

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

Направление подготовки/специальность: 12.04.01 Приборостроение

Наименование образовательной программы: Приборы и методы контроля качества и диагностики

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ПРИМЕНЕНИЕ СВЧ-ПОЛЕЙ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	не предусмотрено учебным планом
Практические занятия	3 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	3 семестр - 16 часов;
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2020

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Чичигин Б.А.
	Идентификатор	Rd3a9dde0-ChichiginBA-146aaeba

(подпись)


Б.А. Чичигин

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

В.П. Лунин

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	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: формирование знания об основных методах, средствах и областях применения и организации радиоволнового неразрушающего контроля

Задачи дисциплины

- изучение студентами основ проектирования, конструирования и применения радиоволновых (СВЧ) приборов неразрушающего контроля качества материалов и изделий;;
- использования этих знаний при разработке и эксплуатации таких приборов.

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 проводить научные исследования, направленные на развитие методов неразрушающего контроля	ИД-2 _{ПК-1} Устанавливает взаимосвязь между параметрами контролируемого объекта и его откликом на физическое зондирующее воздействие	знать: - области и возможности применения физических явлений и эффектов СВЧ в приборостроительной технике.; - устройство и технические параметры основных элементов и узлов СВЧ интроскопов.
ПК-1 Способен проводить научные исследования, направленные на развитие методов неразрушающего контроля	ИД-4 _{ПК-1} Создает новые технологии и методики неразрушающего контроля	знать: - физические явления и эффекты, используемые в СВЧ технике неразрушающего контроля и технической диагностики. уметь: - использовать полученные знания при разработке и эксплуатации СВЧ техники неразрушающего контроля.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Приборы и методы контроля качества и диагностики (далее – ОПОП), направления подготовки 12.04.01 Приборостроение, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Основы физики
- знать основы теории физических полей
- знать основные научные школы, направления, концепции и методологию научных исследований в приборостроении
- знать Применение тепловых и оптических полей в неразрушающем контроле
- уметь применять методологию научного познания и использовать её в практической деятельности в области приборостроения
- уметь применять методы анализа состояния научно-технической проблемы в приборостроительной отрасли

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Применение СВЧ полей в неразрушающем контроле	108	3	-	16	32	-	-	-	-	-	60	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Применение СВЧ полей в неразрушающем контроле"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> 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 "Применение СВЧ полей в неразрушающем контроле" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Применение СВЧ полей в неразрушающем контроле" подготовка к выполнению заданий</p>
1.1	Радиоволновой контроль. Общие вопросы	11		-	2	3	-	-	-	-	-	6	-	
1.2	Источники СВЧ излучений	9		-	2	3	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Элементная база радиоволнового контроля	12		-	2	3	-	-	-	-	-	7	-	
1.4	Классификация методов радиоволнового контроля	16		-	4	5	-	-	-	-	-	7	-	
1.5	Радиоволновая толщинометрия	10		-	2	3	-	-	-	-	-	5	-	
1.6	Радиоволновая влагометрия материалов	7		-	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
1.7	Контроль структуры и состава материалов СВЧ методами	9		-	2	3	-	-	-	-	-	4	-	
1.8	Применение радиоволновых методов в неразрушающем	17		-	2	5	-	-	-	-	-	10	-	

	контроле														
1.9	Метод георадиолокации	8	-	-	2	-	-	-	-	-	6	-			
1.10	Терагерцовый диапазон волн	9	-	-	3	-	-	-	-	-	6	-			
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5			
	Всего за семестр	144.0	-	16	32	-	2	-	-	0.5	60	33.5			
	Итого за семестр	144.0	-	16	32		2		-	0.5		93.5			

на практических занятиях
Самостоятельное изучение теоретического материала: Изучение дополнительного материала по разделу "Применение СВЧ полей в неразрушающем контроле"
Подготовка реферата: В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:
Изучение материалов литературных источников:

- [1], 3-40
- [2], 364-451
- [3], 9-189
- [4], 37-573

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. Применение СВЧ полей в неразрушающем контроле

1.1. Радиоволновой контроль. Общие вопросы

Особенности радиоволнового диапазона. Основные физические величины. Свойства материалов в диапазоне сверхвысоких частот..

1.2. Источники СВЧ излучений

Источники СВЧ излучений: магнетрон, клистрон, лампа бегущей волны, вакуумный триод, полупроводниковые генераторы СВЧ..

1.3. Элементная база радиоволнового контроля

Компоненты для передачи СВЧ энергии: коаксиальные кабели, волноводы, тройники. Передающие и приемные антенны..

1.4. Классификация методов радиоволнового контроля

Классификация методов радиоволнового контроля. Амплитудный метод. Фазовый метод. Поляризационный метод. Резонансный метод. Голографический метод..

1.5. Радиоволновая толщинометрия

Типы СВЧ толщиномеров и принципы их действия. Структурные схемы, устройство, технические характеристики СВЧ толщиномеров..

1.6. Радиоволновая влагометрия материалов

Физические основы радиоволновой влагометрии. Амплитудные, фазовые, амплитудно-фазовые СВЧ влагомеры, их структурные схемы. СВЧ влагомер для измерений в свободном пространстве. Контроль влажности резонаторным или волноводным методом. СВЧ влагомер сыпучих материалов. СВЧ влагомер жидких масс..

1.7. Контроль структуры и состава материалов СВЧ методами

Физические основы структуроскопии на СВЧ. Методы структуроскопии с применением СВЧ..

1.8. Применение радиоволновых методов в неразрушающем контроле

Радиоволновая виброметрия. Радиоволновая дефектоскопия..

1.9. Метод георадиолокации

Определение, сферы применения, особенности применения..

