

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Рябцев Владимир Васильевич  
Должность: Декан  
Дата подписания: 19.06.2025 10:49:59  
Уникальный программный ключ:  
937d0b737ee35db03895d495a275a8aac5224805

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»  
Технологический институт –  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(ТИ НИЯУ МИФИ)

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ОДОБРЕНО  
Ученым советом ТИ НИЯУ МИФИ  
Протокол № 2 от 03.07.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Прототипирование  
(наименование дисциплины (модуля))

|                                   |                                                                  |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Направление                       | 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение              |
| подготовки                        | машиностроительных производств                                   |
| Профиль подготовки                | Компьютерное проектирование и технологии<br>производства изделий |
| Квалификация (степень) выпускника | бакалавр                                                         |
| Форма обучения                    | очная                                                            |

|                                       |    |       |
|---------------------------------------|----|-------|
| Семестр                               | 8  | Итого |
| Трудоемкость, кред.                   | 2  | 2     |
| Общий объем курса, час.               | 72 | 72    |
| Лекции, час.                          | -  | -     |
| Практические занятия, час.            | -  | -     |
| Лабораторные работы, час.             | 28 | 28    |
| В форме практической подготовки, час. | 28 | 28    |
| СРС, час.                             | 44 | 44    |
| КСР, час.                             | -  | -     |
| Форма контроля – зачет с оценкой      | -  | -     |

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Прототипирование» рассматривает понятие «прототипа изделия», а также роль прототипирования в современном машиностроительном производстве. Студенты изучают методы и принципы создания прототипа изделия с минимальными затратами времени и средств в условиях производственной деятельности. Изучают: автоматизированное оборудование, которое широко используется в прототипировании в современных реалиях; принципы аддитивных технологий; основы работы на 3D-принтере. Освоение дисциплины предполагает изучение онлайн-курса «Проектирование и изготовление изделий методом 3д-печати», размещенного на Национальной платформе «Открытое образование».

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является подготовка студента к профессиональной деятельности, включающей совокупность средств, приёмов, способов и методов человеческой деятельности, направленной на формирование интеллектуальных и специальных умений, подготовку к самостоятельной работе студента в нестандартных условиях рынка, создание конкурентно-способной продукции машиностроения и близких к ней.

Главной задачей дисциплины является: изучение этапов создания прототипа изделия; понятий и представлений, используемых в 3D печати; изучение алгоритма 3D печати деталей; создание цифровой модели детали и контроль готовых деталей с помощью 3D-сканера.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Прототипирование» изучается студентами четвертого курса, входит в теоретический блок профессионального модуля раздела Б.1, в блок дисциплин по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» профиля подготовки «Компьютерное проектирование и технологии производства изделий».

Знания и навыки, сформированные при изучении дисциплины, необходимы студентам для успешного прохождения производственной практики, при выполнении курсовых проектов и выпускной квалификационной работы, при подготовке к участию в конкурсах профессионального мастерства по методике AtomSkills / WorldSkills по компетенции «Изготовление прототипов», а также в практической инженерной деятельности.

Дисциплина «Прототипирование» базируется на знаниях, умениях, навыках, сформированных у обучающихся в результате освоения следующих дисциплин: «Материаловедение», «Детали машин и основы конструирования», «Системы трехмерного моделирования технологических объектов», «Электротехника и электроника».

Входные компетенции учебной дисциплины:

| Код   | Компетенция                                                                                                                             |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-6 | Знать: принципы работы современных информационных технологий и способы их использования для решения задач профессиональной деятельности |
| ОПК-8 | Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе          |

|  |                                                                               |
|--|-------------------------------------------------------------------------------|
|  | оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа |
|--|-------------------------------------------------------------------------------|

