

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования «Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР



А.Г. Балашов

2023 г.

**Дополнительная профессиональная программа  
(программа профессиональной переподготовки)  
Цифровое моделирование и прототипирование компонентов  
робототехники и сенсорики**

---

**Информационно-коммуникационные технологии**

---

Москва 2023

## **I. Общие положения**

Дополнительная профессиональная программа (программа профессиональной переподготовки) ИТ-профиля «Цифровое моделирование и прототипирование компонентов робототехники и сенсорики» (далее – Программа) разработана в соответствии с нормами Федерального закона РФ от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», с учетом требований приказа Минобрнауки России от 1 июля 2013 г. № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам», с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 15 ноября 2013 г. № 1244 «О внесении изменений в Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 1 июля 2013 г. № 499»; паспорта федерального проекта «Развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»; постановления Правительства Российской Федерации от 13 мая 2021 г. № 729 «О мерах по реализации программы стратегического лидерства «Приоритет-2030» (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 14 марта 2022 г. № 357 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 13 мая 2021 г. № 729»); приказа Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 28 февраля 2022 г. № 143 «Об утверждении методик расчета показателей федеральных проектов национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и признании утратившими силу некоторых приказов Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации об утверждении методик расчета показателей федеральных проектов национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (далее – приказ Министерства цифрового развития, связи и массовых

коммуникаций Российской Федерации № 143); федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. N 928 (далее вместе – ФГОС ВО)), а также профессионального стандарта «Специалист по проектированию систем в корпусе», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 сентября 2016 года №519н.

2. Профессиональная переподготовка заинтересованных лиц (далее – Слушатели), осуществляемая в соответствии с Программой (далее – Подготовка), имеющей отраслевую направленность в области информационно-коммуникационных технологий, проводится в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (далее – Университет) в соответствии с учебным планом в очной/заочной форме обучения.

3. Разделы, включенные в учебный план Программы, используются для последующей разработки календарного учебного графика, учебно-тематического плана, рабочей программы, оценочных и методических материалов. Перечисленные документы разрабатываются Университетом самостоятельно, с учетом актуальных положений законодательства об образовании, законодательства в области информационных технологий и смежных областей знаний ФГОС ВО и профессионального стандарта 29.006 "Специалист по проектированию систем в корпусе".

4. Программа регламентирует требования к профессиональной переподготовке в области разработки и проектировании электронных систем.

Срок освоения Программы составляет 255 часов.

К освоению Программы в рамках проекта допускаются лица:

- получающие высшее образование по очной (очно-заочной) форме, лица, освоившие основную профессиональную образовательную программу (далее – ОПОП ВО) бакалавриата – в объеме не менее первого курса

(бакалавры 2-го курса), ОПОП ВО специалитета – не менее первого и второго курсов (специалисты 3-го курса).

5. Область профессиональной деятельности - «29 Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования».

## **II. Цель**

6. Целью подготовки слушателей по Программе является получение компетенции, необходимой для выполнения нового вида профессиональной деятельности «Проектирование изделий микро- и нанoeлектроники типа «система в корпусе»»; приобретение новой квалификации «Специалист по проектированию систем в корпусе».

## **III. Характеристика новой квалификации и связанных с ней видов профессиональной деятельности, трудовых функций и (или) уровней квалификации**

7. Виды профессиональной деятельности, трудовая функция, указанные в профессиональном стандарте по соответствующей должности «Инженер-конструктор I/II категории», представлены в таблице 1:

**Характеристика новой квалификации, связанной с видом профессиональной деятельности и трудовыми функциями  
в соответствии с профессиональным стандартом 29.006 «Специалист по проектированию систем в корпусе»**

Область профессиональной деятельности	Тип профессиональной деятельности	Код и наименование профессиональной компетенции	Трудовые действия	Трудовая функция	Обобщенная трудовая функция	Вид профессиональной деятельности
29 Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	Проектный	ПК-1. Способен выполнять разработку комплекта рабочей конструкторской документации средствами САПР	<p>Определение необходимого набора конструкторской документации в соответствии с требованиями технического задания;</p> <p>Разработка рабочего комплекта конструкторской документации на изделия "система в корпусе"</p>	<p>В/02.6. Разработка комплекта рабочей конструкторской документации по результатам измерений и испытаний опытных образцов изделий "система в корпусе"</p>	<p>В. Разработка комплекта конструкторской и технической документации на изделия "система в корпусе"</p>	<p>Проектирование изделий микро- и нанoeлектроники типа "система в корпусе"</p>



Таблица 2

**Характеристика новой и развиваемой цифровой компетенции в ИТ-сфере, связанной с уровнем формирования и развития в результате освоения Программы «Цифровое моделирование и прототипирование компонентов робототехники и сенсорики»**

