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
«24» мая _____2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория и практика инженерного эксперимента»

Направление подготовки - 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств»
Направленность (профиль) – «Комплексное проектирование микросистем »
Направленность (профиль)– «Проектирование технических систем средствами 3D-моделирования»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 00FCD5F6E07DC83F809D56CE1D350ACCD1
Владелец ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ"
Действителен с 09.04.2025 по 03.07.2026

Москва 2025

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции	**Подкомпетенции, формируемые в дисциплине**	**Индикаторы достижения компетенций**
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.	УК-1.ТиПИЭ Способен планировать, организовать и проводить исследования микросистем с целью оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследования.	**Опыт** проведения исследования с применением современных средств и методов

Компетенция ПК-2. «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов
Сформулирована на основе Профессионального стандарта 25.036 «Специалист по электронике бортовых комплексов управления»
Обобщенная трудовая функция D. Организация выполнения работ по созданию и эксплуатации электронных средств и электронных систем БКУ
Трудовая функция D/01.7. Организация исследований и разработка планов создания электронных средств и электронных систем БКУ

ПК-2.ТиПИЭ Способен к организации и проведению экспериментальных исследований микросистем с применением современных средств и методов.	Разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик электронных средств и технологических процессов, анализ их результатов.	**Знания**: способов организации и проведения экспериментальных исследований микросистем; **Умения**: самостоятельно проводить экспериментальные исследования микросистем; **Опыт** проведения исследования микросистем с применением современных средств и методов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине:

знание физико-химических основ технологических процессов нано-микроэлектроники и требований к техническим системам, устройствам и оборудованию для реализации процессов; основных понятий теории вероятностей; случайные величины и их законы распределения; элементы статистики и её свойства; оценки статистических характеристик дискретных случайных величин. Оценки числовых характеристик случайных величин. метод наименьших квадратов;

умение применять разделы: высшей математики (в частности, дифференциальное и интегральное исчисление, методы вычислительной математики и решения задач оптимизации), физики, химии и химической кинетики (для описания закономерностей лежащих в основе функционирования исследуемых устройств и технологических процессов), а также умение пользоваться средствами исследования процессов и устройств;

владение стандартными компьютерными программами моделирования, входящими в состав современных САПР, а также компетенциями в области основ программирования.

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)**		
1	2	3	108	16	-	32	60	ЗаО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	**Контактная работа**			**Самостоятельная работа**	**Формы текущего контроля**
	Лекции (часы)	**Практические занятия (часы)**	**Лабораторные работы (часы)**		
1. Эксперимент - предмет исследования. Природа экспериментальных ошибок. Неопределенность эксперимента в целом.	6	8	-	20	Защита практико-ориентированного задания №1 Тестирование №1

2. Уменьшение набора переменных. Теория подобия и моделирования. Проектирование измерительных систем. Последовательность испытаний и план эксперимента.	4	8	-	20	Защита практико-ориентированного задания №2
					Тестирование № 2
3. Последовательность испытаний и план эксперимента. Графический анализ данных. Математический анализ данных.	6	16	-	20	Защита практико-ориентированного задания №3
					Защита доклада презентации.
					Тестирование № 3
					Защита итогового задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Виды ошибок. Природа случайных ошибок и неопределенностей. Показатели случайной ошибки. Определение случайной ошибки измерительной системы. Показатель точности произведения или частного.
	2	2	Определение показателей точности для произвольной функции. Применение общего уравнения. Планирование экспериментов с точки зрения анализа ошибок.
	3	2	Нахождение неопределенности результата с помощью графиков и диаграмм. Линейные формулы для ошибки результата и неопределенные постоянные. Ошибки результата в случае распределений, отличающихся от нормального.
2	4	2	Теоремы теории подобия. Получение критериев подобия методом критериальных отношений. Критерии подобия процессов тепломассообмена. Условия подобия физических процессов. Сущность метода модели. Образец и модель.
	5	2	Постановка эксперимента и ограничительные условия. Приближенное моделирование. Метод аналогии. Обобщенный случай я физическая