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Процесс изучения дисциплины «Прототипирование» направлен на формирование следующих компетенций: УК-2; ОПК-1; ОПК-6; ПК-5; ПК-2.2; ПК-2.3; УКЦ-2; УКЦ-3

| Код компетенции | Компетенция                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-2            | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений                                                                                                                                                               |
| ОПК-1           | Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении                                                                                                                                                                                           |
| ОПК-6           | Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                |
| ПК-5            | Способен участвовать в разработке проектов изделий машиностроения с учетом механических, технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров                                                                                                                                     |
| ПК-2.2          | Способен проводить компьютерное проектирование изделий и средств технологического оснащения машиностроительных производств с учетом специфики изготовления изделий на объектах ядерного оружейного комплекса                                                                                                                             |
| ПК-2.3          | Способен осваивать современные методы производственно-технологического обеспечения машиностроительных производств и выполнять работы по корректировке, освоению и оптимизации технологических процессов с целью повышения качества изделий и эффективности производства с учетом его специфики на объектах ядерного оружейного комплекса |
| УКЦ-2           | Способен искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач                |
| УКЦ-3           | Способен ставить себе образовательные цели под возникающие жизненные задачи, подбирать способы решения и средства развития (в том числе с использованием цифровых средств) других необходимых компетенций                                                                                                                                |

Индикаторами достижения компетенций являются:

| Код компетенции | Код индикатора | Индикатор                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-2            | З-УК-2         | Знать: виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач; основные методы оценки разных способов решения задач; действующее законодательство и правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность                                                                  |
|                 | У-УК-2         | Уметь: проводить анализ поставленной цели и формулировать задачи, которые необходимо решить для ее достижения; анализировать альтернативные варианты решений для достижения намеченных результатов; использовать нормативно-правовую документацию в сфере профессиональной деятельности |
|                 | В-УК-2         | Владеть: методиками разработки цели и задач проекта; методами оценки                                                                                                                                                                                                                    |

| Код компетенции | Код индикатора | Индикатор                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                | потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта, навыками работы с нормативно-правовой документацией                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ОПК-1           | З-ОПК-1        | Знать: современные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении с точки зрения применения малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий                                                                             |
|                 | У-ОПК-1        | Уметь: провести сравнительный анализ и выбрать современные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении, обеспечивающие безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий                                                                                                                                                   |
|                 | В-ОПК-1        | Владеть: методами поиска, сбора, анализа информации о современных методах рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении с точки зрения применения малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф, и применения их в профессиональной деятельности |
| ОПК-6           | З-ОПК-6        | Знать: принципы работы современных информационных технологий и способы их использования для решения задач профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                 | У-ОПК-6        | Уметь: выбирать современные информационные технологии и использовать их для решения задач профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                 | В-ОПК-6        | Владеть: навыками работы с современными информационными технологиями и способами их использования для решения задач профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ПК-5            | З-ПК-5         | Знать: закономерности и связи процессов проектирования и создания машин; технологию сборки; принципы разработки технологического процесса изготовления машиностроительных изделий; способы рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах; принципы и правила проектирования режущего инструмента и технологической оснастки                                                              |
|                 | У-ПК-5         | Уметь: выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления из них изделий, способы реализации основных технологических процессов; определять номенклатуру средств технологического оснащения; выполнять оптимизацию режимов резания для производственных условий цеха, сравнивать качество инструментов различных производителей, проектировать технологическую оснастку для разрабатываемого технологического процесса   |
|                 | В-ПК-5         | Владеть: навыками выбора основных и вспомогательных материалов для изготовления из них изделий, оборудования, инструментов, средств технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления продукции; навыками выбора способов реализации основных технологических процессов                                                                                                                               |
| ПК-2.2          | З-ПК-2.2       | Знать: правила и особенности проектирования изделий и средств технологического оснащения машиностроительных производств, разработки и сопровождения технической документации с учетом специфики производства на объектах ядерного оружейного комплекса                                                                                                                                                                               |
|                 | У-ПК-2.2       | Уметь: выбирать технологическое, основное и вспомогательное оборудование для организации гибких производственных систем; уметь проводить работу по корректировке, освоению и оптимизации                                                                                                                                                                                                                                             |