Наименование сферы	Код и наименование профессиональной компетенции	Пример инструментов	0 — способность не проявляется/ проявляется в степени, недостаточной для отнесения к 1 уровню сформированности компетенции	1 — способность проявляется под внешним контролем / при внешней постановке задачи/ обучающийся пользуется готовыми, рекомендованным и продуктами	2 — способность проявляется, но обучающийся эпизодически прибегает к экспертной консультации/ самостоятельно подбирает и пользуется готовыми продуктами	3 — способность проявляется системно / обучающийся модифицирует способность под определенные задачи / создает новый продукт, обучает других
Стандарты и методики проектирования электронных систем (ЭС)	ПК 2 Применяет системы моделирования и средства автоматизации проектных работ (САПР) (ID 137)	Altium Designer, Mentor Graphics, Creo, Интермех	(-)	Применяет инструменты САПР. Разрабатывает САД-модели отдельных блоков и узлов под контролем опытного специалиста	Применяет инструменты САПР Самостоятельно разрабатывает САД-модели отдельных блоков и узлов, используя шаблоны и пресеты. Проводит первичную верификацию работы систем при помощи САД/САЕ моделирования	(-)
Системы	ПК-3 Использует	Solid Works,	(-)	Самостоятельно	Самостоятельно работает с	(-)

проектирования. CAD/CAM системы	3D-моделирование (ID 48)	Inventor Professional, FreeCAD, Компас- 3D		открывает и просматривает объемные модели. Использует простейшие программы для создания 3D-моделей	программами для 3D-моделирования. Готовит модель для 3D-печати	
Прикладные программные комплексы и системы	ПК-4 Применяет системы управления проектами и задачами (ID 18)	Jira Software, Союз PLM, Basecamp	(-)	Под контролем применяет базовый функционал систем управления проектами и задачами	Самостоятельно на уровне администратора использует системы управления проектами и задачами для организации командной работы. Выполняет эксплуатацию систем управления проектами и задачами, их настройку и доработку	(-)

#### **IV. Характеристика новых и развиваемых цифровых компетенций, формирующихся в результате освоения программы**

8. В ходе освоения Программы Слушателем приобретаются следующие профессиональные компетенции:

- ПК-1. Способен выполнять проектирование и конструирование микросистем средствами САПР;

9. В ходе освоения Программы Слушателем совершенствуются следующие профессиональные компетенции:

- ПК-2 Применяет системы моделирования и средства САПР;

- ПК-3 Использует 3D-моделирование.

- ПК-4 Применяет системы управления проектами и задачами

#### **V. Планируемые результаты обучения по ДПП III**

10. Результатами подготовки слушателей по Программе является получение компетенции, необходимой для выполнения нового вида профессиональной деятельности в области информационных технологий «Проектирование изделий микро- и наноэлектроники типа «система в корпусе»»; приобретение новой квалификации «Специалист по проектированию систем в корпусе».

11. В результате освоения Программы слушатель освоит:

Наименование компетенции: ПК-1. Способен выполнять проектирование и конструирование микросистем средствами САПР

Знать: основные методы проектирования и конструирования микросистем средствами САПР;

Уметь: применять специализированные САПР для проектирования и конструирования микросистем;

Иметь навыки: проектирования и конструирования микросистем с помощью САПР.



Наименование компетенции: ПК-2 Применяет системы моделирования и средства САПР

Знать: основы цифрового моделирования и прототипирования компонентов робототехники и сенсорики;

Уметь: применять методы моделирования и прототипирования при проектировании микросистем;

Иметь навыки: по моделированию и прототипированию микросистем.

Наименование компетенции: ПК-3 Использует 3D-моделирование

Знать: принципы работы в программах 3D-моделирования и методы работы с трехмерными моделями;

Уметь: создавать трехмерные модели в программах 3D-моделирования;

Иметь навыки: работы в программах 3D-моделирования.

Наименование компетенции: ПК-4 Применяет системы управления проектами и задачами

Знать: принципы и методы работы в программах управления проектами и задачами;

Уметь: создавать задачи для коллектива в системах управления проектами и задачами;

Иметь навыки: работы в программах управления проектами и задачами.

## **VI. Организационно-педагогические условия реализации ДПП**

12. Реализация Программы должна обеспечить получение компетенции, необходимой для выполнения нового вида профессиональной деятельности в области информационных технологий «Проектирование изделий микро- и нанoeлектроники типа «система в корпусе»»; приобретение новой квалификации «Специалист по проектированию систем в корпусе».

13. Учебный процесс организуется с применением электронного

обучения, инновационных технологий и методик обучения, способных обеспечить получение слушателями знаний, умений и навыков в области производства электрооборудования, электронного и оптического оборудования.

14. Реализация Программы обеспечивается научно-педагогическими кадрами Университета, допустимо привлечение к образовательному процессу высококвалифицированных специалистов ИТ-сферы и/или дополнительного профессионального образования с обязательным участием представителей профильных организаций-работодателей. Возможно привлечение региональных руководителей цифровой трансформации (отраслевых ведомственных и/или корпоративных) к проведению итоговой аттестации, а также привлечение работников действующих предприятий.

