

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

Д.А. Гаврилов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Проектирование, прототипирование и производство в проектном формате
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиотехники и систем управления
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: В.Е. Кузнецов, канд. техн. наук, преподаватель

Программа обсуждена на заседании кафедры радиотехники и систем управления 03.03.2023

Аннотация

Участники курса «Проектирование, прототипирование и производство в проектном формате» освоят технику трансформации идеи в готовый материальный продукт и познакомятся с наиболее доступными и эффективными инструментами моделирования, макетирования, прототипирования и производства.

Курс состоит исключительно из практических занятий и подразумевает серьезную самостоятельную работу обучающихся на площадке УПЦ «Физтех. Фабрика», работу головой и руками, работу с простыми и сложными инструментами.

Обучающиеся приобретут навыки технического эскизирования, компьютерного проектирования и работы в САМ системах, получат возможность освоить технологии: лазерной резки неметаллических и металлических материалов; простой и продвинутой обработки модельных и функциональных материалов на фрезерных и токарных станках с ЧПУ; эффективной настольной 3D печати; изготовления печатных плат и монтажа электронных компонентов.

Каждая освоенная тема выльется в самостоятельно спроектированный и изготовленный материальный артефакт и даст возможность дальнейшего использования ресурсов Физтех. Фабрики как в рамках настоящего курса, так и в иных своих учебных проектах.

Обучающийся самостоятельно выбирает темы для освоения, обязательными являются 6 из них. Каждое практическое занятие дополняется самостоятельной работой студента при поддержке экспертов.

Итогом аудиторной и самостоятельной работы обучающегося является комплексный проект, утилизирующий несколько освоенных технологий. Защита выполненного проекта является условием успешного завершения курса.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Познакомить обучающихся бакалавриата МФТИ с основными возможностями и ограничениями современных средств компьютерного проектирования и цифрового производства в задачах разработки новых продуктов; научить обучающихся, используя ограниченные временные, материальные и аппаратные ресурсы, доводить идеи и задания до состояния функционального прототипа.

Задачи дисциплины

- приобретение слушателями практических умений и навыков в области технического эскизирования, компьютерного проектирования и работы в САМ-системах (Computer-Aided Manufacturing);
- приобретение слушателями практических умений и базовых навыков работы с современным цифровым производственным оборудованием, включая машины лазерной резки неметаллических и металлических материалов; станки механической обработки с ЧПУ; 3D принтеры;
- приобретение слушателями практических умений и базовых навыков использования программно-аппаратных средств быстрого прототипирования электронных систем, а также навыков проектирования и изготовления печатных плат и монтажа электронных компонентов;
- формирование у слушателей системного подхода в сфере проектной деятельности и привитие им инженерной культуры, умения целенаправленно работать с аналоговым и цифровым оборудованием, используя его для решения профессиональных задач;
- подготовка слушателей к участию в разработке и реализации проектов исследовательской и инновационной направленности, в том числе в команде исполнителей;
- подготовка слушателей к решению изобретательских задач и задач профессиональной деятельности с использованием современного программного обеспечения, цифрового и аналогового оборудования.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1 Способен устанавливать разные виды коммуникации (учебную, научную, деловую, неформальную и др.)
	УК-3.2 Взаимодействует с другими членами команды для достижения поставленной задачи
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности
	ОПК-4.3 Умеет составлять аннотации, рефераты, библиографические перечни и обзоры информации в области своей профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.1 Способен решать поставленные задачи в области теоретических и экспериментальных исследований и разработок
	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников
	ОПК-5.3 Способен к профессиональной эксплуатации современной экспериментальной научно-исследовательской (измерительно-аналитической и технологической) аппаратуры
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- доступные и эффективные инструменты моделирования, макетирования, прототипирования и производства;
- принципы безопасной и эффективной работы на современном цифровом и аналоговом оборудовании;
- возможности и ограничения применения различных технологий.