			однородность явлений. Физическая аналогия. Аналоговое преобразование.
3	6	2	Граница раздела в измерительных приборах. Определение интервалов между экспериментальными данными Порядок проведения эксперимента. Многофакторные эксперименты: классические планы и факторные планы.
	7	2	Метод наименьших квадратов Построение прямой; быстрые и приближенные методы построения. Исследование функций графическими методами. Неопределенность при графическом анализе.
	8	2	Значащие цифры. Подбор многочленов по эмпирическим данным. Интерполяция и экстраполяция. Дифференцирование и интегрирование.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	4	Построение физической модели (с учетом критериальных соотношений). Оценка приближенности моделирования.
	2	4	Составление плана эксперимента.
	3	4	Роль, место и построение информационно-измерительных систем при планировании и проведении экспериментальных исследований.
2	4	4	Место и роль параметров оптимизации и определяющих факторов при проведении экспериментальных исследований.
	5	4	Составление протоколов, анкет и таблиц при сборе, обработке и систематизации экспериментальных результатов систематизации экспериментальных результатов.
	6	4	Первичные экспериментальных результатов. Расчёт погрешностей и учет их на итоговых зависимостях.
3	7	4	Построение эмпирических степенных зависимостей на основе элементов теории вероятности, анализа размерностей и теории подобия.
	8	4	Графический и математический анализ экспериментальных результатов и зависимостей, Методические. вопросы анализа результатов. Построение выводов и рекомендации по результатам исследований.

4.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрены

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Подготовка к лекциям и практическим занятиям: работа с учебниками и учебными пособиями, изучение текстов лекций (электронная версия), изучение сайтов Интернет ресурсов.
	4	Выполнение практико-ориентированного задания №1
	4	Подготовка к тестированию № 1
	4	Выполнение итогового задания
	2	Подготовка доклада-презентации по тематике предмета
2	6	Подготовка к лекциям и практическим занятиям: работа с учебниками и учебными пособиями, изучение текстов лекций (электронная версия), изучение сайтов Интернет ресурсов.
	4	Выполнение практико-ориентированного задания №2
	4	Подготовка к тестированию №2
	4	Выполнение итогового задания
	2	Подготовка доклада-презентации по тематике предмета
3	6	Подготовка к лекциям и практическим занятиям: работа с учебниками учебными пособиями, изучение текстов лекций (электронная верси изучение сайтов Интернет ресурсов.
	4	Выполнение практико-ориентированного задания №3
	4	Подготовка к тестированию № 3
	4	Выполнение итогового задания
	2	Подготовка доклада-презентации по тематике предмета

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, http://orioks.miet.ru/):

- ✔ Методические указания для студентов по изучению дисциплины «Теория и практика инженерного эксперимента».

- ✔ Организация и математическое планирование эксперимента :учебное пособие / Ю. В. Юдин, М. В. Майсурадзе, Ф. В. Водолазский. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 124 с. (загружено в ОРИОКС)
- ✔ Методы планирования и обработки результатов инженер-ного эксперимента: Учебное пособие / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, Л.А. Зайнуллин, А.Р. Бондин, А.А. Бурыкин; Под общ. ред. Н.А. Спирина. — Екатеринбург: ООО «УИНЦ», 2015. — 290 с. (загружено в ОРИОКС)
- ✔ Анализ и представление результатов эксперимента: Учебно-методическое пособие / Н.С. Воронова, С.Г. Бежанов, С.А. Воронов, Е.В. Хангулян, О.Ю. Цупко, А.И. Романов; Под общ. ред. Н.С. Вороновой. — М.: НИЯУ МИФИ, 2015. — 120 с. (загружено в ОРИОКС)
- ✔ Шкляр В.Н., Планирование эксперимента и обработка результатов. Конспект лекций для магистров по направлению 220200 «автоматизация и управление в технических (мехатронных) системах». Издательство Томского политехнического университета. 2010. 90 с. (загружено в ОРИОКС)
- ✔ Самойликов В.К. Курс лекций по дисциплине «Теория и практика инженерного эксперимента» (электронный ресурс). Система ОРИОКС.
- ✔ Самойликов В.К. Учебно-методическое пособие для проведения практических занятий по дисциплине «Теория и практика инженерного эксперимента» (электронный ресурс). (электронный ресурс). Система ОРИОКС.

Модуль 1 <u>«Эксперимент - предмет исследования. Природа экспериментальных ошибок. Неопределенность эксперимента в целом»</u>

✔ Вопросы для подготовки к тестированию №1.

✔ Методические указания к проведению практических занятий по модулю 1.

✔ Методические указания по выполнению практико-ориентированного задания на тему Модуля 1.