## VII. Учебный план ДПП

15. Объем Программы составляет 255 часов.

16. Учебный план Программы определяет перечень, последовательность, общую трудоемкость разделов и формы контроля знаний.

Учебный план программы профессиональной переподготовки «Цифровое моделирование и прототипирование компонентов робототехники и сенсорики»

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Общая трудоемкость (255 часов)	Форма контроля
1.	Проектирование микросистем средствами САПР Mentor Graphics (ECAD - Xpedition Enterprise)	53	Зачет
2.	Анализ целостности сигналов, перекрестных помех и электромагнитной совместимости (HyperLynx VX Mentor)	48	Зачет
3.	Цифровые технологии сопровождения процессов разработки микросистем (PDM/PLM-системы)	44	Зачет
4.	Трёхмерное проектирование конструкций микросистем (MCAD)	44	Зачет
5.	Инженерные расчеты в САПР (ECAD)	44	Зачет
6.	Практика	10	Зачет

	Промежуточная аттестация	10	Зачет
	Итоговая аттестация	2	Демонстрационный экзамен
	Итого:	255	

### **VIII. Календарный учебный график**

18. Календарный учебный график представляет собой график учебного процесса, устанавливающий последовательность и продолжительность обучения и итоговой аттестации по учебным дням.



## IX. Рабочая программа учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей)

19. Рабочая программа содержит перечень разделов и тем, а также рассматриваемых в них вопросов с учетом их трудоемкости.

Рабочая программа разрабатывается Университетом с учетом профессионального стандарта 29.006 «Специалист по проектированию систем в корпусе».

№ п/п	Наименование и краткое содержание раздела (модуля)	Объем, часов
1	Проектирование микросистем средствами САПР Mentor Graphics (ECAD - Xpedition Enterprise)	53
1.1	Обзор решений компании Mentor Graphics для проектирования микросистем	4
1.2	Центральная библиотека компонентов маршрута Xpedition Enterprise VX: - создание и настройка центральной библиотеки проекта - создание символов; - создание посадочных мест; - создание компонентов.	14
1.3	Основы схмотехнического проектирования средствами Designer VX: - создание и настройка проекта; - создание и редактирование схемы; - проверка и упаковка схемы.	12
1.4	Топологическое проектирование средствами Layout VX: - настройка проекта и создание геометрии печатной платы; - конструктивно-технологические ограничения; - размещение компонентов; - трассировка межсоединений	14
1.5	Технологическая подготовка к производству: - проверка топологии на соблюдение конструктивно-технологических ограничений; - подготовка и генерация данных для конструкторской документации	9
2.	Анализ целостности сигналов, перекрестных помех и электромагнитной совместимости (HyperLynx VX Mentor)	48
2.1	Основные понятия целостности сигналов: - Пассивные радиоэлементы, емкость и индуктивность; - Колебательный контур и резонанс; - Физические процессы в колебательном контуре; - Электрическое и магнитное поле; - Индуктивная и емкостная наводки; - Ток смещения в конденсаторе; - Влияние помех на линии передачи;	16



№ п/п	Наименование и краткое содержание раздела (модуля)	Объем, часов
	- Магнитный и электрический экраны	
2.2	Пред-топологический анализ: - Физика распространения сигнала в линии передачи - Передача сигнала с помощью дифференциальной пары - Линия передачи - Правило 4T - Технология - Топология - Согласование - Параметры передающих линий - Сравнение решений	16
2.3	Пост-топологический анализ: - Ограничения в области передачи сигналов по одной цепи - Обзор дифференциальной передачи сигналов - Ограничения в области дифференциальной передачи сигналов - Области дифференциальной связи, Zdiff, дифференциальная терминатция - Симуляция в Hyperlynx - Многоплатный Анализ BoardSim - Создание Многоплатной Системы - Открытие и Редактирование Файлов MultiBoard - General SI Batch Simulation - Отображение Цепей Связанных Наводкой	16
3.	Цифровые технологии сопровождения процессов разработки микросистем (PDM/PLM-системы)	44
3.1	Введение. Современные государственные стандарты по разработке и сопровождению электронной документации. САПР: - Обзор систем ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПП. Системы ГОСТ и ОСТ; - Обзор рынка систем автоматизации и управления конструкторских, технологических работ в области электронного машино- и приборостроения.	7
3.2	Ведение архива технической документации предприятия и управления данными об изделии в системе PDM: - Задачи и функции PDM. СУБД; - Средства эффективного поиска; - Интеграция с CAD/CAM/CAE системами и ERP-системами.	8
3.3	Информационная поддержка жизненного цикла изделия электронной техники: - Этапы жизненного цикла изделия электронной техники; - Автоматизация процессов управления конструкторско-технологических работ в едином информационном пространстве; - Интеграция систем управления проектами с PDM-системами; - Автоматизация технического документооборота.	8
3.4	Проектирование изделий и оформление конструкторской документации средствами САПР в соответствии с требованиями ЕСКД: - Автоматизация двумерного и трехмерного проектирования. Параметрическое проектирование; - Информационно-справочная база данных. Библиотеки стандартных элементов, деталей, материалов, прочих изделий;	7



