

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 30.04.2026 15:20:55
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

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

« 28 » *апреля* 2025 г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование конструкций и технологических процессов
производства электронных средств»

Направление подготовки–11.04.03«Конструирование и технология электронных средств»

Направленность (профиль) - «Технологическое оборудование для производства изделий
микроэлектроники и микросистемной техники»

Программа разработана в Передовой инженерной школе
«Средства проектирования и производства
электронной компонентной базы»

2025 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программ:

Компетенции	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
ОПК-2. Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы.	ОПК-2.МКТП. Способен применять современные методы моделирования электронных средств, технологических процессов и технических систем различного уровня сложности, представлять и аргументировано защищать результаты математического моделирования.	Знания: методов синтеза и исследования физических и математических моделей технических объектов различного уровня сложности. Умения: адекватно ставить задачи исследования и оптимизации объектов различного уровня сложности на основе методов математического моделирования. Опыт представления и аргументированной защиты результатов математического моделирования.
ОПК-3. Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач.	ОПК-3.МКТП. Способен приобретать и использовать новую информацию в области средств и методов математического моделирования, предлагать новые подходы к решению инженерных задач при проектировании электронных средств и технических систем.	Знания: типовых процедур применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств и методов математического моделирования в проектировании технических систем. Умения: использовать современные информационные и компьютерные технологии, прикладные программные средства, способствующие повышению эффективности научных и проектных работ в области электронных средств и оборудования их производства. Опыт реализации методов математического моделирования электронных средств и технологических процессов с использованием современных компьютерных технологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине: знание конструктивно-технологических параметров моделируемых электронных средств, устройств, систем, физико-химических основ реализуемых процессов и сформированные общепрофессиональные и профессиональные компетенции в предшествующих дисциплинах «Инженерные расчеты в САПР», «Методы и средства исследования и оптимизации автоматизированных систем и оборудования», «Методы и средства исследования и оптимизации активируемых процессов и оборудования», «Методы и средства исследования и оптимизации термических процессов и оборудования», «Методы и средства исследования и оптимизации теххимических процессов и оборудования», «Методы и средства исследования и оптимизации литографических процессов и оборудования», а также дисциплинах физико-математической подготовки.

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	4	4	144	16	-	32	96	ЗаО, КР

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Методы моделирования элементов и узлов технических систем.	6		8	20	Контрольный опрос по вопросам, выданным для самостоятельного изучения.
					Контроль выполнения этапа курсовой работы.
					Контроль выполнения домашнего задания (ДЗ).
					Контрольная работа №1 (или тест).

2. Методы моделирования сложных технических систем.	6		8	35	Контрольный опрос по вопросам, выданным для самостоятельного изучения.
					Контроль выполнения этапа курсовой работы.
					Контроль выполнения домашнего задания (ДЗ).
					Контрольная работа №2 (или тест).
3. Методы оптимизации.	4		16	41	Контрольный опрос по вопросам, выданным для самостоятельного изучения.
					Контроль выполнения практико-ориентированного задания (ПОЗ).
					Итоговый контроль курсовой работы.
					Контрольная работа №3 (или тест).

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Введение. Математическое моделирование в проектировании технических систем. Методы проектирования. Формулировка задач моделирования. Требования к математическим моделям и их классификация. Методика математического моделирования технических систем.
	2	2	Методы получения моделей элементов технических систем. Уравнения моделей базовых элементов. Методы решения краевых задач математической физики. Сущность сеточных методов. Метод конечных разностей (МКР). Метод конечных элементов (МКЭ).
	3	2	Методы получения моделей узлов технических систем. Компонентные и топологические уравнения для подсистем различной физической природы, аналогия фазовых переменных и компонентов. Формализация структуры узлов технических систем на основе построения эквивалентных схем и графов. Методы получения математических моделей на макроуровне.
2	4	2	Методы получения моделей сложных технических систем. Функциональное моделирование. Аналитическое моделирование систем массового обслуживания. Размеченный граф состояний для систем с дискретными состояниями, финальные вероятности состояний. Уравнения Колмогорова. Получение факторных макромоделей процессов и систем. Выбор структуры полиномиальной модели. Планирование эксперимента.

