

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Информационно-аналитические и диагностические интеллектуальные технологии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**КОМПЛЕКСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ**  
**ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.03</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>1 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 129,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>1 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лунин В.П.
	Идентификатор	R98431939-LuninVP-7d841ea7

(подпись)

В.П. Лунин

(расшифровка  
подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Барат В.А.
	Идентификатор	Rb173df8d-BaratVA-106e228a

(подпись)

В.А. Барат

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Желбаков И.Н.
	Идентификатор	R839a3a63-ZhelbakovIGN-f73624c

(подпись)

И.Н. Желбаков

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является изучение основ компьютерного проектирования основных элементов и алгоритмических средств диагностических систем с помощью математического моделирования

### Задачи дисциплины

- Освоение современных средств проектирования преобразователей и систем;
- Изучение конструкций и характеристик основных типов преобразователей для диагностики;
- Создание оптимальных алгоритмических средств функционирования систем диагностики с помощью исследования их математических моделей;
- Получение опыта разработки диагностического устройства с использованием средств моделирования.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен осуществлять руководство проектированием информационно-измерительных систем	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Применяет принципы проектирования вычислительных машин, систем и сетей; методы оптимизации их функционирования	знать: - современные средства компьютерного проектирования преобразователей и диагностических систем.
ПК-1 Способен осуществлять руководство проектированием информационно-измерительных систем	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Осуществляет разработку перспективных технических решений в области проектирования вычислительных комплексов, систем и сетей	знать: - методы построения решения обратной задачи диагностики как задачи распознавания.  уметь: - использовать возможности оптимизировать методику решения задачи проектирования.
ПК-1 Способен осуществлять руководство проектированием информационно-измерительных систем	ИД-11 <sub>ПК-1</sub> Проводит обработку измерительной информации, фильтрацию и обнаружение сигналов на фоне помех	знать: - эффективные алгоритмы конечно-элементного решения задач электромагнитной диагностики.  уметь: - создавать конечно-элементные модели диагностических процедур разной физической природы.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Информационно-аналитические и диагностические интеллектуальные технологии (далее – ОПОП), направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы конечно-элементного моделирования физических задач
- знать физические основы электромагнитных методов диагностики
- уметь пользоваться программой COMSOL Multiphysics для создания и испытания численной модели диагностической процедуры
- уметь анализировать результаты модельных параметрических исследований в задачах диагностики

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Общие вопросы проектирования. Проектирование на основе численного моделирования	42	1	4	6	4	-	-	-	-	-	28	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Общие вопросы проектирования" материалу.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], с.35-44 [2], с.16-40 [3], с.33-53 [6], с.10-18</p>
1.1	Основные определения и понятия информационно-диагностической системы, области применения и примеры реализации	9		1	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
1.2	Методы решения прямых задач электромагнитной диагностики	13		1	2	2	-	-	-	-	-	8	-	
1.3	Подходы к инверсии исходных данных в задачах электромагнитной диагностики	20		2	4	2	-	-	-	-	-	12	-	
2	Эффективная методика компьютерного численного моделирования при проектировании	41		5	4	4	-	-	-	-	-	28	-	

2.1	Понятие эффективного алгоритма. Общая схема двухшагового алгоритма решения прямой задачи	9	1	-	-	-	-	-	-	-	8	-	разделе "Проектирование на основе численного моделирования" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], с.76-107
2.2	Примеры конечно-элементного решения задач емкостного и потенциального методов диагностики	16	2	4	2	-	-	-	-	-	8	-	
2.3	Двухшаговый алгоритм в решении вихревой диагностики	16	2	-	2	-	-	-	-	-	12	-	
3	Проектирование диагностической системы на основе формирования базы диагностических сигналов и построения системы распознавания	61	7	6	8	-	-	-	-	-	40	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Эффективная методика компьютерного численного моделирования" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], с.108-156 [4], с.56-69 [5], с.5-26
3.1	Общая структура проектирования диагностической системы	7	1	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
3.2	Формирование базы сигналов при модельных параметрических исследованиях диагностической задачи	16	2	4	2	-	-	-	-	-	8	-	
3.3	Испытания и выбор алгоритмов отстройки от мешающих	18	2	2	2	-	-	-	-	-	12	-	