№ п/п	Наименование и краткое содержание раздела (модуля)	Объем, часов
	- Интеграция с PDM-системами.	
3.5	Разработка и оформление технологической документации средствами современных САПР ТП: - Проблемы автоматизации проектирования технологических процессов; - Проектирование технологических процессов на сборочные единицы. Связь со спецификацией и сборочным чертежом. Типовые и групповые техпроцессы.	7
3.6	Внедрение PDM/PLM-систем. Перспективы развития САПР для конструкторов и технологов, PLM/PDM-систем: - Этапы внедрения систем управления жизненным циклом изделия и данными об изделии на машиностроительных и приборостроительных предприятиях; - Проблемы внедрения систем управления жизненным циклом изделия и данными об изделии; - Перспективы развития САПР для конструкторов и технологов, PLM/PDM-систем.	7
4.	Трёхмерное проектирование конструкций микросистем (MCAD)	44
4.1	Введение. Интерфейс. Создание геометрии эскиза	3
4.2	«Редактирование эскиза. Создание базовых элементов. Создание вытягиваний и вращений»	8
4.3	«Использование внутренних эскизов и вложенных опорных элементов. Создание протяжек и сопряжений»	10
4.4	«Группировка, копирование, зеркальное отражение. Создание массива. Назначение материала и основных параметров детали»	10
4.5	«Создание сборочной единицы. Сборка с закреплением и соединением. Назначение основных параметров сборочной единицы»	10
4.6	«Использование аддитивных технологий для прототипирования»	3
5.	Инженерные расчеты в САПР (ECAD)	44
5.1	Импортирование и упрощение твердотельных моделей для инженерного расчета.	4
5.2	Генерация сетки: создание сетки в автоматическом режиме, управление формой и размерами сетки, влияние параметров сетки на точность полученных результатов инженерных расчетов.	14
5.3	Граничные условия для инженерного расчета.	16
5.4	Оформление и анализ результатов инженерного расчета.	10
6.	Практика	10
7.	<b>Промежуточная аттестация</b> <i>Зачет</i>	10
8.	<b>Итоговая аттестация</b> <i>Демонстрационный экзамен</i>	2

20. Учебно-тематический план Программы определяет тематическое содержание, последовательность разделов и (или) тем и их трудоемкость.

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Количество часов		
		аудиторных		самостоятельной работы (работа с основной и дополнительной литературой, выполнение входного контроля, выполнение практических заданий)
		Лекции	Практические занятия	
1.	Проектирование микросистем средствами САПР Mentor Graphics (ECAD - Xpedition Enterprise)	10	18	25
2.	Промежуточная аттестация	2		
3.	Анализ целостности сигналов, перекрестных помех и электромагнитной совместимости (HyperLynx VX Mentor)	10	18	20
4.	Промежуточная аттестация	2		
5.	Цифровые технологии сопровождения процессов разработки микросистем (PDM/PLM-системы)	12	10	22
6.	Промежуточная аттестация	2		
7.	Трёхмерное проектирование конструкций микросистем (MCAD)	6	18	20
8.	Промежуточная аттестация	2		
9.	Инженерные расчеты в САПР (ECAD)	6	18	20
10.	Практика	10		
11.	Промежуточная аттестация	2		
12.	<b>Итоговая аттестация</b>	2		

## X. Формы аттестации

21. Слушатели, успешно выполнившие все элементы учебного плана, допускаются к итоговой аттестации.

Итоговая аттестация по Программе проводится в форме демонстрационного экзамена.

22. Лицам, успешно освоившим Программу (получивших навыки использования и освоения цифровых технологий, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности) и прошедшим итоговую аттестацию в рамках проекта «Цифровые кафедры», выдается документ о квалификации: диплом о профессиональной переподготовке.

При освоении ДПП ПП параллельно с получением высшего образования диплом о профессиональной переподготовке выдается не ранее получения соответствующего документа об образовании и о квалификации (за исключением лиц, имеющих среднее профессиональное или высшее образование).

23. Лицам, не прошедшим итоговую аттестацию или получившим на итоговой аттестации неудовлетворительные результаты, а также лицам, освоившим часть Программы и (или) отчисленным из Университета, выдается справка об обучении или о периоде обучения по образцу, самостоятельно устанавливаемому Университетом.

## **XI. Оценочные материалы**

24. Контроль знаний, полученных слушателями при освоении разделов (модулей) Программы, осуществляется в следующих формах:

- текущий контроль успеваемости – обеспечивает оценивание хода освоения разделов Программы, проводится в форме тестирования;

- промежуточная аттестация – завершает изучение отдельного модуля Программы, проводится в форме зачета (тестирования), а также выполнения практических заданий;

- итоговая аттестация – завершает изучение всей программы. Итоговая аттестация проводится в форме демонстрационного экзамена.