Модуль 2 <u>«Уменьшение набора переменных. Теория подобия и моделирования. Проектирование измерительных систем. Последовательность испытаний и план эксперимента»</u>

✔ Вопросы для подготовки к тестированию №2.

✔ Методические указания к проведению практических занятий по модулю 2.

✔ Методические указания по выполнению практико-ориентированного задания на тему Модуля 2.

Модуль 3 <u>«Последовательность испытаний и план эксперимента. Графический анализ данных. Математический анализ данных»</u>

✔ Вопросы для подготовки к тестированию №3.

✔ Методические указания к проведению практических занятий по модулю 3.

✔ Методические указания по выполнению практико-ориентированного задания на тему Модуля 3».

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Ильичев Э.А. Экспериментальные методы исследований: Учеб. пособие. Ч. 1 : Постановка задач. Физические основы. Физическое моделирование / Э.А. Ильичев; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2017. - 124 с. - ISBN 978-5-7256-0866-3

2. Ильичев Э.А. Экспериментальные методы исследований: Учеб. пособие. Ч. 2 : Методы измерений. Обработка результатов измерений / Э.А. Ильичев; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2018. - 220 с. - ISBN 978-5-7256-0868-7

3. Ильичев Э.А. Экспериментальные методы исследований: Учеб. пособие. Ч. 3 : Основы метрологии / Э.А. Ильичев; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2018. - 64 с. - ISBN 978-5-7256-0874-8

4. Демкин В.И. Методические указания по курсу "Моделирование систем: планирование эксперимента" / В.И. Демкин, И.И. Михайлов; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М. : МИЭТ, 2010. - 76 с.

Периодические издания

1. Микроэлектроника / РАН. - М. : ИКЦ Академкнига, 1972 - . - URL : http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7900 (дата обращения: 25.02.2019). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. Наноиндустрия : Научно-технический журнал / РИЦ Техносфера. - М. : Техносфера, 2007 - . - URL : http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=25919 (дата обращения: 25.02.2019). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

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: 30.09.2019). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.2. Электронно-библиотечная система ЭБС Лань: сайт. - Санкт-Петербург, 2011 - URL: https://e.lanbook.com/ (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ

2. Электронно-библиотечная система ЭБС Лань: сайт. - Санкт-Петербург, 2011 - URL: https://e.lanbook.com/ (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется смешанное обучение: аудиторное обучение при проведении 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.

Большая часть практических занятий проводится в интерактивном режиме при работе в малых группах и диалоге с преподавателем с разбором конкретных ситуаций в процессе выполнения экспериментальных исследований и при защите полученных результатов. При наличии расхождений полученных результатов у разных групп экспериментаторов проводится групповое обсуждение с целью выявления допущенных в ходе экспериментов погрешностей («круглый стол»).

Освоение образовательной программы 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, Skype и др.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы **(**http://orioks.miet.ru): электронные версии лекций, практических занятий, практико-ориентированных заданий, методических разработок по тематике курса и др. Для самостоятельной работы разработаны практико-ориентированные задания (ПОЗ) по основным разделам курса.

При дистанционном обучении используются *on-line* лекции и практические занятия по Skype, запись которых выкладывается в *Youtube* и доступна для студентов через среду ОРИОКС.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные аудитории для проведения лекционных занятий, практических (семинарских) занятий, укомплектованные специализированной учебной мебелью и техническими средствами обучениями, служащими для представления информации большой аудитории.

Наглядные учебные пособия по изучению устройства и принципа работы изучаемых в дисциплине устройств. Для проведения тестовых и контрольных опросов используется компьютерный класс.

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	**Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы**	**Перечень программного обеспечения**
Компьютерный класс «Центр проектирования трехмерных структур РТС-МИЭТ» аудитория	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением	Операционная система Windows, Microsoft Office, браузер

4116	доступа в ОРИОКС	
Помещение для самостоятельной работы обучающихся – «Центр проектирования трехмерных структур РТС-МИЭТ» аудитория 4116	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ.	Операционная система Windows, Microsoft Office, браузер

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ / ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции **УК-1.ТиПИЭ «**Способен планировать, организовывать и проводить исследования с целью. анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований**».**
2. ФОС по подкомпетенции **ПК-2.ТиПИЭ «**Способен к организации и и приведению экспери-ментальных исследований микросистем с применением современных средств и методов»

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

Модульное построение курса предполагает изложение содержания модулей в единстве логического подхода. Студенты, изучающие дисциплину обязаны:

– освоить темы 8 лекционных занятий (освоение тем подтверждается сдачей контрольных работ и/или тестов по каждому модулю);

– принять участие в 8 практических занятиях.