| Код компетенции | Код индикатора | Индикатор                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                | технологических процессов машиностроительных производств                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                 | В-ПК-2.2       | Владеть: навыками выбора технологического оборудования, необходимого для реализации разработанного технологического процесса; методов и средств контроля правильности эксплуатации технологического оборудования; умеет выполнять расчеты применительно к условиям конкретного типа производства                                                                                           |
| ПК-2.3          | 3-ПК-2.3       | Знать: технические характеристики технологического оборудования, используемого в технологических процессах изготовления деталей; принципы выбора типовых технологических процессов и технологических процессов-аналогов с целью повышения качества изделий и эффективности производства с учетом его специфики на объектах ядерного оружейного комплекса                                   |
|                 | У-ПК-2.3       | Уметь: выбирать технологическое, основное и вспомогательное оборудование для организации гибких производственных систем; уметь проводить работу по корректировке, освоению и оптимизации технологических процессов машиностроительных производств с целью повышения качества изделий и эффективности производства с учетом его специфики на объектах ядерного оружейного комплекса         |
|                 | В-ПК-2.3       | Владеть: навыками выбора технологического оборудования, необходимого для реализации разработанного технологического процесса; методов и средств контроля правильности эксплуатации технологического оборудования; умеет выполнять расчеты применительно к условиям конкретного типа производства с учетом специфики производства на объектах ядерного оружейного комплекса                 |
| УКЦ-2           | 3-УКЦ-2        | Знать: методики сбора и обработки информации с использованием цифровых средств, а также актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности                    |
|                 | У-УКЦ-2        | Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; с использованием цифровых средств, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, и решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности                                            |
|                 | В-УКЦ-2        | Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации с использованием цифровых средств для решения поставленных задач, навыками подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов, публикаций и библиографии по научно-исследовательской работе с использованием цифровых средств и с учетом требований информационной безопасности |
| УКЦ-3           | 3-УКЦ-3        | Знать: основные приемы эффективного управления собственным временем, основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни с использованием цифровых средств                                                                                                                                                                                             |
|                 | У-УКЦ-3        | Уметь: эффективно планировать и контролировать собственное время, использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения в течение всей жизни с использованием цифровых средств                                                                                                                                                                                                    |
|                 | В-УКЦ-3        | Владеть: методами управления собственным временем, технологиями приобретения, использования и обновления социокультурных и профессиональных знаний, умений, и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни с использованием цифровых средств                                                                                                                    |

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| Код | Направление/цели            | Создание условий, обеспечивающих:                                                                                                  | Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B17 | Профессиональное воспитание | формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.                                                                                  |
| B18 |                             | формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения                       | Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.                                                                                                                                                        |
| B22 |                             | формирование творческого инженерного мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности                             | 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:<br>- формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы. |
| B29 |                             | формирование навыков коммуникации, командной                                                                                       | 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

| Код | Направление/цели | Создание условий, обеспечивающих:                                                                          | Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                  | работы и лидерства в области проектирования изделий и разработки технологий машиностроительных производств | профессионального модуля производственной практики для формирования приверженности к профессиональным ценностям, этике и культуре инженера-разработчика в сфере машиностроительного производства, повышения интереса к инженерно-проектной деятельности через изучение вопросов применения цифровых технологий в проектировании, ознакомление с технологиями и организацией машиностроительных производств посредством погружения студентов в работу конкретных подразделений промышленного предприятия |

Организация интерактивных мероприятий и реализация специализированных заданий с воспитательным и социальным акцентом:

- выбор на основе характеристик типа материала, используемого в процессе создания модели;
- выбор доступных CAD-систем от начального этапа создания 3D модели до конечного этапа послойного построения физического прототипа;
- выбор метода изготовления моделей;
- определение значимости точности в деталях и размерах;
- выбор методов финишной обработки моделей;
- установление связи между формой изделия и его функциональностью;
- взаимосвязь всех вносимых конструкторских изменений в конечном изделии с их функциональным назначением;
- соблюдение требований техники безопасности при проведении работ по изготовлению прототипа.

Перечисленные мероприятия направлены на:

- формирование навыков решения технических задач по проектированию и производству моделей в соответствии с требованиями к конструкции, указанными материалами и спецификациями;
- формирование способности вносить изменения в конструкцию изделия, разрабатывать новые механизмы в соответствии с требуемым функционалом конечного изделия;
- формирование навыков работы со специальным программным обеспечением, в САМ-системе и на фрезерных станках с целью обеспечения точности моделей, производственных изделий и инженерных компонентов;
- формирование навыков работы на контрольно-измерительном оборудовании;
- формирование умений и навыков проверки готового изделия на работоспособность;

– развитие умений и навыков в разработке и оформлении конструкторской документации, отображающей точную и однозначную информацию о конструктивных особенностях изделия;

– развитие творческих умений и навыков, формирование творческого профессионально-ориентированного мышления, необходимого для решения нестандартных задач, способности предоставлять инновационные способы решения проблем

– формирование навыков работы с обязательным соблюдением правил и требований техники безопасности.