	факторов												
3.4	Выбор структуры и испытание системы распознавания несплошностей в исследуемых объектах	15	1	-	2	-	-	-	-	-	12	-	
3.5	Концепция цифрового двойника в диагностике	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0	16	16	16	-	2	-	-	0.5	96	33.5	
	Итого за семестр	180.0	16	16	16	2	-	-	0.5	-	129.5		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Общие вопросы проектирования. Проектирование на основе численного моделирования

1.1. Основные определения и понятия информационно-диагностической системы, области применения и примеры реализации

1.2. Методы решения прямых задач электромагнитной диагностики

1.3. Подходы к инверсии исходных данных в задачах электромагнитной диагностики

#### 2. Эффективная методика компьютерного численного моделирования при проектировании

2.1. Понятие эффективного алгоритма. Общая схема двухшагового алгоритма решения прямой задачи

2.2. Примеры конечно-элементного решения задач электроемкостного и электропотенциального методов диагностики

2.3. Двухшаговый алгоритм в решении вихретоковой диагностики

#### 3. Проектирование диагностической системы на основе формирования базы диагностических сигналов и построения системы распознавания

3.1. Общая структура проектирования диагностической системы

3.2. Формирование базы сигналов при модельных параметрических исследованиях диагностической задачи

3.3. Испытания и выбор алгоритмов отстройки от мешающих факторов

3.4. Выбор структуры и испытание системы распознавания несплошностей в исследуемых объектах

3.5. Концепция цифрового двойника в диагностике



### 3.3. Темы практических занятий

1. 2. Решение задач двумерной и трехмерной дискретизации, проблема выбора шага дискретизации (4 часа).;
2. 3. Квантование двумерных сигналов. Оптимальное среднеквадратическое квантование (4 часа).;
3. 4. Решение задачи улучшения визуального качества двумерных сигналов (контрастное масштабирование, бинаризация, выделение или удаление битового содержания) (4 часа).;
4. 8. Распознавание дефектов по геометрическим признакам: периметр, площадь, компактность. Расчет центра масс, ориентации оси инерции, аппроксимирующий прямоугольник, эллипс, эксцентриситет (4 часа).;
5. 6. Выделение пространственных признаков дефектов (градиентные операторы, оператор-компас, оператор Лапласа), определение границы дефекта (4 часа).;
6. 7. Представление признаков дефектов (описание границы по сплайну, дескрипторами Фурье; описание области в виде «квадратичного дерева», томографическими проекциями) (4 часа).;
7. 5. Эквиализация гистограммы двумерных сигналов, изотропное и селективное сглаживание, медианная фильтрация, подчеркивание границ, статистическое масштабирование (4 часа).;
8. 1. Решение уравнений в интегральной и дифференциальной форме для простейших структур объектов (квазистационарные задачи) (4 часа)..

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. №6. «Численное моделирование задачи вихретокового контроля теплообменных труб парогенераторов АЭС» (4 часа).;
2. №5. «Численное моделирование задачи вихретоковой дефектоскопии. Определение свойств покрытия» (4 часа).;
3. №4. «Электроемкостная дефектоскопия: контроль диэлектрической проницаемости композитных материалов» (4 часа)..

### 3.5 Консультации

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общие вопросы проектирования"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Проектирование на основе численного моделирования"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Эффективная методика компьютерного численного моделирования"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)			Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	
<b>Знать:</b>					
современные средства компьютерного проектирования преобразователей и диагностических систем	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+			Тестирование/Тест №1м Дифференциальные уравнения квазистационарного электромагнитного поля
методы построения решения обратной задачи диагностики как задачи распознавания	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>		+		Тестирование/Тест №2м Эффективные алгоритмы расчета электромагнитных сигналов
эффективные алгоритмы конечно-элементного решения задач электромагнитной диагностики	ИД-11 <sub>ПК-1</sub>			+	Тестирование/Тест №3м Анализ результатов конечно-элементных расчетов
<b>Уметь:</b>					
использовать возможности оптимизировать методику решения задачи проектирования	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>		+		Лабораторная работа/Лабораторная работа №4
создавать конечно-элементные модели диагностических процедур разной физической природы	ИД-11 <sub>ПК-1</sub>			+	Лабораторная работа/Лабораторная работа №5 Лабораторная работа/Лабораторная работа №6

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

###### **1 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Лабораторная работа №4 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. Тест №1м Дифференциальные уравнения квазистационарного электромагнитного поля (Тестирование)
2. Тест №2м Эффективные алгоритмы расчета электромагнитных сигналов (Тестирование)
3. Тест №3м Анализ результатов конечно-элементных расчетов (Тестирование)