25. В ходе освоения Программы каждый слушатель выполняет следующие отчетные работы:

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Задание	Критерии оценки
1.	Проектирование микросистем средствами САПР Mentor Graphics (ECAD - Xpedition Enterprise)	Зачет/Тестирование, выполненные практические задания (п.26.1)	Правильные ответы на 50% и более вопросов теста, выполненные практические задания
2.	Анализ целостности сигналов, перекрестных помех и электромагнитной совместимости (HyperLynx VX Mentor)	Зачет/Тестирование, выполненные практические задания (п.26.2)	Правильные ответы на 50% и более вопросов теста, выполненные практические задания
3.	Цифровые технологии сопровождения процессов разработки микросистем (PDM/PLM-системы)	Зачет/Тестирование, выполненные практические задания (п.26.3)	Правильные ответы на 50% и более вопросов теста, выполненные практические задания
4.	Трёхмерное проектирование конструкций микросистем (MCAD)	Зачет/Тестирование, выполненные практические задания (п.26.4)	Правильные ответы на 50% и более вопросов теста, выполненные практические задания
5.	Инженерные расчеты в САПР (ECAD)	Зачет/Тестирование, выполненные практические задания (п.26.5)	Правильные ответы на 50% и более вопросов теста, выполненные практические задания
6.	Промежуточная аттестация	Зачет/Тестирование, выполненные практические задания (п.27)	Правильные ответы на 50% и более вопросов теста, выполненные практические задания
7.	Практика	Подготовка отчета по практике и презентации	Обучающийся доложил о результатах прохождения практики и дал правильные ответы на вопросы комиссии
8.	Итоговая аттестация	Защита проекта (п.28)	Обучающийся продемонстрировал презентацию по своей работе и дал правильные ответы на вопросы комиссии

## 26. Текущий контроль. Перечень примерных тестовых вопросов

26.1. Примерный тестовый вопрос по модулю «Проектирование микросистем средствами САПР Mentor Graphics (ECAD - Xpedition Enterprise)»:

Какую функцию выполняет позиционное обозначение компонента (Ref Designator)?

- Указывает вид, номер и функцию компонента, служит для его

однозначной идентификации на схеме и плате

- Содержит точные координаты компонента на схеме и плате для его однозначной идентификации
- Указывает точность позиционирования компонента на плате

26.2. Примерный тестовый вопрос по модулю «Анализ целостности сигналов, перекрестных помех и электромагнитной совместимости (HyperLynx VX Mentor)»:

Как изменяется импеданс конденсатора с понижением частоты сигнала?

- увеличивается
- уменьшается
- импеданс не зависит от частоты

26.3. Примерный тестовый вопрос по модулю «Цифровые технологии сопровождения процессов разработки микросистем (PDM/PLM-системы)»:

Какие СУБД наиболее подходят в качестве платформы для систем PDM?

- Файл-серверные
- Клиент-серверные
- Встраиваемые
- Все перечисленные

26.4. Примерный тестовый вопрос по модулю «Трёхмерное проектирование конструкций микросистем (MCAD)»:

Что характерно для операции «Выдавливание»?

- Выполняется на основе двухмерного эскиза
- С помощью данной операции можно добавлять или удалять материал на деталях
- Выдавливание создается перпендикулярно плоскости эскиза
- Все вышеперечисленное

26.5. Примерный тестовый вопрос по модулю «Инженерные расчеты в САПР (ECAD)»:

Какую цель имеет операция построения сетки модели?



- Позволяет разбить единую модель на несколько компонентов, которые можно использовать в других проектах
- Разбивает модель на мелкие сегменты, которые обчисляются по методу конечных элементов
- Снижает нагрузку на оборудование при моделировании.

## **27. Промежуточная аттестация.**

27.1. Примерное практическое тестовое задание по модулю «Проектирование микросистем средствами САПР Mentor Graphics (ECAD - Xpedition Enterprise)»:

Расположите этапы проектирования в правильном порядке:

1. Моделирование.
2. Сбор исходных данных.
3. Трассировка.
4. Предварительная компоновка.
5. Приемка-сдача.
6. Создание библиотеки компонентов.
7. Сертификация.

27.2. Примерное практическое тестовое задание по модулю «Анализ целостности сигналов, перекрестных помех и электромагнитной совместимости (HyperLynx VX Mentor)»:

Что определяет скорость распространения электромагнитной волны в линии передачи, состоящей из прямого проводника, обратного проводника и диэлектрика между ними?

- A) Плотность материала между прямым и возвратным проводниками.
- B) Ширина зазора между прямым и возвратным проводниками.
- C) Диэлектрическая проницаемость материала между прямым и возвратным проводниками.
- D) Длины прямого и возвратного проводников.

27.3. Примерное практическое тестовое задание по модулю «Цифровые



технологии сопровождения процессов разработки микросистем (PDM/PLM-системы)»:

Какие СУБД наиболее подходят в качестве платформы для систем PDM?