уметь:

- эффективно применять свои знания для решения задач трансформации идеи в готовый материальный продукт;
- комбинировать применение различных технологий для эффективного достижения поставленной цели;
- практически реализовывать полученные навыки для выбора технологий, освоения инструментов моделирования, макетирования, прототипирования и производства;
- организовывать работу над проектом с учетом имеющихся возможностей и ограничений;
- формулировать проектные задачи и при необходимости искать дополнительную информацию для их решения.

владеть:

- навыками технического эскизирования, компьютерного проектирования и работы в САМ-системах;
- навыками применения технологии материалов; простой и продвинутой обработки модельных и функциональных материалов на фрезерных и токарных станках с ЧПУ; эффективной настольной 3D печати; изготовления печатных плат и монтажа электронных компонентов;
- навыками работы на современном цифровом и аналоговом оборудовании;
- практикой организации работы над собственным комплексным проектом.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Технический рисунок как средство коммуникации	2	2		3
2	Продвинутые техники эскизирования (скетчинг)	2	2		3
3	Базовые техники 3D компьютерного проектирования	2	2		3
4	Продвинутые техники компьютерного проектирования	2	2		3
5	Управление проектом и контроль версий	2	2		3
6	Знакомство с лазерной резкой и маркировкой	2	2		5
7	Конструирование и изготовление объемных изделий из плоских деталей, получаемых лазерной резкой	2	2		5
8	Операции фрезерного раскроя (2D)	2	2		5
9	Операции фрезерной обработки в 2,5 координатных осях	2	2		6
10	Знакомство с 3D печатью экструдированием материала	2	2		5
11	Операции фрезерной обработки в трех осях	2	2		6
12	Знакомство с зоной работы с электроникой	2	2		6
13	Быстрое прототипирование электронных схем	2	2		6
14	Компьютерное проектирование электронного устройства	2	2		6

15	Изготовление печатной платы и монтаж электронных компонентов	2	2		10
Итого часов		30	30		75
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 8 (Весенний)

1. Технический рисунок как средство коммуникации

Понятие технического рисунка. Виды технического рисунка. Требования к техническому рисунку.

Техники выполнения технического рисунка.

2. Продвинутое эскизирование (скетчинг)

Понятие техники эскизирования (скетчинга). Классификация эскизирования (скетчинга). Принципы техники эскизирования (скетчинга).

3. Базовые техники 3D компьютерного проектирования

3D компьютерное проектирование. Знакомство с интерфейсом CAD системы. Основные принципы формирования объемных моделей на основе плоских эскизов. Экспорт объемных моделей и плоских чертежей для дальнейшей работы в САМ системах.

4. Продвинутое компьютерное проектирование

Понятие технологии компьютерного проектирования. Дополнительные техники моделирования. Параметризация моделей. Принципы работы в сборках.

5. Управление проектом и контроль версий

Понятие "управление проектом и контроль версий". Использование онлайн платформы GITHUB для работы с комплексным проектом в итерационном режиме.

6. Знакомство с лазерной резкой и маркировкой

Принципы безопасной и эффективной работы с машиной лазерной резки, допустимые и недопустимые материалы, технологические режимы, техническое обслуживание, подготовка простых заданий

7. Конструирование и изготовление объемных изделий из плоских деталей, получаемых лазерной резкой

Особенности конструирования и изготовления объемных изделий из плоских деталей, получаемых лазерной резкой. Слайсинг, развертки и соединения с тугой посадкой

8. Операции фрезерного раскроя (2D)

Какие бывают операции фрезерного раскроя. Правила безопасной работы с опасным оборудованием, принципы проектирования изделий, собираемых из деталей, полученных операциями фрезерного раскроя.

9. Операции фрезерной обработки в 2,5 координатных осях

Принцип операции фрезерной обработки в 2,5 координатных осях, операции выборки, использование фасонных инструментов.

10. Знакомство с 3D печатью экструдированием материала

Понятие 3D печати экструдированием материала. Подготовка файлов для 3D печати, материалы, параметры печати, калибровка и обслуживание принтера

11. Операции фрезерной обработки в трех осях

Понятие операции фрезерной обработки в трех осях. Стратегии черновой и чистовой фрезерной обработки в САМ системах, выбор инструмента, расчет технологических режимов, ориентирование и крепление заготовки.