Форма реализации: Защита задания

1. Лабораторная работа №5 (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа №6 (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

###### *Экзамен (Семестр №1)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Лунин, В. П. Метод конечных элементов в задачах прикладной электротехники : Учебное пособие по курсам "Численные модели и компьютерное проектирование в интроскопии". "Электромагнитные методы контроля" / В. П. Лунин ; Ред. А. Д. Покровский ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – 1996 . – 78 с. : 3700.00 .;
2. Лунин, В. П. Проектирование программно-алгоритмических средств для систем электромагнитного контроля энергетического оборудования / В. П. Лунин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 196 с. - ISBN 978-5-7046-1651-1 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8202](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8202);
3. Лунин, В. П. Моделирование поля в задачах вихретокового контроля : Учебное пособие по курсу "Численные модели в интроскопии" по направлению "Приборостроение" / В. П. Лунин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 56 с.;
4. Слесарев, Д. А. Обработка и анализ сигналов в неразрушающем контроле : учебное пособие по курсу "Обнаружение и фильтрация сигналов в неразрушающем контроле" по специальности "Приборы и методы контроля качества и диагностики" / Д. А. Слесарев ; ред.

В. П. Лунин ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 100 с. - ISBN 978-5-7046-1394-7 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5012](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5012);

5. Лунин, В. П. Практикум по математическому моделированию задач электромагнитного контроля. Практические работы №4-7 : по курсу "Математическое моделирование в приборных системах" по направлению "Приборостроение" / В. П. Лунин, А. Г. Жданов, Е. А. Куликова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 28 с.

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8981](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8981);

6. Г. Б. Вяльцев, Д. М. Топорков, Т. В. Честюнина- "Расчет магнитных полей методом конечных элементов в программе FEMM для решения задач электромеханики", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2018 - (115 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575118>.

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Elcut;
4. Finite Element Method Magnetics (FEMM).

## **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	В-310, Учебная лаборатория	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения книг, стол, стол компьютерный, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	В-310, Учебная лаборатория	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения книг, стол, стол компьютерный, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	В-400/1, Учебная аудитория каф. "ЭИ"	стол преподавателя, стол, стул, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, вешалка для одежды, тумба, доска меловая,

		компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, кондиционер, стенд лабораторный, сменные запчасти для ЭВМ
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	В-310, Учебная лаборатория	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения книг, стол, стол компьютерный, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-306/1, Кабинет сотрудников	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стеллаж, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-308/1, Кладовая	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Комплексное проектирование и оптимизация диагностических систем

(название дисциплины)

#### 1 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Тест №1м Дифференциальные уравнения квазистационарного электромагнитного поля (Тестирование)
- КМ-2 Тест №2м Эффективные алгоритмы расчета электромагнитных сигналов (Тестирование)
- КМ-3 Тест №3м Анализ результатов конечно-элементных расчетов (Тестирование)
- КМ-4 Лабораторная работа №4 (Лабораторная работа)
- КМ-5 Лабораторная работа №5 (Лабораторная работа)
- КМ-6 Лабораторная работа №6 (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	10	10	10	20	25	25
1	Общие вопросы проектирования. Проектирование на основе численного моделирования							
1.1	Основные определения и понятия информационно-диагностической системы, области применения и примеры реализации		+					
1.2	Методы решения прямых задач электромагнитной диагностики		+					
1.3	Подходы к инверсии исходных данных в задачах электромагнитной диагностики		+					
2	Эффективная методика компьютерного численного моделирования при проектировании							
2.1	Понятие эффективного алгоритма. Общая схема двухшагового алгоритма решения прямой задачи			+				
2.2	Примеры конечно-элементного решения задач электроемкостного и электропотенциального методов диагностики			+				
2.3	Двухшаговый алгоритм в решении вихретоковой диагностики					+		
3	Проектирование диагностической системы на основе формирования базы диагностических сигналов и построения системы распознавания							
3.1	Общая структура проектирования диагностической системы				+			

3.2	Формирование базы сигналов при модельных параметрических исследованиях диагностической задачи			+			
3.3	Испытания и выбор алгоритмов отстройки от мешающих факторов					+	+
3.4	Выбор структуры и испытание системы распознавания несплошностей в исследуемых объектах					+	+
3.5	Концепция цифрового двойника в диагностике					+	+
Вес КМ, %:		10	10	10	20	25	25