	5	2	Имитационное моделирование на основе сетей Петри. Основы теории сетей Петри. Особенности применения сетей Петри и методы их анализа. Структура и правила функционирования сетей Петри. Моделирование с помощью сетей Петри.
	6	2	Моделирование с помощью искусственных нейронных сетей. Искусственный нейрон и нейронные сети. Построение нейронной сети и особенности ее функционирования. Разновидности нейронных сетей и алгоритмы их обучения.
3	7	2	Методы оптимизации технических систем. Постановка задач оптимизации. Формирование целевой функции и критериев оптимизации. Многокритериальная оптимизация. Классификация методов поиска экстремума. Методы локальной безусловной оптимизации. Методы одномерного и многомерного поиска.
	8	2	Поисковые методы математического программирования (линейное, дискретное и динамическое программирование). Алгоритм поисковой оптимизации. Линейное программирование. Дискретное программирование. Практические методы оптимизации. Решение задач оптимизации на основе генетического алгоритма.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Методы решения краевых задач математической физики.
	2	2	Алгоритмы МКР и МКЭ. Рассмотрение этапов реализации алгоритмов.
	3	4	Формализация структуры объекта на основе построения эквивалентных схем и графов. Получение топологических уравнений на основе А и М матриц.
2	4	2	Аналитическое моделирование простых систем массового обслуживания. Вывод моделей простейших СМО.
	5	2	Факторные статистические макромодели. Расчет коэффициентов факторной полиномиальной модели. Исследование свойств полученной модели.
	6	4	Моделирование с помощью сетей Петри. Анализ сетей Петри на основе дерева достижимости и с помощью матричных уравнений.
3	7	2	Алгоритмы методов одномерного поиска при безусловной оптимизации.
	8	2	Алгоритмы методов многомерного поиска при безусловной оптимизации.
	9	2	Решение оптимизационных задач методом линейного программирования: графический метод и симплекс-метод.
	10	4	Практические методы оптимизации технических систем: сведение многокритериальной задачи к однокритериальной, метод последовательных уступок, построение многомерной таблицы моделирования и др.

	11	2	Моделирование процесса диффузии в технологии производства микросхем. Математическая модель процесса и ее компьютерная реализация.
	12	4	Моделирование и оптимизация технологического устройства для нанесения пленок материалов при производстве микросхем. Вывод математической модели устройства и её компьютерная реализация.

4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	3	Подготовка к контрольным опросам по вопросам, выданным для самостоятельного изучения по разделам лекций 1-2.
	10	Подготовка к практическим занятиям 1-2 и выполнение практических заданий.
	3	Подготовка к контрольной работе №1 или прохождение теста.
	4	Выполнение раздела курсовой работы: постановка задачи и определение признаков проектируемого объекта.
2	4	Подготовка к контрольным опросам по вопросам, выданным для самостоятельного изучения по разделам лекций 4-5.
	14	Подготовка к практическим занятиям 3-5, выполнение практических заданий.
	3	Подготовка к контрольной работе №2 или прохождение теста.
	4	Подбор материалов на основе научных публикаций в периодике для написания реферата по проблемным вопросам рассматриваемых тем модулей М1-М2.
	10	Выполнение разделов курсовой работы: синтез математической модели и разработка алгоритма программы.
3	4	Подготовка к контрольным опросам по материалам лекций 7-8.
	8	Подготовка к практическим занятиям 6-8, выполнение практических заданий.
	8	Подготовка к интерактивным практическим занятиям 9-11, выполнение практических заданий.
	2	Подготовка к контрольной работе №3 или прохождение теста.
	4	Оформление и подготовка к защите реферата по проблемным вопросам рассматриваемых тем модулей М1-М3 на основе научных публикаций в периодике.
	15	Выполнение разделов курсовой работы: написание и отладка компьютерной программы, проверка модели на адекватность и точность, моделирование объекта. Подготовка к сдаче и защите выполненной курсовой работы.

4.5. Примерная тематика курсовых работ

- 1) Моделирование течения жидкости в канале произвольного сечения для охлаждения звёздного датчика.