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

| №<br>п/п | Наименование раздела<br>учебной дисциплины                                         | Неделя семестра | Виды учебной<br>деятельности,<br>трудоемкость в<br>ак. часах |                         |                        |                            | Обязат.<br>текущий<br>контроль<br>успеваемости<br>(форма,<br>неделя) | Аттеста<br>ция<br>раздела<br>(форма,<br>неделя) | Максим<br>альный<br>балл за<br>раздел |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|
|          |                                                                                    |                 | Лекции                                                       | Практические<br>занятия | Лабораторная<br>работа | Самостоятель<br>ная работа |                                                                      |                                                 |                                       |
| 1        | Трехмерное<br>моделирование изделия<br>согласно чертежу (CAD)                      | 1-2             | -                                                            | -                       | 8                      | 20                         | ЛР1                                                                  | КИ1-1<br>(ЛР2)                                  | 30                                    |
| 2        | Реверсивный<br>инжиниринг                                                          | 3-4             | -                                                            | -                       | 2                      | 4                          | ЛР2                                                                  |                                                 |                                       |
| 3        | Создание чертежа<br>изделия с внесенными<br>конструктивными<br>изменениями         | 5-6             | -                                                            | -                       | 4                      | 8                          | ЛР3                                                                  | КИ2-2,3<br>(ЛР5)                                | 30                                    |
| 4        | Изготовление деталей<br>прототипа изделия на<br>автоматизированном<br>оборудовании | 7-8             | -                                                            | -                       | 8                      | 4                          | ЛР4                                                                  |                                                 |                                       |
| 5        | Постобработка и<br>покраска деталей<br>прототипа изделия                           | 9-10            | -                                                            | -                       | 2                      | 4                          | ЛР5                                                                  |                                                 |                                       |
| 6        | Сборка и проверка<br>функциональности<br>прототипа                                 | 11-<br>12       | -                                                            | -                       | 4                      | 4                          | ЛР6                                                                  | КИ3-4<br>(защита<br>ЛР)                         | 20                                    |
|          | Зачет                                                                              |                 |                                                              |                         |                        |                            |                                                                      |                                                 | 20                                    |
|          | Итого в семестре                                                                   |                 | -                                                            | -                       | 28                     | 44                         |                                                                      |                                                 | 100                                   |
|          | ИТОГО                                                                              |                 | 72                                                           |                         |                        |                            |                                                                      |                                                 |                                       |

## **НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ**

### **1. Трехмерное моделирование изделия согласно чертежу (CAD)**

Основные принципы проектирования в среде Компас 3D v22. Определение методов формообразования по размерам и поверхностям, указанным в чертеже. Создание дизайнерских цветовых решений окраски прототипа. Экспорт файлов сборки в среде Компас 3D v22.

### **2. Реверсивный инжиниринг**

Основные принципы работ с полигональными объектами в среде Компас 3D v22. Определение методов формообразования поверхностям полигональной модели.

### **3. Создание чертежа изделия с внесенными конструктивными изменениями**

Основные конструктивные элементы, воспроизводимые с применением аддитивных технологий. Анализ спроектированных объектов с точки зрения работоспособности и технологичности. Топологическая оптимизация деталей прототипа изделия. Основы создания чертежей в среде Компас 3D v22.

### **4. Изготовление деталей прототипа изделия**

Техника безопасности при проведении работ с прототипом.

Материалы для 3D печати и их свойства. Основные методы и виды 3D печати. Виды кинематики 3D принтеров. Программное обеспечение 3D принтера. Настройка и калибровка принтера. Создание управляющей программы для 3D принтера с использованием слайсеров для 3D печати (Ultimaker Cura, Anycubic Slicer). Способы обеспечения заданной точности и свойств, при изготовлении деталей на 3D принтере.

Основы литья двухкомпонентного силикона и двухкомпонентного пластика. Создание литьевых форм на 3D принтере.

