

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:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f5bca892b8d502

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

« 15 » *февраля* 2024 г.

М.П.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Приборно-технологическое моделирование»

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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК-2. ПТМ</b><br>Владеет программными средствами TCAD по решению задач приборно-технологического моделирования | - разработка, модернизация, тестирование и поддержка программного обеспечения приборно-технологического моделирования;<br>- настройка программного обеспечения приборно-технологического моделирования, т.е. внесение изменений и настройка существующего приложения таким образом, чтобы оно функционировало в рамках информационной системы заказчика;<br>- разработка физических и математических моделей, компьютерное | <b>Знать:</b><br>- инструменты и методы приборно-технологического моделирования и проектирования ИС<br>- методы численного моделирования наноразмерных элементов интегральных схем.<br><b>Уметь:</b><br>- рассчитывать электрические характеристики наноразмерных КМОП-структур и биполярных структур;<br>- распределять работы в рамках управления работами по сопровождению и проектами создания (модификации) ИС приборно-технологического моделирования.<br><b>Опыт:</b><br>- обеспечения соответствия проектирования и дизайна интегральных схем в среде приборно-технологического моделирования принятым в проекте технологиям в рамках управления работами по сопровождению и проектами создания (модификации) ИС;<br>- использования средств приборно-технологического моделирования для расчета влияния конструкции наноразмерных приборов на их |

|  |                                                                                                                                            |                                                                                                                             |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере создания (модификации) ИС | электрические характеристики при проектировании элементов интегральных схем в среде приборно-технологического моделирования |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 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 основ технологии создания электронной компонентной базы, использования компьютерных технологий в научных исследованиях, технического английского языка.

## 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.<br>Алгоритмы и методы моделирования технологических | 8                 | 8                          | -                           | 6                      | Защита ЛР                                         |
|                                                               |                   |                            |                             | 4                      | Тестирование                                      |
|                                                               |                   |                            |                             | 10                     | Проверка выполнения части индивидуального задания |

| № и наименование модуля                                                        | Контактная работа |                            |                             | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля       |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|
|                                                                                | Лекции (часы)     | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) |                        |                               |
| процессов создания ИС в среде приборно-технологического моделирования          |                   |                            |                             | 4                      | Рубежный контроль             |
| Модуль 2.<br>Алгоритмы и методы приборного моделирования при проектировании ИС | 8                 | 24                         | -                           | 6                      | Тестирование                  |
|                                                                                |                   |                            |                             | 16                     | Защита ЛР                     |
|                                                                                |                   |                            |                             | 14                     | Сдача индивидуального задания |

#### 4.1. Лекционные занятия

| № модуля дисциплины | № лекции | Объем занятий (часы) | Краткое содержание                                                                                                                                                           |
|---------------------|----------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                  | 1.       | 2                    | Введение в предмет курса. Роль приборно-технологического моделирования в проектировании интегральных микросхем. Структура пакета TCAD Synopsys.                              |
|                     | 2.       | 4                    | Алгоритмы моделирования и модели основных технологических процессов. Ионная имплантация. Диффузия примесей. Окисление. Травление и осаждение.                                |
|                     | 3.       | 2                    | Алгоритмы и методики проведения исследований средствами TCAD                                                                                                                 |
| 2.                  | 1.       | 2                    | Основные задачи и алгоритмы численного приборного моделирования. Базовые уравнения, переменные, граничные условия.                                                           |
|                     | 2.       | 2                    | Модели подвижности, рекомбинации и генерации, используемые при моделировании полупроводниковых приборов. Методики проведения малосигнального анализа.                        |
|                     | 3.       | 2                    | Алгоритм решения одномерного уравнения Пуассона для обратносмещенного p+-p – перехода. Особенности расчета напряжения пробоя p-n-переходов, МДП - и биполярных транзисторов. |
|                     | 4.       | 2                    | Особенности приборного моделирования субмикронных МДП-транзисторов и гетероструктур.                                                                                         |

#### 4.2. Практические занятия

*Не предусмотрены*

#### 4.3. Лабораторные работы

| № модуля дисциплины | № лабораторной работы | Объем занятий (часы) | Наименование работы                                                                                                                      |
|---------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                  | 1.                    | 4                    | Одномерное моделирование технологических процессов. Анализ и тестирование программы Sim1D                                                |
|                     | 2.                    | 4                    | Моделирование технологических процессов в среде TCAD Synopsys.                                                                           |
| 2.                  | 1.                    | 4                    | Алгоритм формирования структуры с использованием программы SDE.                                                                          |
|                     | 2.                    | 4                    | Формирование структуры трехмерного КНИ - МОП - транзистора с использованием программы SDE.                                               |
|                     | 3.                    | 4                    | Приборное моделирование биполярного транзистора с помощью программы SDEVICE.                                                             |
|                     | 4.                    | 4                    | Расчет АЧХ биполярного транзистора с помощью программы SDEVICE.                                                                          |
|                     | 5.                    | 4                    | Алгоритмы и методики моделирования с использованием интегральной среды SWB пакета TCAD Synopsys. Расчет характеристик МОП – транзистора. |
|                     | 6.                    | 4                    | Расчет пробивного напряжения р-п-перехода с плавающими кольцами.                                                                         |