- 2) Моделирование теплового состояния блока приемо-передающего устройства.
- 3) Модель оптимизации формы элементов корпуса резонансного ультразвукового датчика ветра.
- 4) Моделирование тепловых процессов в блоке подготовки технологических сред.
- 5) Модель оптимизации зоны активации химически активных частиц.
- 6) Моделирование подложкодержателя с гелиевой системой охлаждения.
- 7) Математическое моделирование МЭМС-акселерометра.
- 8) Моделирование и анализ конструкции датчика определения положения солнца.
- 9) Моделирование теплового микроактюатора.
- 10) Моделирование теплонагруженности компонентов на плате.
- 11) Моделирование процесса нанесения пленки методом магнетронного распыления.
- 12) Модель вольтамперной характеристики магнетронного разряда.
- 13) Моделирование и анализ конструкции транспортной системы на точность перемещения.
- 14) Моделирование распределения температуры на поверхности блока термообработки фоторезиста.
- 15) Математическое моделирование автоматизированной трёхкоординатной платформы.
- 16) Моделирование системы управления SCARA-роботом для позиционирования рабочего стола в установке ионной имплантации.
- 17) Моделирование и оптимизация модуля управления электродвигателями опорно-поворотного устройства радиолокационной станции.

Примечание: Рекомендуется также самостоятельный выбор студентом темы по тематике его учебно-исследовательской практики с целью реализации задела для своей магистерской диссертации.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

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

- ✓ Сценарий обучения по дисциплине «Моделирование конструкций и технологических процессов производства электронных средств».
- ✓ Методические указания студентам по выполнению курсовой работы.

Модуль 1 «Методы моделирования элементов и узлов технических систем»:

- ✓ Конспект лекций модуля 1.
- ✓ Методические указания к проведению практических занятий модуля 1.
- ✓ Методы решения краевых задач математической физики. Методическая разработка.
- ✓ Вопросы для подготовки к контрольной работе №1.

Модуль 2 «Методы моделирования сложных технических систем»:

- ✓ Конспект лекций модуля 2.
- ✓ Методические указания к проведению практических занятий модуля 2.
- ✓ Моделирование на основе сетей Петри. Учебно-методическая разработка.
- ✓ Вопросы для подготовки к контрольной работе №2.

Модуль 3 «Методы оптимизации»:

- ✓ Конспект лекций модуля 3.

- ✓ Методические указания к проведению практических занятий модуля3.
- ✓ Оптимальное проектирование технических систем. Учебно-методическая разработка.
- ✓ Вопросы для подготовки к контрольной работе №3.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование систем и процессов : учебник для вузов / под редакцией В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 510 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18563-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/560374> (дата обращения: 24.12.2025).
2. Советов, Б. Я. Моделирование систем : учебник для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. — 7-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 343 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20145-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/557644> (дата обращения: 24.12.2025).
3. Моделирование конструкций и технологических процессов производства электронных средств: учебное пособие / Ю. В. Клунникова, С. П. Малюков, А. В. Саенко, А. В. Палий. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2018. - 124 с. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1039776> (дата обращения: 24.12.2025). - ISBN 978-5-9275-2974-2. - Текст : электронный
4. Завьялова И.Г. Методы вероятностного моделирования: Учеб. пособие / И.Г. Завьялова; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - 2-е изд., испр. и доп. - М.: МИЭТ, 2019. - 48 с. - Имеется электронная версия издания. - ISBN 978-5-7256-0907-3
5. Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов : Учеб. пособие / Н.В. Голубева. - 4-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань, 2021. - 244 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/393023> (дата обращения: 24.12.2025). - ISBN 978-5-8114-8721-9 : 0-00. - Текст : электронный.
6. Сырчин В.К. САПР и моделирование технических систем : Учеб. пособие / В.К. Сырчин. - М. : МИЭТ, 1997. - 304 с. - ISBN 5-7256-0099-8 : б.ц.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000 - . - URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp>(дата обращения: 20.05.2025). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Электронно-библиотечная система Лань : сайт. - Санкт-Петербург, 2011 - . - URL: <https://e.lanbook.com/>(дата обращения: 20.05.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
3. ЭБС Юрайт: biblio-online.ru: образовательная платформа. - Москва, 2013 - URL: <https://www.biblio-online.ru/> (дата обращения: 20.05.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется смешанное обучение: основано на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части

традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде.

При проведении практических занятий студенты не только закрепляют знания, полученные на лекциях, но и получают навыки моделирования и оптимизации процессов, устройств и систем. Причем по тематике практических занятий прорабатываются практико-ориентированные задания (ПОЗ) различной сложности, которые студенты выполняют в отведенное для этого время СРС с предоставлением отчетов по выполненной работе с обоснованными выводами и оценкой.

Освоение дисциплины обеспечивается ресурсами, размещенными в электронной информационно-образовательной среде ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя и др.

Для прохождения тестирования используется функционал Moodle.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы, размещенные в электронной информационно-образовательной среде ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru>).

