

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 04.07.2025 10:00:47
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

«29»

июл

2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование конструкций и технологических процессов
производства электронных средств»

Направление подготовки – 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств»

Направленность (профиль) - «Проектирование технических систем средствами 3D-
моделирования»

Направленность (профиль) - «Комплексное проектирование микросистем»

Москва 2025 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
ОПК-2. Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы.		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 деятельности: представление и аргументированная защита 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 деятельности: реализация 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 «Микро- и нанотехнологии производства электронных средств», «Основы конструирования и технологии электронных средств», «Инженерные расчеты в САПР», «Разработка и моделирование МЭМС-устройств», «Теоретические основы и расчет тепловых МЭМС», «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», 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	Практические занятия (часы)	Лабораторные работы (часы)		
1. Методы моделирования элементов и узлов технических систем.	6	6	-	20	Контрольный опрос по вопросам, выданным для самостоятельного изучения.
					Контроль выполнения этапа курсовой работы.

					Контрольная работа №1.
2. Методы моделирования сложных технических систем.	6	8	-	35	Контрольный опрос по вопросам, выданным для самостоятельного изучения.
					Контроль выполнения этапа курсовой работы.
					Контрольная работа №2.
3. Методы оптимизации.	4	18	-	41	Контрольный опрос по вопросам, выданным для самостоятельного изучения.
					Защита курсовой работы.
					Контрольная работа №3.

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.

3			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.
	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	Алгоритмы МКР и МКЭ. Рассмотрение этапов реализации алгоритмов.
	2	4	Формализация структуры объекта на основе построения эквивалентных схем и графов. Получение топологических уравнений на основе А и М матриц.
2	3	2	Аналитическое моделирование простых систем массового обслуживания. Вывод модели простейших СМО.
	4	2	Факторные статистические макромодели. Расчет коэффициентов факторной полиномиальной модели. Исследование свойств полученной модели.
	5	4	Моделирование с помощью сетей Петри. Анализ сетей Петри на основе дерева достижимости и с помощью матричных уравнений.
3	6	2	Алгоритмы методов одномерного поиска при безусловной оптимизации.
	7	2	Алгоритмы методов многомерного поиска при безусловной оптимизации.
	8	4	Решение оптимизационных задач методом линейного программирования: графический метод и симплекс-метод.

	9	4	Постановка и методы решения задач дискретного программирования.
	10	4	Моделирование и оптимизация технологического устройства для производства электронных средств. Вывод математической модели и компьютерная реализация.
	11	2	Моделирование технологического процесса производства микросистем.

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.
	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.
	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.
	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) Разработка модели теплового анализа блока стабилизации цепей питания.
- 5) Модель оптимизации зоны активации химически активных частиц.
- 6) Оптимизационная модель двухсеточной ионно-оптической системы.
- 7) Моделирование подложкодержателя с гелиевой системой охлаждения.
- 8) Математическое моделирование МЭМС-акселерометра.
- 9) Моделирование и анализ конструкции датчика определения положения солнца.
- 10) Моделирование теплового микроактюатора.
- 11) Моделирование теплонагруженности компонентов на плате.
- 12) Моделирование процесса магнетронного нанесения пленки.
- 13) Модель вольтамперной характеристики магнетронного разряда.
- 14) Моделирование процесса распыления реагента на поверхность пластины.
- 15) Моделирование и анализ конструкции транспортной системы на точность перемещения.

Примечание: Рекомендуются 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/>):

- ✓ Методические указания студентам по организации изучения дисциплины «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.

Модуль3 «Методы оптимизации»:

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

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Моделирование систем и процессов: Учебник для академического бакалавриата / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. - М.: Юрайт, 2019. - 450 с. - (Бакалавр. Академический курс). - URL: <https://urait.ru/bcode/436458> (дата обращения: 24.08.2020). - ISBN 978-5-9916-7322-8 : 0-00. - Текст: электронный.
2. Советов Б.Я. Моделирование систем: Учебник для академического бакалавриата / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. - 7-е изд. - М.: Юрайт, 2019. - 343 с. - (Бакалавр. Прикладной курс). - URL: <https://urait.ru/bcode/425228> (дата обращения: 24.08.2020). - ISBN 978-5-9916-3916-3 : 0-00. - Текст: электронный..
3. 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. - ISBN 978-5-7256-0907-3
4. Алпатов Ю.Н. Моделирование процессов и систем управления: Учеб. пособие / Ю.Н. Алпатов. - СПб. : Лань, 2018. - 140 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/106730> (дата обращения: 12.08.2020). - ISBN 978-5-8114-2993-6.
5. Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов: Учеб. пособие / Н.В. Голубева. - 2-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2016. - 192 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/76825> (дата обращения: 08.08.2020). - ISBN 978-5-8114-1424-6