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

| № модуля дисциплины | Объем занятий (часы) | Вид СРС                                  |
|---------------------|----------------------|------------------------------------------|
| 1.                  | 6                    | Подготовка к лабораторным работам        |
|                     | 4                    | Подготовка к тестированию                |
|                     | 10                   | Выполнение части индивидуального задания |
|                     | 4                    | Подготовка к рубежному контролю          |
| 2.                  | 6                    | Подготовка к тестированию                |
|                     | 16                   | Подготовка к лабораторным работам        |
|                     | 14                   | Выполнение индивидуального 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 индивидуальных заданий
- Варианты заданий для зачета.

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Литература**

- 1 Лабораторный практикум по курсу "Моделирование элементов твердотельной электроники" / Е. А. Артамонова, А. Г. Балашов, А. Ю. Красюков, А. В. Козлов ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; под редакцией Т. Ю. Крупкиной. - Москва : МИЭТ, 2022. - 91 с. - Имеется электронная версия издания. - б.ц., 100 экз. - Текст : непосредственный : электронный.
- 2 Лабораторный практикум по курсу "Моделирование технологических процессов" / Е.А. Артамонова, А.Г. Балашов, А.С. Ключников [и др.] ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. Т.Ю. Крупкиной. - М. : МИЭТ, 2018. - 108 с. - Имеется электронная версия издания. - б.ц., 150 экз.
- 3 Лабораторный практикум по курсу "Моделирование в среде TCAD". Ч. 2. Приборно-технологическое моделирование элементов интегральных схем / Е.А. Артамонова, А.Г. Балашов, А.С. Ключников [и др.] ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. Т.Ю. Крупкиной. - М. : МИЭТ, 2012. - 140 с. - Имеется электронная версия издания. - б.ц., 100 экз.
- 4 Методические указания по выполнению курсового проекта по курсу "Маршруты БИС" / А.Г. Балашов, А.В. Козлов, А.Ю. Красюков, С.А. Поломошнов ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ); Под ред. Т.Ю. Крупкиной. - М. : МИЭТ, 2010. - 48 с. - Имеется электронная версия издания. - б.ц., 200 экз.
- 5 Лабораторный практикум по курсу "Моделирование в среде TCAD". Ч. 1. Введение в приборно-технологическое моделирование / Е.А. Артамонова, А.Г. Балашов, А.С. Ключников [и др.] ; М-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, МГИЭТ(ТУ); Под ред. Т.Ю. Крупкиной. - М. : МИЭТ, 2009. - 172 с. - Имеется электронная версия издания. - б.ц., 200 экз.
- 6 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. : Бином. Лаборатория знаний, 2020. - 400 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/151589> (дата обращения: 11.10.2024). - ISBN 978-5-00101-814-8.

7. 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. : Бином. 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.

### **Нормативная литература**

*Не требуется*

### **Периодические издания**

1. RUSSIAN MICROELECTRONICS. - : Springer, [2000] - . - URL: <http://link.springer.com/journal/11180> (дата обращения: 11.10.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
2. ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ЭЛЕКТРОНИКА : научно-технический журнал / ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - Москва : МИЭТ, 1996 - . - URL: <http://ivuz-e.ru/> (дата обращения: 25.07.2024). - Режим доступа: свободный, до текущего года. - Переводная версия RUSSIAN MICROELECTRONICS (составной журнал), SEMICONDUCTORS (составной журнал). - ISSN 1561-5405 (Print); 2587-9960 (Online). - Текст : электронный : непосредственный.
3. IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES. - USA : IEEE, [б.г.]. - URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=16> (дата обращения: 11.10.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

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

1. IEEE/IET 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 авторизированных пользователей МИЭТ
3. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения : 10.01.2024); Режим доступа: для авторизированных 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:*

1. Онлайн-курс компании Synopsys «Sentaurus Training» (дата обращения: 11.10.2024)

[https://kolegite.com/EE\\_library/books\\_and\\_lectures/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%BE%20%D0%B2%20%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0/Sentaurus\\_Training/index.html](https://kolegite.com/EE_library/books_and_lectures/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%BE%20%D0%B2%20%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0/Sentaurus_Training/index.html)

*электронных компонентов сервиса youtube* (дата обращения: 11.10.2024):