- A) Файл-серверные.
- B) Клиент-серверные.
- C) Встраиваемые.
- D) Все перечисленные.

27.4. Примерное практическое тестовое задание по модулю «Трёхмерное проектирование конструкций микросистем (MCAD)»:

Какие размерные схемы действительны для создания фасок?

- A) Угол  $\times D$ .
- B)  $D \times D$ .
- C)  $O \times O$ .
- D) Все вышеперечисленное.

27.5. Примерное практическое тестовое задание по модулю «Инженерные расчеты в САПР (ECAD)»:

Какую задачу выполняет установка граничных условий при моделировании в САЕ-системе?

- A) Позволяет установить сходимость решения задачи.
- B) Позволяет сэкономить машинное время при расчете.
- B) Необходимо для корректного создания сетки конечных элементов.

## **28. Итоговая аттестация.**

По итогам завершения Программы, обучающиеся, успешно ее освоившие, могут быть допущены к итоговой аттестации. Критерием допуска является положительная оценка во время промежуточной аттестации.

Итоговая аттестация обучающихся проходит в форме демонстрационного экзамена с участием представителей профильных организаций работодателей.

Демонстрационный экзамен проводится в виде защиты проекта, в ходе

которого обучающиеся используют и демонстрируют цифровые компетенции, полученные в ходе обучения по Программе.

Защита проекта сопровождается презентацией и докладом об основных этапах реализации проекта. Возможна защита проекта как в группах, так и индивидуально. Проектное решение должно отвечать критериям актуальности, законченности, а также возможности интеграции его компонентов в иные системы и сервисы.

Демонстрационный экзамен может проходить очно в Университете, либо онлайн в формате видеоконференции. Длительность презентации ограничивается по времени для каждого участника (не более 10 минут и не более 10 минут для ответы на вопросы).

Выдача диплома о профессиональной переподготовке и освоении ДПП ПП осуществляется по итогам успешного прохождения итоговой аттестации при наличии основного диплома о высшем или средне-профессиональном образовании, или после его

получения, если программа ДПП ПП была пройдена до его получения.

Примерные вопросы, которые могут быть заданы по завершении доклада:

- Опишите основные шаги создания вашей платы, каким САПР вы пользовались для создания платы?
- Какие типы датчиков использовались в Вашем проекте?

## XII. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение Программы

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Учебная аудитория	Лекции	1. Аппаратное обеспечение: - компьютер с параметрами не хуже: системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 500 Гб, сетевая карта Ethernet, монитор 19 дюймов 2. Программное обеспечение (версий не ниже указанных): - операционная система Windows 7, 64; - Adobe Reader XI; - Microsoft Office 2007 (или аналогичным офисным пакетом с текстовым и графическим редакторами); - интернет браузер (например, google chrome, internet explorer, mozilla)
Компьютерный класс	Практические занятия	1. Аппаратное обеспечение: - 14 компьютеров, системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 500 Гб; сервер, Intel Core i7, 3.4 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 1 Тб, монитор 19 дюймов - видео-аудио гарнитура. 2. Программное обеспечение: - операционная система Windows 7, 64; - Adobe Reader XI; - Microsoft Office 2007 (или аналогичным офисным пакетом с текстовым и графическим редакторами); - интернет браузер (например, google chrome, internet explorer, mozilla) - RustDesk (для удаленной работы); - Skype (для консультаций)
Помещение для самостоятельной работы	СРС	1. Аппаратное обеспечение: - 14 компьютеров, системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 500 Гб; сервер, Intel Core i7, 3.4 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 1 Тб, монитор 19 дюймов - видео-аудио гарнитура. 2. Программное обеспечение: - операционная система Windows 7, 64;

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adobe Reader XI;</li> <li>- Microsoft Office 2007 (или аналогичным офисным пакетом с текстовым и графическим редакторами);</li> <li>- интернет браузер (например, google chrome, internet explorer, mozilla)</li> <li>- RustDesk (для удаленной работы);</li> <li>- Skype (для консультаций)</li> </ul>
--	--	--

### XIII. Список литературы

#### Основная литература:

1. Вертянов Д.В. Комплексное проектирование микросистем на печатных платах в САПР Mentor Graphics [Текст]: Учеб. пособие. Ч. 1: Центральная библиотека Library Manager / Д.В. Вертянов, В.Г. Сикоев, Е.П. Горюнова, С.П. Тимошенко; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. С.П. Тимошенко. - М.: МИЭТ, 2019. - 172 с.
2. Компьютерная графика в САПР [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / А.В. Приемышев [и др.]. - СПб. : Лань, 2017. - 196 с. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - URL: <https://e.lanbook.com/book/90060> (дата обращения: 16.11.2020).
3. Иванова Н.Ю. Инструментальные средства конструкторского проектирования электронных средств [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / Н.Ю. Иванова, Е.Б. Романова. - СПб.: НИУ ИТМО, 2013. - 121 с. - URL: [http://books.ifmo.ru/book/935/instrumentalnye\\_sredstva\\_konstruktorskogo\\_proektirovaniya\\_elektronnyh\\_sredstv.htm](http://books.ifmo.ru/book/935/instrumentalnye_sredstva_konstruktorskogo_proektirovaniya_elektronnyh_sredstv.htm) (дата обращения: 16.11.2020).
4. Мылов Г.В. Печатные платы: выбор базовых материалов [Электронный ресурс] / Г.В. Мылов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2016. – 172 с. – Доступ к электронной версии книги открыт на сайте [https://e.lanbook.com/book/90138#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/90138#book_name).
5. Юрков Н.К. Технология производства электронных средств [Текст]: Учебник / Н.К. Юрков. – 2-е изд., испр. и доп. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2014. - 480 с. – (Учебник для вузов. Специальная литература). – Доступ к электронной версии книги открыт на сайте