12. Знакомство с зоной работы с электроникой

Определение зоны работы с электроникой. Принципы и правила безопасной работы в зоне электроники, паяльное и измерительное оборудование, электронные компоненты и их монтаж

13. Быстрое прототипирование электронных схем

Разработка и моделирование электронных схем, уточнение особенностей реализации путем быстрого прототипирования макета, устранение неисправностей.

14. Компьютерное проектирование электронного устройства

Проектирование электронного устройства в CAD и подготовка производства печатной платы методом фрезерной обработки с учетом доступных материалов и технологического инструмента.

15. Изготовление печатной платы и монтаж электронных компонентов

Основные этапы изготовления печатной платы фрезерной обработкой. Особенности ручного монтажа электронных компонентов. Проведение измерений и отладка готового устройства.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная компьютерным оборудованием и программным обеспечением для работы с CAD/CAM – системами (12 рабочих мест).

Технологические участки УПЦ «Физтех. Фабрика», оснащенные производственным оборудованием, приборами и инструментами (<https://miptfab.ru/machines>): участок механической ЧПУ обработки металлических материалов, ЧПУ фрезерной обработки неметаллических материалов, настольного цифрового производства, лазерной обработки, 3D печати, работы с электроникой, сварочных работ, сборочных работ, столярная мастерская.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Искусство схемотехники / Т. К. Хейс, П. Хоровиц. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2022.
2. Изучаем ARDUINO / Дж. Блум. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2022.

Дополнительная литература

1. Резание металлов излучением мощных волоконных лазеров / Е. Д. Вакс, И. Ф. Лебёдкин, М. Н. Миленский [и др.]. – Москва: Техносфера, 2019.

1. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике [Текст]/[А. А. Алямовский и др.], -СПб., БХВ-Петербург, 2005

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<https://miptfab.ru/techologies> – обучающие материалы УПЦ «Физтех.Фабрика»

<http://lib.mipt.ru> – электронная библиотека МФТИ

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Для работы с CAD/CAM-системами оснащены отечественным ПО SprutCAM 23 рабочих места, в том числе с возможностью вывода управляющих программ. Имеются кинематические схемы 7 станков с ЧПУ и отечественные постпроцессоры для них. Хранение учебных материалов дисциплины организовано в репозиториях с распределенной документацией.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент самостоятельно выбирает темы (разделы) дисциплины для освоения, в соответствии с реализуемым проектом. Каждое практическое занятие дополняется самостоятельной работой студента при поддержке экспертов с использованием оборудования УПЦ «Физтех. Фабрика».

Итогом самостоятельной работы обучающегося является комплексный проект с использованием нескольких освоенных технологий.

Результатом реализации комплексного проекта является разработанное и изготовленное функциональное устройство, способное тем или иным способом реагировать на меняющиеся условия внешней среды. Проект может быть основан на известных решениях, но должен обладать признаками новизны.

Пояснительная записка к проекту должна содержать:

- 1) Описание продукта (устройства);
- 2) Анализ существующих аналогов и формулировки отличительных признаков проекта;
- 3) Описание процесса проектирования и изготовления продукта;
- 4) Описание процесса тестирования продуктов и анализ его результатов.

Предпочтительная форма презентации проекта – короткий видеоролик.

Студент самостоятельно выбирает тему проекта и согласовывает ее с преподавателем или получает тему проекта в формате задания от преподавателя. В последнем случае студент не получает подробное техническое задание на продукт, а лишь краткое его описание, допускающее интерпретацию функциональности продукта в широком диапазоне.