1. [TCAD Sentaurus Hands-on Tutorial: Linux Environment \(youtube.com\)](https://www.youtube.com/watch?v=8I8NErvZdo0&list=PLnK6MrIqGXsKoQhUE-EjgJhum8YlJH4un)  
<https://www.youtube.com/watch?v=8I8NErvZdo0&list=PLnK6MrIqGXsKoQhUE-EjgJhum8YlJH4un>
2. TCAD sde (англ)  
<https://www.youtube.com/watch?v=e2Lt3y13oMw&list=PLnK6MrIqGXsKoQhUE-EjgJhum8YlJH4un&index=3>
3. TCAD SWB (англ)  
<https://www.youtube.com/watch?v=IE8HSQfvjLA&list=PLnK6MrIqGXsKoQhUE-EjgJhum8YlJH4un&index=8>
4. TCAD svisual (англ)  
<https://www.youtube.com/watch?v=PHPsyVqsnps&list=PLnK6MrIqGXsKoQhUE-EjgJhum8YlJH4un&index=12>
5. TCAD sdevice (англ)  
<https://www.youtube.com/watch?v=OjYjAaUU3EA&list=PLnK6MrIqGXsKoQhUE-EjgJhum8YlJH4un&index=4>

## 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                                                     |
| Компьютерный класс для лабораторных работ                             | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ. Рабочие станции. | Win pro от 7; QtCreator IDE; Microsoft Visual Studio; браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC<br>Операционная система Linux, программное обеспечение Synopsys |
| 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<br>Microsoft Office<br>браузер<br>Acrobat reader DC                                                                                |

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

ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-2. ПТМ: «Владеет программными средствами TCAD по решению задач приборно-технологического моделирования»

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

Для формирования подкомпетенций и приобретения необходимых знаний, умений и опыта деятельности в рамках изучения данной дисциплины проводятся лекции и лабораторные работы. Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Студентам рекомендуется активно пользоваться консультациями

преподавателя: это единственная возможность обучаться индивидуально и выяснить все возникшие вопросы. Кроме этого на консультациях можно защитить лабораторную работу, если не успели на занятии

Материал курса представлен двумя модулями.

В первом модуле рассматриваются алгоритмы и методы моделирования технологических процессов создания ИС в среде приборно-технологического моделирования, в том числе структура пакета приборно-технологического моделирования TCAD Synopsys, алгоритмы моделирования и модели основных технологических процессов, методики проведения исследований в программной среде TCAD.

Во втором модуле рассматриваются алгоритмы и методы приборного моделирования при проектировании ИС, в том числе задачи и алгоритмы численного приборного моделирования, базовые уравнения, переменные, граничные условия, используемые физические модели, методики проведения малосигнального анализа, расчета напряжения пробоя, приборного моделирования субмикронных МДП-транзисторов и гетероструктур.

Лекции проводятся в каждом модуле. В них оценивается степень усвоения пройденного материала, уровень аргументации своего мнения и владения устной речью. Предварительно преподаватель формулирует вопрос, ответ на который является предметом дискуссии. Для проверки полученных знаний проводится тестирование.

Лабораторные работы содержатся в каждом модуле. Выполнению заданий предшествует проверка знаний студентов - их теоретической готовности к выполнению задания. По окончании выполнения каждого задания проводится обсуждение и защита результатов выполнения с каждым студентом. В заданиях присутствуют разделы, в которых нет четких инструкций их выполнения, что требует от студентов самостоятельного решения (выбора способов выполнения работы в литературных источниках).

Посещение лекций и лабораторных работ является обязательным.

Для закрепления полученных знаний и в качестве практической составляющей подготовки студентов, ими выполняются самостоятельные индивидуальные работы по тематике лабораторных работ (проектные задания). Самостоятельные работы могут проходить как аудиторно (в аудиториях для самостоятельной подготовки), так и дома. Самостоятельные работы нацелены на формирование необходимого опыта практической деятельности и включают в себя построение маршрута в программной среде TCAD для выполнения расчета электрических характеристик наноразмерных КМОП и биполярных структур и проведение моделирования, но без помощи преподавателя и выполняются каждым студентом индивидуально. Защита результатов выполнения самостоятельных индивидуальных работ (проектных заданий) проводится путем публичного представления результатов на зачетном занятии в форме доклада (5-7 мин.) и ответов на вопросы. Доклад сопровождается презентацией. Комиссия для оценивания представленных результатов при проведении зачета формируется с участием специалистов профильных предприятий по данному направлению.

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 так же 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:**

Профессор Института ИнЭл, д.т.н.

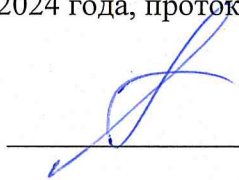
/Т.Ю. Крупкина/

Доцент Института ИнЭл, к.т.н.

/А.Ю. Красюков/

Рабочая программа дисциплины «Приборно-технологическое моделирование» 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

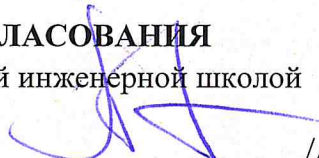
Директор Института ИнЭл

 /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/