[https://e.lanbook.com/book/41019#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/41019#book_name).

6. Lu, D. Materials for advanced packaging: second edition / D. Lu, C. P. Wong – Springer, 2017. – 974 p.
7. Yan Li, Deepak Goal. 3D Microelectronic Packaging. From fundamentals to Applications / Springer. 2017. – 465 p. – ISBN 978-3-319-44584-7.
8. Swaminathan, M. WSPC Series in Advanced Integration and Packaging: Volume 2. Design and Modeling for 3D ICs and Interposers / M. Swaminathan, Ki Jin Han. – World Scientific, 2013. – 380 p.
9. Richard K. Ulrich, William D. Brown. Advanced Electronic Packaging, 2nd Edition. Wiley-IEEE Press, New York, 2006. – 840 p.
10. Белоус, А. И. Основы конструирования высокоскоростных электронных устройств. Краткий курс «белой магии» : монография / А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. В. Шведов; под редакцией А. И. Белоуса. — Москва : Техносфера, 2017. — 872 с. — ISBN 978-5-94836-500-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110950> (дата обращения: 10.03.2020).
11. Трехмерное геометрическое моделирование робототехнических конструкций [Текст]: Учебно-методическое пособие / Н.С. Махонин [и др.]. - М.: МИЭТ, 2018. - 80 с. - Имеется электронная версия издания. - б.ц., 50 экз.

### **Дополнительная литература:**

1. Сикоев В.Г. Проектирование систем на печатных платах на САПР Mentor Graphics [Текст]: [В 5-ти ч.]: Учеб. пособие. Ч. 3: Топологическое проектирование систем на печатных платах средствами Expedition PCB (Mentor Graphics) В.Г. Сикоев, А.М. Грушевский, А.Л. Лохов /; М-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, МГИЭТ (ТУ); Под ред. С.П. Тимошенко. - М.: МИЭТ, 2008. - 164 с.
2. Малюх В. Н. Введение в современные САПР [Электронный ресурс]: Курс лекций / В.Н. Малюх. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 192 с. - URL: [https://e.lanbook.com/book/1314#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/1314#book_name) (дата обращения: 16.11.2020).
3. Дмитриев, В. Д. Технология микросборок специального назначения



- [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / В. Д. Дмитриев, М. Н. Пиганов, С. В. Тюлевин, 2012. – 87 с.
4. Поляков В.И., Стародубцев Э.В. Проектирование гибридных тонкопленочных интегральных микросхем: учебное пособие по дисциплине «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. – 80 с.
5. Пиганов, М.Н. Технологические основы обеспечения качества микросборок: Учеб. Пособие / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1999. – 231 с. – ISBN 5-7883-0088-6.
6. Данилина Т.И. Технология тонкопленочных микросхем: Учебное пособие. –Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2006. – 164 с.
7. Печатные платы: Справочник: В 2-х кн. Кн. 1 / Под ред. К.Ф. Кумбза; Пер. с англ. А.М. Медведева. – М.: Техносфера, 2011. - 1016 с. – (Мир электроники). – ISBN 978-5-94836-258-8.
8. Руководство пользователя Happy Holden. The HDI Handbook. First Edition. Mentor Graphics. – 2009. - 631 с.
9. Медведев А., Мылов Г. Технология в производстве электроники. Ч.3. Гибкие печатные платы. – М.: Группа ИДТ, 2008. – 488 с.
10. Романова, М. П. Сборка и монтаж интегральных микросхем: учебное пособие / М. П. Романова. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 95 с. ISBN 978-5-9795-0351-6.
11. Mark Fretz. Flip-chip bonding technologies for hybrid integration. 2009. – 166 p.
12. McPherson, R. J. Flexible, Ultra-Thin, Embedded Die Packaging [Текст]: дис. на соиск. учён. степ. Doctor of Philosophy (13.12.2010)/ R. G. McPherson; Graduate Faculty of Auburn University. – Auburn, Alabama, USA, 2010. – 106 p.
13. Abadie, M.M. High performance polymers – polyimides based – from chemistry to applications/ M. M. Abadie. – Croatia, Rijeka: Janeza Trdine 9, 2012. – 256 p.
14. Garrou P., Bower Ch., Ramm P. Handbook of 3D Integration. Technology and



Applications of 3D Integrated Circuits. 2008.