Защита выполненного проекта является условием успешного завершения курса.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиотехники и систем управления
курс:	4
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	В.Е. Кузнецов, канд. техн. наук, преподаватель

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1 Способен устанавливать разные виды коммуникации (учебную, научную, деловую, неформальную и др.)
	УК-3.2 Взаимодействует с другими членами команды для достижения поставленной задачи
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности
	ОПК-4.3 Умеет составлять аннотации, рефераты, библиографические перечни и обзоры информации в области своей профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.1 Способен решать поставленные задачи в области теоретических и экспериментальных исследований и разработок
	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников
	ОПК-5.3 Способен к профессиональной эксплуатации современной экспериментальной научно-исследовательской (измерительно-аналитической и технологической) аппаратуры
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Проектирование, прототипирование и производство в проектном формате» обучающийся должен:

знать:

- доступные и эффективные инструменты моделирования, макетирования, прототипирования и производства;
- принципы безопасной и эффективной работы на современном цифровом и аналоговом оборудовании;
- возможности и ограничения применения различных технологий.

уметь:

- эффективно применять свои знания для решения задач трансформации идеи в готовый материальный продукт;
- комбинировать применение различных технологий для эффективного достижения поставленной цели;
- практически реализовывать полученные навыки для выбора технологий, освоения инструментов моделирования, макетирования, прототипирования и производства;
- организовывать работу над проектом с учетом имеющихся возможностей и ограничений;
- формулировать проектные задачи и при необходимости искать дополнительную информацию для их решения.

владеть:

- навыками технического эскизирования, компьютерного проектирования и работы в САМ-системах;
- навыками применения технологии материалов; простой и продвинутой обработки модельных и функциональных материалов на фрезерных и токарных станках с ЧПУ; эффективной настольной 3D печати; изготовления печатных плат и монтажа электронных компонентов;
- навыками работы на современном цифровом и аналоговом оборудовании;
- практикой организации работы над собственным комплексным проектом.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль осуществляется в форме демонстрации преподавателю результатов промежуточных этапов реализации проекта.

а также в виде обсуждения особенностей реализации следующих этапов.

Студент самостоятельно выбирает тему проекта и согласовывает ее с преподавателем или получает тему проекта в формате задания от преподавателя. В последнем случае студент не получает подробное техническое задание на продукт, а лишь краткое его описание, допускающее интерпретацию функциональности продукта в широком диапазоне.

Примеры проектов:

Умная урна (Устройство для накопления бытового мусора в жилых или офисных помещениях с дополнительными возможностями)

Уровень 1. Мусорная корзина с контролем наполнения и системой оповещения о статусе

Уровень N. Мусорная корзина с возможностью быстрых перемещений по ровному полу и системой машинного зрения, способная «перехватывать» брошенные в ее направлении предметы

Домашняя ферма (Устройство для выращивания съедобных растений внутри помещений с полной или частичной автоматизацией обслуживания)

Уровень 1. Growbox (коробка для выращивания зелени) с программируемой системой полива, контролем температуры и освещения.

Уровень N. Food computer – система для эффективного производства съедобных растений внутри помещения, обладающая системами контроля параметров температурного режима в не менее чем двух зонах, контролем состояния атмосферы, распознавания оптимального момента для съема урожая и оповещения о наступлении этого момента, функцией автоматического ведения блога в социальной сети.

Беспилотный летательный аппарат для использования внутри помещений

Уровень 1. Летательный аппарат, управляемый дистанционно, способный самостоятельно обнаруживать препятствия и предотвращать столкновения с ними.

Уровень N. Беспилотный гид, способный проводить экскурсии по корпусам и лабораториям Физтеха, следуя по определенному маршруту, или способный прокладывать маршруты от заданных точек и проводить по ним людей.

Мобильный робот для манипуляции объектами

Уровень 1. Управляемый через пульт мобильный робот с рядом исполнительных механизмов, способных решить задачу по манипуляции заранее заданными объектами.

Уровень N. Беспилотное построение карты и навигация в заранее неизвестном окружении. Нахождение требуемых объектов и выполнение заданных манипуляций.

Результатом реализации комплексного проекта является разработанное и изготовленное функциональное устройство, способное тем или иным способом реагировать на меняющиеся условия внешней среды. Проект может быть основан на известных решениях, но должен обладать признаками новизны.

