

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 05.02.2025 12:02:28

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Г. Балашов

«13» сентября 2024 г.

М.П.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое моделирование приборных структур»

Направление подготовки – 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль) – «Программные средства САПР сверхбольших интегральных схем и систем на кристалле»

Программа разработана в Передовой инженерной школе

«Средства проектирования и производства электронной компонентной базы»

Москва 2024 г.

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

**Компетенция ПК-2** «Способен проводить анализ и тестирование характеристик программных продуктов и/или аппаратных средств» сформулирована на основе профессионально стандарта 06.015 «Специалист по информационным системам».

**Обобщенная трудовая функция: Д** – «Управление работами по сопровождению и проектами создания (модификации) ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы»

**Трудовая функция: Д/16.7** – «Организационное и технологическое обеспечение проектирования и дизайна ИС»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-2.ММП Способен анализировать математические модели приборов с использованием САПР	Разработка и исследование математических моделей приборов с использованием САПР, анализ результатов моделирования	<b>Знания:</b> современных методов моделирования изделий микро- и нанoeлектроники <b>Умения:</b> анализировать и разрабатывать математические модели приборов в САПР Synopsys Quantum ATK <b>Опыт:</b> моделирования изделий микро- и нанoeлектроники в САПР Synopsys Quantum ATK

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, дисциплина по выбору.

Входные требования к дисциплине – необходимы компетенции в области математического моделирования приборных структур нанoeлектроники с использованием информационных систем.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
2	3	3	108	16	32	-	60	Зачет

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
Модуль 1. Атомистический подход к моделированию наноустройств и тенденции их масштабирования.	6	4	-	12	Сдача лабораторных работ
Модуль 2. Элементная компонентная база современной нанoeлектроники: мемристоры, МЭМС-/НЭМС-приборы и квантовые нано-сенсоры.	6	8	-	12	Сдача лабораторных работ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
Модуль 3. Квантовые вычисления и спинтроника: проектирование с использованием САПР Synopsys Quantum ATK.	4	4	-	12	Сдача лабораторных работ
Модуль 1-3	-	-	-	4	Выполнение и сдача практико-ориентированного задания

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	<p>Название лекции: Развитие современных методов нанолитографии.</p> <p>Содержание лекции:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Существующие и новые литографические методы формирования микро- и наноструктур: проекционная (контактная/бесконтактная) фотолитография, иммерсионная фотолитография в глубоком ультрафиолете (DUV), нанолитография в экстремальном ультрафиолете (EUV), рентгеновская нанолитография.</li> <li>2. Понятие топологической нормы проектирования. Дифракция по типу Френеля и Фраунгофера, критерий Релея. Предельное разрешение литографии, глубина фокуса и числовая апертура.</li> <li>3. Эволюция источников экспонирующего излучения: ртутные дуговые лампы, эксимерные лазеры, импульсные источники (лазерная плазма), рентгеновское излучение (плазма/синхротрон).</li> <li>4. Аннулярное (внеосевое) освещение, фазосдвигающие фотошаблоны, коррекция эффекта близости (OPC).</li> <li>5. Переход от архитектуры фон Неймана к квантовым и природоподобным технологиям: достижение суб-10 нм разрешения.</li> <li>6. Введение в Synopsys Quantum ATK: моделирование наноустройств на проектных нормах от 100 нм и ниже.</li> </ol>
	2	2	<p>Название лекции: Современные тенденции масштабирования КМОП транзисторов. Нанoeлектроника: переход к суб-10-нм проектным</p>