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	Мультимедийное оборудование	Microsoft Office Professional Plus 2013
Компьютерный класс, аудитория №4116	Компьютеры Raskat Station 930 (r9 7900X, B650, RAM 32Gb, SSD 1Tb, 16 Gb A4000, 650W, NoOS) WR3/456 (+ клавиша и мышь)	Microsoft Office Professional Plus 2013 Acrobat Reader браузер
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, Acrobat Reader браузер

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ /ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции **ОПК-2.МКТП** «Способен применять современные методы моделирования электронных средств, технологических процессов и технических систем различного уровня сложности, представлять и аргументировано защищать результаты математического моделирования».

2. ФОС по подкомпетенции **ОПК-3.МКТП** «Способен приобретать и использовать новую информацию в области средств и методов математического моделирования, предлагать новые подходы к решению инженерных задач при проектировании электронных средств и технических систем».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <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 данного курса читаются лекции, проводятся практические занятия и контрольные мероприятия, выполняется курсовая работа.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при подготовке к лекционным и практическим занятиям, выполнении домашних работ и практико-ориентированных заданий, а также курсовой работы. При этом студент использует методические разработки, рекомендуемую литературу, библиотеку электронных модулей в электронной информационной образовательной среде ОРИОКС, интернет-ресурсы, информационно-справочные системы. Освоение тем подтверждается сдачей контрольных работ и/или тестов по каждому модулю.

Для закрепления лекционного материала проводятся практические занятия (ПЗ). На практические занятия выносятся на проработку вопросы, связанные с более подробным изучением методов получения математических моделей объектов различной степени сложности, вопросы практического применения и анализа имитационных сетей, методов практической оптимизации технических систем.

После теоретического рассмотрения материала практического занятия преподаватель выдает каждому студенту практическое домашнее задание на применение рассмотренных материалов, которое студенты выполняют в рамках СРС в течение заданного времени, получив на практическом занятии методические рекомендации по выполнению. Выполненные задания в виде отчета с выводами по полученным результатам присылаются студентами преподавателю и оцениваются баллами.

По результатам изучения дисциплины выполняется курсовая работа, в рамках которой разрабатывается модель реального процесса, электронного средства или технической системы для его реализации, осуществляется программная реализация разработанной модели с последующим исследованием объекта с помощью стандартного модуля инженерного анализа современных САПР или специально разработанной компьютерной программы. Выполнение курсовой работы идет в соответствии с календарным графиком.

Целью курсовой работы является демонстрация студентом владения методами моделирования и оптимизации конструкций и технологических процессов производства электронных средств на основе знаний, умений и опыта деятельности, полученных при изучении дисциплины. Поэтому в содержание курсовой работы входят разделы, требующие навыков постановки задачи моделирования, синтеза структуры математической модели, исследования решаемости задачи и анализа результатов.

По завершению изучения дисциплины предусмотрен дифференцированный зачет, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на балльной накопительной системе. Более подробно изложено в сценарии дисциплины.

11.2. Система контроля и оценивания

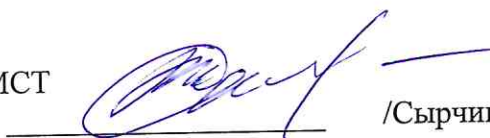
Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме до 84 баллов), активность, посещаемость и прилежание студентов в семестре (в сумме до 16 баллов). Перечень контрольных мероприятий и методика их балльной оценки изложена в сценарии дисциплины.

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

Разработчик:

Профессор Института НМСТ
д.т.н., профессор



/Сырчин В.К./

Рабочая программа дисциплины «Моделирование конструкций и технологических процессов производства электронных средств» по направлению подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств», направленности (профилям) «Технологическое оборудование для производства изделий микроэлектроники и микросистемной техники», «Проектирование технических систем средствами 3D-моделирования», «Комплексное проектирование микросистем» разработана в Институте НМСТ и утверждена на заседании Ученого совета Института НМСТ «16» июня 2025 г., протокол № 12

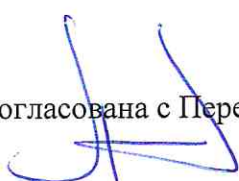
Директор Института НМСТ
д.т.н., профессор



/Тимошенков С.П./

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 (АНОК)

Начальник АНОК



/Никulina И.М./

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/ Директор библиотеки



/Филиппова Т.П./