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: 30.08.2019). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Электронно-библиотечная система ЭБС Лань: сайт. - Санкт-Петербург, 2011 - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 30.08.2019). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
3. ЭБС Юрайт: biblio-online.ru: образовательная платформа. - Москва, 2013 - URL: <https://www.biblio-online.ru/> (дата обращения: 30.08.2019). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется смешанное обучение: аудиторное обучение при проведении части практических занятий с применением компьютерных технологий, интерактивных лекционных занятий, выполнения контрольных работ и тестирования; дистанционное обучение в виде проведения on-line лекций и практических занятий по Skype, запись которых выкладывается в Youtube и доступна для студентов через среду ОРИОКС.

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.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя, Skype и др. 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>): электронные версии лекций, практических занятий, ПОЗ, методических разработок по тематике курса и др.

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	ОС Microsoft Windows Microsoft Office Acrobat Reader DC браузер
Компьютерный класс	Компьютеры, мультимедийное оборудование	ОС Microsoft Windows Microsoft Office Acrobat Reader DC браузер
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows Microsoft Office Acrobat Reader DC браузер

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ / КОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции **ОПК-2** «Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы».

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, выполняется курсовая работа.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при подготовке к лекционным и практическим занятиям, выполнению контрольных работ и тестов, выполнению курсовой работы. При этом студент использует методические разработки, рекомендуемую литературу, библиотеку электронных модулей в электронной информационной образовательной среде ОРИОКС, интернет-ресурсы, информационно-справочные системы.

Максимальная эффективность освоения материалов *лекций* достигается при предварительной подготовке к ней. Студенту рекомендуется заранее ознакомиться с предстоящей темой лекции и основными ее тезисами, подготовить вопросы к лектору по заинтересовавшим разделам.

Для закрепления лекционного материала проводятся *практические занятия*. Для повышения эффективности практических занятий (семинаров) студенту также необходимо предварительно ознакомиться с методическими указаниями, прочитать конспект лекций по данной тематике и соответствующие главы учебника (учебного пособия). 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. При этом учитывается активность студентов, которая оценивается в баллах, а наиболее активные студенты могут получить дополнительные бонусные баллы.

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. Оценки доводятся до студентов, при этом может быть организована беседа-дискуссия по разбору итогов выполненной работы и анализу ошибок.

По основным разделам курса студенты выполняют контрольные работы или тесты.

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 стандартной 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.

Студенту рекомендуется выбрать задание, используя следующие пути:

- получить «стандартный» вариант задания у преподавателя;
- сформулировать совместно со своим научным руководителем или консультантом и согласовать с преподавателем дисциплины задание, связанное с будущей выпускной квалификационной работой;
- выбрать или сформулировать задание самому на интересующую тему и согласовать с преподавателем.

Одной из форм обучения является **консультация** у преподавателя. Обращаться к помощи преподавателя следует при выполнении практико-ориентированного задания и курсовой работы, а также в любом случае, когда студенту не ясно изложение какого-либо вопроса в учебной литературе или требуется помощь в подборе необходимой дополнительной литературы.

По завершению изучения дисциплины предусмотрен дифференцированный зачет, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на балльной накопительной системе. По дисциплине разработан ФОС, включающий комплексное профессиональное задание по проверке сформированности необходимых компетенций с методическими указаниями его выполнения и критериями оценки достижения формируемых в дисциплине компетенций/подкомпетенций.

11.2. Система контроля и оценивания

Для контроля освоения дисциплины и уровня приобретения студентом необходимых подкомпетенций проводятся *текущая* и *промежуточная аттестации*. 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 МУС.

Выполнение и защита курсовой работы оценивается в семестре в сумме 100 баллов.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету и за курсовую работу.
Структура и график контрольных мероприятий доступен студенту 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 (профилю) «Проектирование технических систем средствами 3D-моделирования» и направленности (профилю) «Комплексное проектирование микросистем» разработана в Институте НМСТ и утверждена на заседании Института НМСТ 27 мая 2025 года, протокол № 11.

Директор Института НМСТ

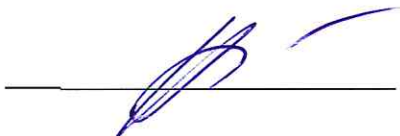


/Тимошенков С.П./

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

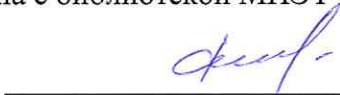
Начальник АНОК



/Никulina И.М./

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки



/Филиппова Т.П./