Итогом самостоятельной работы обучающегося является комплексный проект с использованием нескольких освоенных технологий.

Критерии оценивания проектной работы:

Проектная работа должна быть защищена студентом, подготовившим ее. Оценка за проект учитывает работоспособность модели, полноту и самостоятельность выполнения работы. .

Оценка проекта носит неформальный недифференцированный характер: задание успешно выполнено, задание выполнено недостаточно и требует дополнительного обсуждения, задание выполнено неудовлетворительно. Результаты оценки заданий могут быть учтены в результирующей оценке по курсу.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, успешно завершившему проект и продемонстрировавшему самостоятельно изготовленное функциональное устройство, способное тем или иным способом реагировать на меняющиеся условия внешней среды, доведенное до состояния работающего прототипа. Проект может быть основан на известных решениях, но должен обладать признаками новизны. Оценка «не зачтено» выставляется студенту, не завершившему реализацию собственного проекта.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачёта:

1. Использование поддержек в технологиях аддитивного производства.
2. Основные геометрические параметры инструмента фрезерной обработки.
3. В чем принципиальное отличие между чистовой и черновой обработкой в механической обработке с использованием САМ систем.
4. 2D; 2,5D и 3D фрезерная обработка.
5. Экспорт объемных моделей и плоских чертежей для дальнейшей работы в САМ системах.
6. Параметризация моделей в компьютерном проектировании.
7. Подготовка к работе машины лазерной резки. Подбор технологических параметров лазерной резки.
8. Основные преимущества и недостатки технологии FFF 3D печати.
9. Использование онлайн платформы GITHUB для работы с комплексным проектом в итерационном режиме.
10. Конструирование и изготовление объемных изделий из плоских деталей, получаемых лазерной резкой и фрезерным раскроем.
11. Операции фрезерного раскроя. Доступные для обработки материалы для станка FlexiCAM.
12. Особенности многосторонней обработки на 3-х осевом фрезерном станке с ЧПУ.
13. Основные материалы для FFF 3D печати.
14. Набор и последовательность применения инструментов для разработки и изготовления электронных устройств.
15. Допустимые материалы для работы с машиной лазерной резки (CO2).
16. Принципы и правила безопасной работы в зоне электроники, основное паяльное и измерительное оборудование.
17. Этап быстрого прототипирования электронных устройств и его роль в общем процессе разработки.

18. Изготовление печатной платы методом фрезерования проводящего рисунка, оборудование, материалы и режимы работы.
19. Использование фрез с различным направлением выброса стружки.
20. Основные технологические параметры фрезерной обработки.
21. Характерные дефекты в FFF 3D печати.
22. Подготовка к работе станка с ЧПУ на примере станка FlexiCAM.
23. Симуляция управляющих программ.
24. Монтаж электронных компонентов на печатную плату, особенности проводимых работ для разных типов компонентов и используемые материалы.
25. Принцип работы драйверов шаговых двигателей.
26. Проектирование электронного устройства с использованием САПР, особенности и переходы.
27. Подготовка к работе токарного станка с ЧПУ (Charly).
28. Основные виды токарных операций и токарного инструмента.
29. Адаптивные стратегии в САМ системах.
30. Понятие линейной и объемной скорости в FFF 3D печати.
31. Анизотропия изделий как недостаток 3D печати.
32. Средства отладки микроконтроллеров.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачёт проводится в устной форме, с предъявлением пояснительной записки к проекту и его презентацией. Предпочтительная форма презентации проекта – короткий видеоролик.

Допускается также демонстрация работающего прототипа функционального устройства.

Пояснительная записка к проекту должна содержать:

- 1) Описание продукта (устройства);
- 2) Анализ существующих аналогов и формулировки отличительных признаков проекта;
- 3) Описание процесса проектирования и изготовления продукта;
- 4) Описание процесса тестирования продуктов и анализ его результатов.

Защита выполненного проекта является условием успешного завершения курса.

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.