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			<p>нормам.</p> <p>Содержание лекции:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение: технико-экономический закон Мура и эмпирический закон масштабирования Деннарда. Эволюция КМОП транзисторов. Приближение к атомарному масштабу в нанолитографии.</li> <li>2. Принцип работы полевого КМОП транзистора (физико-математическая модель).</li> <li>3. Тенденции масштабирования проектных норм: технологии MOSFET, Fin-FET, GAA-FET.</li> <li>4. Современные суб-45 нм КМОП-транзисторы: GMT (Gate pitch-Metal pitch-Tiers) и LMC (Logic-Memory-interConnects) метрика.</li> <li>5. Поколение GAA-FET транзисторов: переход к уровню 2 нм (Nanosheet GAA-FET, Forksheet GAA-FET, CFET).</li> <li>6. Проблемы дальнейшего масштабирования КМОП транзисторов: принцип Ландауэра и правило Куми.</li> <li>7. За пределами КМОП (beyond CMOS): эпоха квантовых и природоподобных технологий (одноэлектронные транзисторы, вакуумные нанотранзисторы, нейроморфная спинтроника).</li> </ol>
	3	2	<p>Название лекции: Моделирование нанoeлектронных устройств: атомистический подход на базе программного пакета Synopsys Quantum ATK.</p> <p>Содержание лекции:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электрон, волновая функция и атомные орбитали.</li> <li>2. Уравнение Шрёдингера для молекулы.</li> <li>3. Уравнение Шрёдингера и приближение Борна-Оппенгеймера для молекулярных систем.</li> <li>4. Принцип Паули и метод Хартри-Фока.</li> <li>5. Модель Томаса-Ферми/Томаса-Ферми-Дирака.</li> <li>6. Теоремы Хоэнберга-Кона.</li> <li>7. Теория функционала плотности (DFT-метод).</li> <li>8. Уравнение Кона-Шэма.</li> <li>9. Quantum ATK: описание возможностей программного пакета.</li> <li>10. Примеры расчётов в Quantum ATK на базе атомистического подхода.</li> </ol>
2	4	2	<p>Название лекции: Мемристоры: переход к нейроморфным вычислениям и новой архитектуре компьютерных систем.</p> <p>Содержание лекции:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нанoeлектроника: перспективы перехода к нейроморфной архитектуре.</li> <li>2. Нейроморфная реализация: электронные нейроны и синапсы.</li> <li>3. Описание принципа работы мемристора как базового элемента для создания синапсов в нейроморфной ЭКБ.</li> <li>4. Классы мемристоров: Red-Ox (Hewlett-Packard) мемристоры, мемристоры на изменении фазового состояния, органические мемристоры, мемристоры на чисто электронных эффектах</li> </ol>

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
3			(ферроэлектрический и спинтронный мемристор). 5. Применение Quantum АТК для решения нейроморфных задач.
	5	2	<p>Название лекции: Технология МЭМС и НЭМС устройств для будущих применений.</p> <p>Содержание лекции:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение МЭМС.</li> <li>2. Технологии создания МЭМС: микромеханическая обработка, мембранная МЭМС технология, процесс LIGA (рентгеновская литография).</li> <li>3. Семейство МЭМС устройств: МЭМС сенсоры (гироскопы, акселерометры, магнетометры, гироскопы, датчики давления) и МЭМС актюаторы (электростатические, электротермические, пьезоэлектрические, электромагнитные, на сплавах с памятью формы).</li> <li>4. Разновидности матриц микрозеркал (DMD).</li> <li>5. Датчики силы (пьезоэлектрические, емкостные).</li> <li>6. Микро- и наноинжекторы, МЭМС клапаны.</li> <li>7. Гибкая МЭМС/НЭМС электроника.</li> <li>8. Последние достижения МЭМС технологий: сверхкомпактная микроскопия высокого разрешения и биомедицинские датчики.</li> </ol>
	6	2	<p>Название лекции: Квантовые нано-сенсоры: современное состояние и пути развития.</p> <p>Содержание лекции:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кубит: единица измерения информации в квантовых сенсорах.</li> <li>2. Квантовый сенсор: критерии для квантовой системы, разновидности и области применения.</li> <li>3. Квантовые сенсоры (группа 1): квантовые и атомные часы, гравиметры, градиометры на холодных атомах.</li> <li>4. Квантовые сенсоры (группа 2): квантовые магнитометры на NV-центрах, квантовые СКВИД-магнитометры.</li> <li>5. Квантовые сенсоры (группа 3): детекторы одиночных фотонов – лавинные фотодиоды и кремниевые фотоумножители.</li> </ol>
7	2	<p>Название лекции: Основы квантовых вычислений и квантовый компьютер.</p> <p>Содержание лекции:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие квантовых вычислений и кубита.</li> <li>2. Свойства и операции с кубитами для квантовых вычислений.</li> <li>3. Квантовые вентили: однокубитные операции (вентили Паули X, Y, Z; вентили H, S, T, P, S<sup>†</sup>, T<sup>†</sup>, U1, U2, U3, R<sub>X</sub>, R<sub>Y</sub>, R<sub>Z</sub>, I).</li> <li>4. Квантовые вентили: двухкубитные операции (вентили CNOT, CZ, SWAP, TOFF).</li> <li>5. Квантовые схемы.</li> <li>6. Алгоритмы квантовых вычислений: алгоритм Шора, алгоритм Залки-Визнера, алгоритм Гровера, алгоритм Дойча-Йожи, алгоритм Абрамса-Ллойда, алгоритм Китаева.</li> <li>7. Коррекция квантовых ошибок.</li> </ol>	