Основы пайки. Расчет электрических цепей. Программирование и прошивка плат Arduino. Подключение компонентов к плате Arduino.

Основы работ с SprutCAM 18. Создание управляющих программ. Подбор и установка инструмента для фрезерного станка с ЧПУ. Изготовление деталей посредством CAM обработки на фрезерном станке с ЧПУ. Изготовление деталей посредством CAM обработки на лазерном резаке/гравере.

Планирование времени на изготовление деталей прототипа с учетом требований задания.

### **5. Постобработка и покраска деталей прототипа изделия**

Техника безопасности при проведении работ с прототипом.

Технологическое оборудование, станки, инструменты и оснастка для финишной обработки изделий. Постобработка изделия: удаление поддержек, зачистка шкуркой, шпатлевание, грунтовка, окрашивание распылением. Контроль размеров готовых деталей.

### **6. Сборка и проверка функциональности прототипа**

Техника безопасности при проведении работ с прототипом.

Основы создания клеевых соединений. Основы пайки. Расчет электрических цепей. Программирование и прошивка плат Arduino. Подключение компонентов к плате Arduino. Проверка работоспособности прототипа изделия.

### Темы лабораторных занятий

1. Трехмерное моделирование изделия согласно чертежу
2. Реверсивный инжиниринг
3. Создание чертежей в среде Компас 3D v22
4. Настройка и калибровка 3D принтера
5. Изготовление деталей на 3D принтере
6. Изготовление деталей посредством САМ обработки на фрезерном станке с ЧПУ
7. Изготовление деталей посредством САМ обработки на лазерном резаке/гравере с ЧПУ
8. Изготовление деталей посредством литья двухкомпонентного силикона
9. Изготовление деталей посредством литья двухкомпонентного пластика
10. Постобработка деталей изделия
11. Основы пайки
12. Расчет и сборка электрических цепей
13. Планирование производственных процессов
14. Оптимизация прототипа с учетом выполнения критериев оценки

### Аудиторные занятия и бюджет времени на самостоятельную подготовку студента

| Учебная неделя | Наименование раздела, краткое наименование темы                           | Аудиторные занятия (час.) |                      |                     | Практическая подготовка | Самостоятельная работа |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
|                |                                                                           | Лекции                    | Практические занятия | Лабораторные работы |                         |                        |
| 1-2            | Трехмерное моделирование изделия в САПР Fusion 360                        | 0                         | 0                    | 8                   | 8                       | 20                     |
| 3-4            | Реверсивный инжиниринг                                                    | 0                         | 0                    | 2                   | 2                       | 4                      |
| 5-6            | Создание чертежа изделия с внесенными конструктивными изменениями         | 0                         | 0                    | 4                   | 4                       | 8                      |
| 7-8            | Изготовление деталей прототипа изделия на автоматизированном оборудовании | 0                         | 0                    | 8                   | 8                       | 4                      |
| 9-10           | Постобработка и покраска деталей прототипа изделия                        | 0                         | 0                    | 2                   | 2                       | 4                      |
| 11-12          | Сборка и проверка функциональности прототипа                              | 0                         | 0                    | 4                   | 4                       | 4                      |
| <b>Итого</b>   |                                                                           | <b>0</b>                  | <b>0</b>             | <b>28</b>           | <b>28</b>               | <b>44</b>              |

### 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении занятий и организации самостоятельной работы студентов используются:

1 Традиционные технологии обучения, предполагающие передачу информации в готовом виде, формирование учебных умений по образцу: (практические занятия, лабораторные работы).

Использование традиционных технологий обеспечивает ориентирование студента в потоке информации, связанной с различными подходами к вопросам, рассматриваемым в пределах дисциплины; самоопределение в выборе оптимального пути и способов личностно-профессионального развития; систематизацию знаний, полученных студентами в процессе аудиторной и самостоятельной работы. Практические занятия и лабораторные работы обеспечивают развитие и закрепление умений и навыков.

2 Интерактивные технологии обучения, предполагающие организацию обучения как продуктивной творческой деятельности в режиме взаимодействия студентов друг с другом и с преподавателем.

### **ИНТЕРАКТИВНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

| № п/п | Наименование раздела, темы дисциплины                                     | Вид занятий         | Интерактивные формы обучения | Количество часов, час. |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------|
| 1.    | Изготовление деталей прототипа изделия на автоматизированном оборудовании | Лабораторная работа | Работа в малых группах       | 4                      |
| 2.    | Постобработка и покраска деталей прототипа изделия                        | Лабораторная работа | Работа в малых группах       | 4                      |
| 3.    | Сборка и проверка функциональности прототипа                              | Лабораторная работа | Работа в малых группах       | 4                      |
|       | Итого:                                                                    |                     |                              | 12                     |

### **Организация самостоятельной работы студентов**

Цель самостоятельной работы: закрепление знаний, полученных на занятиях. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку учебно-методического материала с использованием рекомендуемой литературы и интернет-источников для подготовки к практическим занятиям, лабораторным работам, зачету.

Для контроля усвоения студентом изученного материала дисциплины используются тесты онлайн-курса «Проектирование и изготовление изделий методом 3д-печати», размещенного на Национальной платформе «Открытое образование».

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО, ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| Код компетенции | Проектируемые результаты освоения дисциплины и индикаторы формирования компетенций |           |             | Средства и технологии оценки |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|------------------------------|
|                 | Знать (З)                                                                          | Уметь (У) | Владеть (В) |                              |
| ОПК-1           | З-ОПК-1                                                                            | У-ОПК-1   | В-ОПК-1     | ЛР4, ЛР5, ЛР6, зачет         |
| ОПК-6           | З-ОПК-6                                                                            | У-ОПК-6   | В-ОПК-6     | ЛР1, ЛР2, ЛР3, зачет         |
| УК-2            | З-УК-2                                                                             | У-УК-2    | В-УК-2      | ЛР4, ЛР5, ЛР6, зачет         |
| УКЦ-2           | З-УКЦ-2                                                                            | У-УКЦ-2   | В-УКЦ-2     | ЛР4, ЛР5, ЛР6, зачет         |
| УКЦ-3           | З-УКЦ-3                                                                            | У-УКЦ-3   | В-УКЦ-5     | ЛР4, ЛР5, ЛР6, зачет         |
| ПК-5            | З-ПК-5                                                                             | У-ПК-5    | В-ПК-5      | ЛР4, ЛР5, ЛР6, зачет         |
| ПК-2.2          | З-ПК-2.2                                                                           | У-ПК-2.2  | В-ПК-2.2    | ЛР1, ЛР2, ЛР3, зачет         |
| ПК-2.3          | З-ПК-2.3                                                                           | У-ПК-2.3  | В-ПК-2.3    | ЛР4, ЛР5, ЛР6, зачет         |

Аттестация дисциплины включает аттестацию разделов и промежуточную аттестацию в форме зачета.

#### Шкала оценки за текущую аттестацию

| Раздел дисциплины            | Формы обязательной текущей аттестации и аттестации раздела | Максимальный балл за контрольное мероприятие | Максимальный балл за раздел |
|------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|
| Раздел 1.                    | ЛР1                                                        | 15                                           | 30                          |
|                              | ЛР2                                                        | 15                                           |                             |
| Аттестация раздела           | Защита ЛР                                                  |                                              |                             |
| Раздел 2.                    | ЛР3                                                        | 15                                           | 30                          |
|                              | ЛР4                                                        |                                              |                             |
|                              | ЛР5                                                        | 15                                           |                             |
| Аттестация раздела           | Защита ЛР                                                  |                                              |                             |
| Раздел 3.                    | ЛР6                                                        | 20                                           | 20                          |
| Аттестация раздела           | Защита ЛР                                                  |                                              |                             |
| Итого за аттестацию разделов |                                                            |                                              | 80                          |

За прохождение онлайн курса «Проектирование и изготовление изделий методом 3д-печати» студенту добавляется 10 баллов.

Критерии оценивания разработаны с учётом методик AtomSkills по направлению ГК «Росатом» и соответствуют спецификации стандартов WorldSkills (WSSS). Каждому разделу дисциплины назначен процент относительной важности – так же как и в рамках WSSS. Сумма всех процентов относительной важности составляет 100.

