП

Реализация программы обеспечивается преподавательским составом, удовлетворяющим следующим условиям:

- наличие высшего профессионального образования, соответствующее профилю программы, из числа штатных преподавателей, или привлеченных на условиях почасовой оплаты труда;
- значительный опыт практической деятельности в соответствующей сфере из числа штатных преподавателей или привлеченных на условиях почасовой оплаты труда

### 5.3. Учебно-методическое обеспечение ДПП

Основная литература:

1. Информационные инструменты цифровой трансформации высокотехнологичных предприятий / И. В. Баранова, М. М. Батова, Чжао Кай. - Москва : Первое экономическое издательство, 2020. - 222 с. - ISBN 978-5-91292-309-8.
2. Блистательный Agile. Гибкое управление проектами с помощью Agile, Scrum и Kanban / Коул Р., Скотчер Э. - Санкт-Петербург : Питер, 2019. - 304 с. - ISBN 978-5-4461-1051-3.
3. Технологии защиты микросхем от обратного проектирования в контексте информационной безопасности : научно-популярное издание / В. Н. Федорец, Е. Н. Белов, С. В. Балыбин. - Москва : Техносфера, 2019. - 216 с. - ISBN 978-5-94836-562-6.

4. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов : учебник для вузов / Буланов И. М., Воробей В. В. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998. - 513 с. : ил. - Библиогр.: с. 506. - ISBN 5-7038-1319-0.
5. Моделирование процессов и систем : учебник и практикум для вузов / Е. В. Стельмашонок, В. Л. Стельмашонок, Л. А. Еникеева, С. А. Соколовская ; под редакцией Е. В. Стельмашонок. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 304 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18225-5.
6. Основы электронной микроскопии : учебное пособие для вузов / К. Н. Морозова. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 84 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14415-4.
7. Экономика предприятия : учебник и практикум для вузов / Л. А. Чалдаева. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 435 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10521-6.
8. Е.Н. Долгов. Моделирование процесса автономного 3D-сканирования помещений роботизированной системой с помощью LiDAR: студенческая научная работа / Е.Н. Долгов; Ивангородский гуманитарно-технический институт (филиал) «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения». — Ивангород: б. и., 2024. — 45 с.
9. Грибовский, А.А. Геометрическое моделирование в аддитивном производстве: учебное пособие / А.А. Грибовский. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2015. – 49 с.
10. Инжиниринг технологий лазерной поверхностной обработки, резки и сварки: учебное пособие / Веремеевич А.Н., Герасимова А.А., Зарапин А.Ю. – Старый Оскол: ТНТ, 2019. – 120 с. : ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 978-5-94178-609-1.
11. Шарыгин М.Е. Сканеры и цифровые камеры / Шарыгин М.Е.; общ. ред. Колесниченко О.В., Шишигина И.В. – СПб.: Арлит, 2001. – 382 с. : ил. - На титульном листе автор не указан. - ISBN 5-8206-0125-4.
12. Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники: учебник для вузов / А.Л. Галиновский, Е.С. Голубев, Н.В. Коберник, А.С. Филимонов; под общей редакцией А.Л. Галиновского. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 145 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16005-5.
13. Колошкина, И.Е. Инженерная графика. САД: учебник и практикум для вузов / И. Е. Колошкина, В.А. Селезнев. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 220 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10412-7.

#### **5.4. Методические рекомендации**

ДПП построена по модульному принципу, каждый модуль представляет собой логически завершённый материал.

Преподавание программы основано на личностно-ориентированной технологии образования, сочетающей два равноправных аспекта этого процесса: обучение и учение. Личностно-ориентированный подход развивается при участии слушателей в активной работе на практических занятиях. Личностно-ориентированный подход направлен, в первую очередь, на развитие индивидуальных способностей обучающихся, создание условий для развития творческой активности слушателя и разработке инновационных идей, а также на развитие самостоятельности мышления при решении учебных задач разными способами, нахождение рационального варианта решения, сравнения и оценки нескольких вариантов их решения и т.п. Это способствует формированию приемов умственной деятельности по восприятию новой информации, ее запоминанию и осознанию, созданию образов для сложных понятий и процессов, приобретению навыков поиска решений в условиях неопределенности.

Практические занятия проводятся для приобретения навыков решения практических задач в предметной области модуля. Задания, выполняемые на практических занятиях, выполняются с использованием активных и интерактивных методов обучения.

Самостоятельная работа слушателей предназначена для проработки дополнительной литературы. Результаты практических заданий слушателей учитываются на итоговой аттестации.

При изучении курса предусмотрены следующие методы организации и осуществления учебно-познавательной деятельности:

- объяснительно-иллюстративный метод;
- репродуктивный метод;
- частично-поисковый метод.

## 6. ФОРМЫ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ДПП

Итоговая аттестация проводится в форме зачета. Зачет проводится в формате тестирования. Результатом зачета служат правильные ответы на вопросы билета, состоящего из 15 (пятнадцати) вопросов.

По результатам итоговой аттестации слушателю выставляется оценка «ЗАЧТЕНО/НЕ ЗАЧТЕНО»:

Оценка «ЗАЧТЕНО» выставляется слушателю, который:

- правильно ответил не менее, чем на 60% вопросов в билете;
- продемонстрировал необходимые систематизированные знания и достаточную степень владения принципами предметной области программы, понимание их особенностей и взаимосвязь между ними в течение всего срока обучения по программе.