1.10. Терагерцовый диапазон волн

Особенности, приборы терагерцового диапазона, терагерцовая спектроскопия..

3.3. Темы практических занятий

1. Радиоволновой контроль. Общие вопросы;
2. Источники СВЧ излучений;
3. Элементная база радиоволнового контроля;
4. Классификация методов радиоволнового контроля;
5. Радиоволновая толщинометрия;
6. Радиоволновая влагометрия материалов;

7. Контроль структуры и состава материалов СВЧ методами;
8. Применение радиоволновых методов в неразрушающем контроле;
9. Метод георадиолокации;
10. Терагерцовый диапазон волн.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование характеристик лампы бегущей волны;
2. Изучение свойств диэлектриков при взаимодействии с СВЧ излучением;
3. Радиоволновой дефектоскоп;
4. Радиоволновой толщиномер.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Применение СВЧ полей в неразрушающем контроле"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Применение СВЧ полей в неразрушающем контроле"

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	
Знать:			
устройство и технические параметры основных элементов и узлов СВЧ интроскопов	ИД-2 _{ПК-1}	+	Лабораторная работа/КМ-2 защита лабораторной работы №2 Исследование характеристик лампы бегущей волны
области и возможности применения физических явлений и эффектов СВЧ в приборостроительной технике.	ИД-2 _{ПК-1}	+	Лабораторная работа/КМ-3: защита лабораторной работы №3 Радиоволновой толщиномер,
физические явления и эффекты, используемые в СВЧ технике неразрушающего контроля и технической диагностики	ИД-4 _{ПК-1}	+	Лабораторная работа/КМ-1: защита лабораторной работы №1 Изучение свойств диэлектриков при взаимодействии с СВЧ излучением, Лабораторная работа/КМ-4: защита лабораторной работы №4 Радиоволновой дефектоскоп.
Уметь:			
использовать полученные знания при разработке и эксплуатации СВЧ техники неразрушающего контроля	ИД-4 _{ПК-1}	+	Лабораторная работа/КМ-1: защита лабораторной работы №1 Изучение свойств диэлектриков при взаимодействии с СВЧ излучением,

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Устная форма

1. КМ-1: защита лабораторной работы №1 Изучение свойств диэлектриков при взаимодействии с СВЧ излучением, (Лабораторная работа)
2. КМ-2 защита лабораторной работы №2 Исследование характеристик лампы бегущей волны (Лабораторная работа)
3. КМ-3: защита лабораторной работы №3 Радиоволновой толщиномер, (Лабораторная работа)
4. КМ-4: защита лабораторной работы №4 Радиоволновой дефектоскоп. (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

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

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Лабораторные работы по курсу "Радиоволновой, тепловой и оптический контроль". Параметрические, тепловые и визуально-оптические методы контроля / Ю. Я. Останин, П. С. Культиасов, В. М. Макунин, В. Б. Соколов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М., 1987 . – 41 с.;
2. Неразрушающий контроль и диагностика : Справочник / ЗАО 'НИИИН МНПО 'Спектр" ; Ред. В. В. Ключев . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Машиностроение, 2003 . – 656 с. - ISBN 5-217-03178-6 .;
3. А. В. Велигоша- "Приборы СВЧ и оптического диапазон", Издательство: "Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ)", Ставрополь, 2014 - (203 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457773>;
4. А. И. Белоус, М. К. Мерданов, С. В. Шведов- "СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи: техническая энциклопедия", (2-е изд., доп.), Издательство: "Техносфера", Москва, 2018 - (702 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=597004>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office;
2. Windows;
3. MathCad.

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

1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
4. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
5. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
8. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
9. База данных издательства Annual Reviews Science Collection - <https://www.annualreviews.org/>
10. База данных Association for Computing Machinery Digital Library - <https://dl.acm.org/about/content>
11. Журналы издательства Cambridge University Press - <https://www.cambridge.org/core>
12. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
13. База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing - <http://search.ebscohost.com>
14. Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания - <https://iopscience.iop.org/>
15. Журналы научного общества Optical Society of America (OSA) - <https://www.osapublishing.org/about.cfm>
16. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
17. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
18. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
19. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
20. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
21. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
22. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
23. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
24. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
25. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	В-500/3, Учебная аудитория каф. "ЭИ"	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, вешалка для одежды, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в

		Интернет, доска маркерная, 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-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
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

Применение СВЧ-полей в неразрушающем контроле

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ-1: защита лабораторной работы №1 Изучение свойств диэлектриков при взаимодействии с СВЧ излучением, (Лабораторная работа)
- КМ-2 КМ-2 защита лабораторной работы №2 Исследование характеристик лампы бегущей волны (Лабораторная работа)
- КМ-3 КМ-3: защита лабораторной работы №3 Радиоволновой толщиномер, (Лабораторная работа)
- КМ-4 КМ-4: защита лабораторной работы №4 Радиоволновой дефектоскоп. (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Применение СВЧ полей в неразрушающем контроле					
1.1	Радиоволновой контроль. Общие вопросы		+			+
1.2	Источники СВЧ излучений		+			+
1.3	Элементная база радиоволнового контроля			+		
1.4	Классификация методов радиоволнового контроля			+		
1.5	Радиоволновая толщинометрия		+		+	
1.6	Радиоволновая влагометрия материалов		+		+	
1.7	Контроль структуры и состава материалов СВЧ методами		+		+	
1.8	Применение радиоволновых методов в неразрушающем контроле		+		+	
1.9	Метод георадиолокации		+			+
1.10	Терагерцовый диапазон волн		+			+
Вес КМ, %:			25	25	25	25