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			8. Квантовые компьютеры: критерий Ди Винченцо. 9. Современные технологии для создания квантовых компьютеров. 10. Разновидности элементной базы квантовых компьютеров: сверхпроводящие Джозефсоновские переходы, ионы в квантовых ловушках, оптические элементы, топологические кубиты. 11. Квантовые вычисления на примере IBM Quantum Experience.
	8	2	Название лекции: Спинтроника – новый путь развития наноэлектроники. Содержание лекции: 1. Понятие спина электрона и спин-поляризованный транспорт. 2. Новые технологии за пределами закона Мура. 2. Магниторезистивные эффекты спинтроники для магнитометрии: AMR, GMR, TMR, GMI. 3. Спин-поляризованный перенос вращательного момента (STT): описание эффекта в магнитных гетероструктурах. 4. Спин-орбитальный перенос вращательного момента (SOT): описание эффекта в магнитных гетероструктурах. 5. Типы спинтронных устройств: память (MRAM, STT-MRAM, SOT-MRAM), микроволновые генераторы/детекторы, спиновые диоды. 6. Нейроморфная спинтроника. 7. Развитие спинтроники: текущий уровень и будущие разработки.

#### 4.2. Практические занятия

*Не предусмотрены*

#### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Введение в атомистическое моделирование на базе Synopsys QATK: интерфейс программы и основные модули. Расчёт электронного транспорта в структуре Zn-ZnO-Zn.
2	2	4	Атомистическое моделирование кремниевого p-n перехода на основе различных квантово-механических подходов: полуэмпирического метода Слейтера-Костера, обобщенного градиентного приближения (GGA) и мета-обобщенного градиентного приближения (MGGA).
	3	4	Атомистическое моделирование кремниевого полевого

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
			транзистора с нанопроволокой (Gate-All-Around). Расчёт зонной структуры Si (на базе решателей DFT-GGA, DFT-MGGA и расширенного метода Хюккеля), анализ вариации проводимости транзистора с напряжением на затворе.
3	4	4	Атомистическое моделирование спинового транспорта в структуре магнитного туннельного перехода Fe-MgO-Fe. Расчёт коэффициента прохождения и плотности электронных состояний для различной конфигурации спинов, оценка величины туннельного магниторезистивного эффекта и амплитуды переносимого электронами спинового вращательного момента.

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Изучение учебно-методических материалов по атомистическому моделированию приборов нанoeлектроники
	6	Подготовка к лабораторным работам
2	6	Изучение учебно-методических материалов по атомистическому моделированию приборов нанoeлектроники
	6	Подготовка к лабораторным работам
3	6	Изучение учебно-методических материалов по атомистическому моделированию приборов нанoeлектроники
	6	Подготовка к лабораторным работам
1-3	4	Выполнение и сдача практико-ориентированного задания

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Не предусмотрены*

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- Сценарий по дисциплине
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ

- Ссылки на литературу по всей дисциплине
- Варианты практико-ориентированного задания
- Варианты заданий для дифференцированного зачета.

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Литература

- 1 QuantumATK: An Integrated Platform of Electronic and Atomic-Scale Modelling Tools / S. Smidstrup, T. Markussen, P. Vancraeyveld, al. et. - Текст : электронный // Journal of Physics: Condensed Matter. - [б.м.] : IOP Publishing, 1989 - . - 32 (2020). - DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-648X/ab4007> (дата обращения: 10.12.2024). - Режим доступа: открытый.
- 2 Королев М.А. (Автор МИЭТ, ИЭМС). Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : Учеб. пособие: В 2-х ч. Ч. 1. Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / М.А. Королев, Т.Ю. Крупкина, М.А. Ревелева ; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - 4-е изд., электронное. - М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2020. - 400 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/151589> (дата обращения: 11.10.2024). - ISBN 978-5-00101-814-8
- 3 Королев М.А. (Автор МИЭТ, ИЭМС). Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : Учеб. пособие: В 2-х ч. Ч. 2. Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования / М.А. Королев, др.] [и ; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2009. - 422 с. - Изд. выполнено в рамках инновац. образоват. программы МИЭТ "Соврем. проф. образование для рос. инновац. системы в области электроники". - ISBN 978-5-94774-583-2; 978-5-94774-585-6 : 164-45; 265-00, 1000 экз.
- 4 Бутырская, Е. В. Компьютерная химия: основы теории и работа с программами Gaussian и GaussView / Е. В. Бутырская. - Москва : СОЛОН-Пресс, 2011. - 224 с. - (Библиотека студента). - URL: <https://e.lanbook.com/book/13803> (дата обращения: 10.12.2024). - ISBN 978-5-91359-095-4. - Текст : электронный.