15. Технологическая дорожная карта ИРС по электронике и радиоэлектронике. Москва: Техносфера, 2013. – 664 с.

16. Проектирование систем на печатных платах на САПР Mentor Graphics: [В 5-ти ч.] : Учеб. пособие. Ч. 5 : Основы проектирования и анализа высокоскоростных печатных плат / М-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, МГИЭТ(ТУ); Под ред. С.П. Тимошенкова. - М. : МИЭТ, 2009. - 364 с.

### **Нормативная литература:**

1. ГОСТ Р 53429-2009 Платы печатные. Основные параметры конструкции: Национальный стандарт РФ : Введ. 01.07.2010. – Москва, Стандартинформ, 2018. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200075977> (дата обращения: 26.12.2021).

2. ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Виды и комплектность конструкторских документов: Межгосударственный стандарт: Введ. 01.06.2014. – Москва, Стандартинформ, 2020. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200106862> (дата обращения: 16.11.2020).

3. ГОСТ Р 53429-2009 Платы печатные. Основные параметры конструкции: Национальный стандарт РФ : Введ. 01.07.2010. – Москва, Стандартинформ, 2018. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200075977> (дата обращения: 26.12.2021).

4. ГОСТ 26975-86 Микросборки. Термины и определения: Межгосударственный стандарт: Введ. 01.01.1989. – Москва, Стандартинформ, 2005. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200015825> (дата обращения: 26.12.2021).

5. ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила выполнения электрических схем: Межгосударственный стандарт: Введ. 01.01.2012. – Москва, Стандартинформ, 2011. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200086241> (дата обращения: 26.12.2021).

6. ГОСТ Р 54844-2011 Микросхемы интегральные. Основные размеры:

Национальный стандарт РФ : Введ. 01.09.2013. – Москва, Стандартинформ, 2014. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095088> (дата обращения: 26.12.2021).

7. ГОСТ 2.053-2013 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Электронная структура изделия. Общие положения: Межгосударственный стандарт: Введ. 01.06.2014. – Москва, Стандартинформ, 2019. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200106861> (дата обращения: 26.12.2021).

8. ГОСТ 2.052-2015 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Электронная модель изделия. Общие положения: Межгосударственный стандарт : Введ. 01.03.2017. – Москва, Стандартинформ, 2019. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200138639> (дата обращения: 26.12.2021).

9. ОСТ 95 18-2001 Порядок проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Основные положения: Стандарт отрасли : Введ. 01.01.2002. – Москва, Стандартинформ, 2019. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200089913> (дата обращения: 26.12.2021)

#### **Периодические издания:**

1. НАНО- И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА: Ежемес. междисциплинарный теорет. и приклад. науч.-техн. журн. / РАН, Отделение информационных технологий и вычислительных систем. - М. : Новые технологии : Наномикросистемная техника, 1999 -.

2. ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ЭЛЕКТРОНИКА : Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 -.

3. Технологии в электронной промышленности / Медиагруппа FineStreet, Издательство "Медиа КиТ". - СПб. : Медиа КиТ, 2005 - . - URL: <https://lib.rucont.ru/efd/301310/info> (дата обращения: 26.12.2021).

4. САПР И ГРАФИКА / Издательский дом «Компьютер Пресс». - М. : КомпьютерПресс, 1996 - .

5. CADmaster: Журнал для профессионалов в области САПР, 2000-20.. гг.

6. PLM Эксперт. Инновации в промышленности. Журнал [Электронный


ресурс]. – Режим доступа: [https://connective-plm.com/besplatnie\\_materiali\\_i\\_resursi\\_po\\_sistemam\\_siemens\\_plm#!/tab/175953723-4](https://connective-plm.com/besplatnie_materiali_i_resursi_po_sistemam_siemens_plm#!/tab/175953723-4), свободный – (26.12.2021), 2014-2019 гг.

### **Перечень профессиональных баз данных, информационных справочных систем**

1. Electronix : форум разработчиков электроники : сайт. - URL: <https://electronix.ru/forum/> (дата обращения: 26.12.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Хабр : сайт. – 2006-2021. - URL: <https://habr.com/ru/> (дата обращения: 26.12.2021).
3. ИСС "Электронная компонентная база отечественного производства" (демонстрационная версия): сайт. - Санкт-Петербург, 2018 - . - URL: <http://isstest.electronstandart.ru/> (дата обращения: 26.12.2021) - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

### **Разработчики программы:**

Доцент Института НМСТ, к.т.н.

  
Д.В. Вертянов

Доцент Института НМСТ, к.т.н.

  
С.С. Евстафьев

Согласовано:

Директор Института Института НМСТ

  
С.П. Тимошенко

Директор ДРОП

  
Н.Ю. Соколова

Руководитель проекта  
«Цифровые кафедры»

  
В.В. Кокин