На **лекционных занятиях** студент знакомится с теоретическим материалом курса как по средствам лекции-визуализации, так и путем ознакомления с теоретическими материалами в системе Ориокс. Во время лекционного занятия Преподаватель излагает материал по тематике занятия, сопровождая это визуальными средствами. Студенты слушают и задают уточняющие вопросы. В конце лекционного занятия один или несколько студентов осуществляют презентацию краткого доклада по одной из тем курса. Очередность выполнения докладов и их тематику студенты при помощи Преподавателя выбирают во время первого занятия.

Для подтверждения полученных теоретических знаний студент в конце Модуля должен пройти соответствующее занятию тестирование. Выполнение тестирования осуществляется дистанционно в системе WebTutor или Moodle во время самостоятельной работы студента.

Для получения и закрепления практических навыков и получения навыков навыков научно-исследовательской работы предусмотрены **практические занятия,** каждое из которых соответствует тематике лекции. На практическом занятии студент выполняет задания, предоставляемые преподавателем, при необходимости консультируясь по возникающим вопросам.

При проведении практических занятий студенты не только закрепляют знания, полученные на лекциях, но и получают навыки моделирования на многочисленных примерах термического, в частности эпитаксиального, оборудования. Причем по тематике практических занятий прорабатываются **практико-ориентированные задания** различной сложности, которые студенты выполняют в отведенное для этого время СРС с предоставлением и оценкой отчетов по выполненной работе с обоснованными выводами.

На последнем практическом занятии каждого Модуля студент должен выполнить практико-ориентированное задание по тематике Модуля.

В конце, после выполнения всех практических занятий, предусмотрено выполнение итогового задания по тематике курса и его защита преподавателю. Задание выполняется в течение всего семестра во время **самостоятельной работы студента.** Успешное выполнение этого задания будет свидетельствовать о том, что студент овладел необходимыми навыками и опытом деятельности.

В процессе изучения курса предполагается **самостоятельная работа студента** при подготовке к лекционным и практическим занятиям, а также к тестам. При этом студент использует литературу, библиотеку электронных модулей, Интернет-ресурсы. Кроме того, в рамках самостоятельной работы студент готовит доклад-презентацию, которую затем представляет и защищает на занятии. Доклад включает в себя подготовку небольшой, логически законченной презентации в формате Powerpoint по одной из тем, затрагиваемых в курсе, и доклада на 5-7 минут по ней. Студент демонстрирует презентацию группе, сопровождая своими кмментариями, после чего следует общее обсуждение доклада и ответ на вопросы аудитории. Преподаватель контролирует выполнение доклада, при необходимости дает пояснения, корректирует или ответчает на вопросы группы.

Особенностью курса является возможность выполнения практических заданий и выполнения тестов в электронном виде.

Одной из форм обучения является **консультация у преподавателя**. Обращаться к помощи преподавателя следует когда студенту не ясно изложение какого-либо вопроса в «учебной литературе или он не может найти необходимую литературу. Преподаватель поможет прояснить возникший вопрос, порекомендует порядок изложения вопросов, поможет рассчитать время выступления, подобрать соответствующую литературу, раскрыть профессиональный аспект рассматриваемой проблемы.

методическими указаниями его выполнения и критериями оценки достижения формируемых в дисциплине компетенций/подкомпетенций.

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 70 баллов), активность, посещаемость и прилежание студентов в семестре (в сумме до 20 баллов).

По завершению изучения дисциплины предусмотрен дифференцированный зачет (10 баллов), при этом оценка учебной деятельности студента основана на балльной накопительной системе. Перечень контрольных мероприятий и методика их балльной оценки изложена в методических указаниях для студентов.

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

РАЗРАБОТЧИК:
Профессор Института НМСТ
д.т.н., профессор _____ /Самойликов В.К./

Рабочая программа дисциплины «Теория и практика инженерного эксперимента по направлению 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
д.т.н., профессор _____ /С.П. Тимошенков/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества (АНОК)
Начальник АНОК _____ /И.М. Никулина/

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки _____ /Т.П. Филиппова/