В качестве промежуточной оценки успеваемости студентов в семестре используются оценка выполнения лабораторных работ, индикаторы и критерии оценки которых содержатся в паспорте фонда оценочных средств дисциплины «Прототипирование».

*Критерии оценки лабораторных работ:*

Максимальный балл выставляется студенту, если своевременно и качественно оформлен отчет, проведены необходимые расчеты и построения, даны полные ответы на вопросы по теме лабораторной работы. Минимальный балл выставляется студенту, если знания темы слабые, нет понимания содержательной части лабораторной работы, не выполнены все задания, некачественно и несвоевременно оформлен отчет.

**Шкала оценки за промежуточную аттестацию (зачет с оценкой)**

В конце освоения дисциплины проводится зачет с оценкой, на котором студенту предлагается ответить на 1 вопрос и выполнить практическое задание.

| Критерий оценивания                                                                                                                                                       | Шкала оценивания |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| содержание курса освоено полностью, сформированы необходимые практические навыки, все задания выполнены максимально качественно                                           | 20               |
| содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые навыки в основном сформированы, все задания выполнены с хорошим качеством, близким к максимальному     | 18               |
| содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые навыки сформированы недостаточно, все задания выполнены, ни одно из них не оценено минимально, имеются ошибки | 16               |
| частичное освоение знаний курса, необходимые навыки в основном сформированы, большинство заданий выполнено, некоторые содержат ошибки                                     | 14               |
| частичное освоение знаний курса, некоторые навыки не сформированы, задания содержат ошибки или качество их выполнения близко к минимальному                               | 12               |
| слабые знания, нет понимания курса, большое количество ошибок.                                                                                                            | 11-0             |

**Шкала итоговой оценки за семестр**

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

| Оценка по 4-балльной шкале | Сумма баллов | Оценка ECTS |
|----------------------------|--------------|-------------|
| 5 – «отлично»              | 90-100       | A           |
| 4 – «хорошо»               | 85-89        | B           |
|                            | 75-84        | C           |
|                            | 70-74        | D           |
|                            | 65-69        |             |
| 3 – «удовлетворительно»    | 60-64        | E           |
|                            | Ниже 60      | F           |

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

| Сумма баллов | Оценка ECTS | Уровень приобретенных знаний по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90-100       | A           | «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.                                                            |
| 85-89        | B           | «Очень хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.                            |
| 75-84        | C           | «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками. |
| 65-74        | D           | «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.           |
| 60-64        | E           | «Посредственно» - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.                                                                   |
| Ниже 60      | F           | «Неудовлетворительно» - очень слабые знания, недостаточные для понимания курса, имеется большое количество основных ошибок и недочетов.                                                                                                                                                                                                                      |

Студент считается аттестованным по разделу, зачету, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Контрольные мероприятия, за которые студент получил 0 баллов (неявка в установленный срок), подлежат обязательной пересдаче. Сроки пересдач контрольных мероприятий в течение семестра определяет кафедра.

Студент, пропустивший контрольное мероприятие без уважительной причины или получивший за него неудовлетворительную оценку, после пересдачи контрольного мероприятия получает балл ниже установленного на 25%.

### Вопросы к зачету с оценкой

- 1 Исторические предпосылки развития объемной печати.
- 2 Что такое аддитивные технологии?
- 3 Что означает термин «прототипирование»?
- 4 Назначение CAD-модели при изготовлении прототипа деталей машин.

- 5 Области применения аддитивных технологий.
- 6 Назначение поддержек и подложек при изготовлении деталей методом быстрого прототипирования.
- 7 Сравнительный анализ механической обработки и аддитивных технологий.
- 8 Основные принципы аддитивных технологий.
- 9 Материалы для изготовления деталей методами аддитивных технологий.
- 10 Виды прототипирования.
- 11 Моделирование обработки поверхностей различного качества при механической обработке.
- 12 Принцип метода селективного лазерного спекания.
- 13 Изготовление деталей методом осаждения материала. Достоинства и недостатки метода.
- 14 Оборудование для изготовления прототипов деталей машин.
- 15 Основные узлы устройств для объемной печати деталей машин.
- 16 Основные узлы станка для фрезерования деталей машин.
- 17 Назначение CAE-системы при прототипировании
- 18 Лазерная стереолитография
- 19 Критерии выбора аддитивных технологий.
- 20 Влияние качества CAD-модели на качество поверхности деталей.
- 21 Требования к технологичности деталей машин изготовленных различными методами прототипирования
- 22 Что такое шаг построения детали? Его влияние на точность изготовления модели.
- 23 Назначение технологической оснастки при фрезеровании прототипа деталей машин
- 24 Какие машиностроительные форматы, используются в CAE-системах для моделирования деталей и технологических процессов?
- 25 Суть спекания порошковых материалов.
- 26 Точность оборудования при изготовлении прототипов деталей машин.
- 27 Опишите основной технологический процесс лазерного спекания порошковых материалов.
- 28 Экономическая эффективность использования аддитивных технологий по сравнению с традиционными методами изготовления деталей машин.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **Основная литература**