Оценка «НЕ ЗАЧТЕНО» ставится слушателю, который:

- ответил правильно менее, чем на 60% полученных вопросов в билете;
- имеет крайне слабые теоретические и практические знания, обнаруживает неспособность к построению самостоятельных заключений.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Паспорт комплекта оценочных средств

Предметы оценивания	Объекты оценивания	Показатели оценки
ОПК-3. Способен организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий и их элементов, разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов	Ответы на вопросы	Количество правильных ответов

### 7.2. Комплект оценочных средств

#### 7.2.1. Темы для подготовки к зачету:

1. Ключевые аспекты обратного инжиниринга.
2. Метрология в области обратного инжиниринга.
3. Цифровое проектирование в обратном инжиниринге.
4. Экономические основы обратного инжиниринга.
5. Подбор материалов в обратном инжиниринге.
6. Современные технологии обратного инжиниринга.

#### 7.2.2. Пример теста для проведения зачета:

1. Какие основные цели могут преследоваться при использовании обратного инжиниринга?
  - а) Изучение принципов работы устройства или системы.
  - б) Создание аналога продукта.
  - в) Улучшение существующего продукта.
  - г) Восстановление утерянной технической документации.
  - д) Все перечисленные варианты.
2. Какие этапы включает в себя процесс обратного инжиниринга?
  - а) Сбор информации и анализ объекта.
  - б) Создание модели или прототипа.

- в) Тестирование и оптимизация.
  - г) Документирование результатов.
  - д) Все перечисленные варианты.
3. Какие методы и инструменты могут использоваться на этапе анализа объекта при обратном инжиниринге?
- а) Визуальный осмотр и фотографирование.
  - б) Использование 3D-сканеров и измерительных приборов.
  - в) Химический анализ материалов.
  - г) Изучение технической документации и патентов.
  - д) Все перечисленные варианты.
4. Какие существуют основные методы измерений?
- а) Прямые измерения.
  - б) Косвенные измерения.
  - в) Совокупные измерения.
  - г) Совместные измерения.
  - д) Все перечисленные варианты.
5. Что такое точность измерений?
- а) Степень близости результата измерения к истинному значению измеряемой величины.
  - б) Способность измерительного прибора давать одинаковые результаты при повторных измерениях.
  - в) Диапазон значений, в котором измерительный прибор может работать без искажения результатов.
  - г) Время, необходимое для проведения измерения с заданной погрешностью.
  - д) Всё перечисленное.
6. Какие факторы влияют на назначение требований точности измерений?
- а) Назначение и область применения измеряемого объекта.
  - б) Технические характеристики измерительного оборудования.
  - в) Требования стандартов и нормативных документов.
  - г) Экономические факторы и стоимость измерений.
  - д) Все перечисленные варианты.

7. Какие основные параметры оцениваются при контроле точности с использованием 3D сканера?
- а) Геометрические размеры объекта.
  - б) Форма поверхности.
  - в) Точность соответствия модели и реального объекта.
  - г) Дефекты поверхности.
  - д) Все перечисленные варианты.
8. Какие факторы могут повлиять на точность сканирования при использовании 3D сканера?
- а) Качество поверхности сканируемого объекта.
  - б) Освещение в помещении.
  - в) Расстояние между сканером и объектом.
  - г) Погрешность самого сканера.
  - д) Все перечисленные варианты.
9. Какие типы 3D сканеров существуют?
- а) Лазерные сканеры.
  - б) Стереоскопические сканеры.
  - в) Сканеры на основе структурированного света.
  - г) Контактные сканеры.
  - д) Все перечисленные варианты.
10. Какие технологии сварки наиболее часто используются для соединения деталей, изготовленных методами аддитивных технологий (АТ)?
- а) Лазерная сварка.
  - б) Электродуговая сварка.
  - в) Электронно-лучевая сварка.
  - г) Сварка трением.
  - д) Все перечисленные варианты.
11. Какие факторы следует учитывать при выборе метода сварки для соединения деталей, изготовленных с помощью АТ?
- а) Материал деталей.
  - б) Геометрия деталей.

- в) Требования к прочности соединения.
  - г) Наличие оборудования и квалификация персонала.
  - д) Все перечисленные варианты.
12. Какие преимущества даёт использование сварки как сборочной технологии для деталей, произведённых с помощью АТ?
- а) Возможность создания сложных конструкций.
  - б) Повышение прочности и надёжности соединений.
  - в) Сокращение времени производства.
  - г) Снижение затрат на материалы и сборку.
  - д) Все перечисленные варианты.
13. Какие методы неразрушающего контроля наиболее часто применяются для оценки качества изделий аддитивного производства?
- а) Визуально-оптический контроль.
  - б) Ультразвуковой контроль.
  - в) Рентгеновская дефектоскопия.
  - г) Магнитная дефектоскопия.
  - д) Все перечисленные варианты.
14. Какие параметры изделий аддитивного производства проверяются с помощью неразрушающего контроля?
- а) Геометрическая точность.
  - б) Плотность материала.
  - в) Наличие внутренних дефектов.
  - г) Поверхностная целостность.
  - д) Все перечисленные варианты.
15. Какие преимущества предоставляет использование неразрушающего контроля при оценке качества изделий аддитивного производства?
- а) Сохранение целостности изделия.
  - б) Повышение достоверности результатов.
  - в) Снижение затрат на контроль качества.
  - г) Возможность автоматизации процесса контроля.
  - д) Все перечисленные варианты.