### Нормативная литература

*Не требуется*

### Периодические издания

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

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. IEEE/ИЕТ Electronic Library (IEL) [Электронный ресурс] = IEEE Xplore : Электронная библиотека. - USA ; UK, 1998-. - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения : 10.01.2024). - Режим доступа: из локальной сети НИУ МИЭТ в рамках проекта «Национальная подписка»
2. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 10.01.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
3. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения : 10.01.2024); Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
4. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 10.01.2024). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации дисциплины используется **смешанное обучение**, в основе которого лежит интеграция технологий традиционного и электронного освоения компетенций, в частности за счет использования онлайн тестирования, взаимодействие со студентами в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, сервисы видеоконференцсвязи, социальные сети.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах тестирования в ОРИОКС и MOODLe.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в формах:

*внешних онлайн-курсов:* <https://teach-in.ru/course/quantum-chemistry>,  
<https://www.udemy.com/course/quantum-atk-software-learning-from-atom-to-device/>,  
<https://www.coursera.org/learn/density-functional-theory>,  
*электронных компонентов сервисов:* <https://docs.quantumatk.com/tutorials>,  
<https://forum.quantumatk.com/>, <https://www.youtube.com/@SynopsysQuantumATK>.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Компьютер с мультимедийным оборудованием	Win pro от 7, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
Лаборатория	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ.	ОС Linux, Win pro от 7; Python v. 2.7 и выше; Microsoft Visual Studio; браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC Synopsys Quantum ATK
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows Microsoft Office браузер Acrobat reader DC

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-2.ММП «Способен анализировать математические модели приборов с использованием САПР».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: [HTTP://ORIOKS.MIET.RU/](http://orioks.miet.ru/).

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

Материал представлен в форме трех модулей. В первом модуле рассматривается атомистический подход к моделированию наноустройств на базе САПР Synopsys Quantum ATK и описываются основные тенденции их масштабирования с применением различных литографических методов. Во втором модуле изучается элементная база современной нанoeлектроники: мемристоры, МЭМС-/НЭМС-приборы и квантовые нано-

сенсоры. В третьем модуле рассматриваются квантовые вычисления и спинтронные приборы, а также их проектирование с использованием САПР Synopsys Quantum АТК.

Защита лабораторной работы проходит посредством проверки выполнения студентом всех задач лабораторного практикума и соответствующих знаний студента в области атомистического моделирования на базе САПР Synopsys Quantum АТК. Защита состоит из демонстрации студентом результатов моделирования в рамках лабораторной работы и ответа на уточняющие вопросы преподавателя.

Для закрепления полученных знаний и в качестве практической составляющей подготовки студентов, ими выполняются самостоятельные индивидуальные работы по тематике лабораторных работ. Самостоятельные работы могут проходить как аудиторно (в аудиториях для самостоятельной подготовки), так и дома. Самостоятельные работы включают в себя прохождение дополнительных лабораторных практикумов по освоению САПР Synopsys Quantum АТК, но без помощи преподавателя и выполняются каждым студентом индивидуально.

Критерием оценки самостоятельных работ является совокупность данных, реализованных и продемонстрированных в каждом конкретном случае.

Полученные знания на лекциях, а также на лабораторных работах, используются студентами при выполнении индивидуального задания, а также написании выпускных квалификационных работ. Опыт, полученный студентами при выполнении лабораторных работ, несомненно, пригодится при работе по специальности.

## **11.2. Система контроля и оценивания**

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 70 баллов) и сдача зачета (30 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

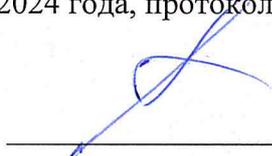
### **РАЗРАБОТЧИКИ:**

Доцент Института ИнЭл, к.ф.- м.н.

 /Г.Д. Дёмин/

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование приборных структур» по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность (профиль) «Программные средства САПР сверхбольших интегральных схем и систем на кристалле» разработана в Институте ИнЭл и утверждена на заседании Ученого совета Института ИнЭл 06.09 2024 года, протокол № 1

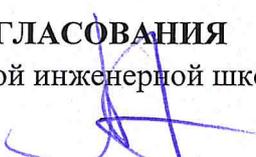
Директор Института ИнЭл

 /В.В. Лосев/

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ

 /А.Л. Переверзев /

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 /И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

 /Т.П. Филиппова/