1. Каменев, С. В. Технологии аддитивного производства : учебное пособие / С. В. Каменев, К. С. Романенко. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 145 с. — ISBN 978-5-7410-1696-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/71339.html> (дата обращения: 24.04.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### **Дополнительная литература**

1. Кравченко, Е. Г. Аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие / Е. Г. Кравченко, А. С. Верещагина, В. Ю. Верещагин. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 139 с. — ISBN 978-5-4497-1012-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105704.html> (дата обращения: 24.04.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/105704>

### **Программное обеспечение:**

1. Компас 3D v22
2. Ultimaker Cura. Anycubic Slicer
3. САПР Компас 3D v22

### **LMS и Интернет-ресурсы:**

1. Научная электронная библиотека. URL: <http://www.elibrary.ru>.
2. Национальная платформа открытого образования: <https://openedu.ru/my/courses/>.
3. Образовательный портал НИЯУ МИФИ . URL: <https://online.mephi.ru/>.
4. Справочная система Актион URL: <https://action360.ru/>
5. Центр информационно-библиотечного обеспечения учебно-научной деятельности НИЯУ МИФИ URL: <http://library.mephi.ru/>.
6. Электронная информационно-образовательная среда ТИ НИЯУ МИФИ URL: <http://stud.mephi3.ru/>.
7. Электронно-библиотечная система IPRbooks URL: IPRbooks <https://www.iprbookshop.ru/>.
8. Электронно-библиотечная система Лань URL: <https://e.lanbook.com/>
9. Онлайн курс «Проектирование и изготовление изделий методом 3д-печати» [https://openedu.ru/course/mephi/mephi\\_pi3d/?session=fall\\_2025](https://openedu.ru/course/mephi/mephi_pi3d/?session=fall_2025)

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Реализация практического раздела и лабораторного практикума рабочей программы дисциплины базируется на наличии лабораториях САПР и лаборатории «Прототипирование».

Лаборатория 218 «Лаборатория САПР» имеет следующее компьютерное оборудование:

17 компьютеров на базе процессора Intel (R) Core (TM) i5-3570, CPU 3.4 GHz и видеопроектор NEC M271X;

Лаборатория 219 «Лаборатория САПР»: содержит 16 компьютеров на базе процессора Intel (R) Core (TM) i5-2310, CPU 2.9 GHz и видеопроектор BENQ W600+.

Лаборатория 07 «Прототипирование» оснащена следующим оборудованием:

- мультимедиа проектор,
- моноблоки с лицензионным программным обеспечением,
- 3D-принтеры FORA,
- 3D-принтеры Anycubic Kobra 2 Pro
- 3D-сканер Shining 3D EinScan-SE
- фрезерный станок ЧПУ SolidCraft CNC-4060,
- тарельчато-ленточный шлифовальный станок JET JSG-233A-M,
- покрасочная камера,
- гравёр Калибр ЭГ-145+ВГ,
- измерительный инструмент.

Доступ студентов к программной среде для выполнения лабораторных работ осуществляется через сетевую учебную версию программных пакетов.

Каждый студент имеет свой логин и пароль для входа в Электронную информационно-образовательную среду ТИ НИЯУ МИФИ <http://stud.mephi3.ru/>

Каждый студент имеет доступ к электронно-библиотечной системе IPRbooks.

---

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

**Авторы:** и.о. заведующего кафедрой технологии машиностроения С.С Юбкин;  
доцент кафедры технологии машиностроения Е.В. Козлова