

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
"Национальный исследовательский университет  
"Высшая школа экономики"**

Московский институт электроники и математики им. А.Н.Тихонова  
Департамент электронной инженерии

**Программа дисциплины**  
**Неразрушающий контроль и диагностирование радиоэлектронных средств**  
для образовательной программы «Инжиниринг в электронике»  
направления подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»  
уровень – магистр

Разработчик программы:

Иванов И.А., к.т.н., ст. преподаватель, i.ivanov@hse.ru

Одобрена на заседании департамента электронной инженерии 22 июня 2017 г

Руководитель департамента Б.Г. Львов \_\_\_\_\_

Рекомендована Академическим советом образовательной программы

«27» июня 2017 г., № протокола 12

Утверждена «27» июня 2017 г.

Академический руководитель образовательной программы

А.И. Юрин \_\_\_\_\_

Зарегистрировано «27» июня 2017 г. № ИНЖ17-НК

Москва, 2017

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями  
университета и другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы.*



## **1 Область применения и нормативные ссылки**

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов направления подготовки магистра 11.04.04. «Электроника и наноэлектроника» по магистерской программе «Инжиниринг в электронике».

Программа разработана в соответствии с:

- Оригинальным образовательным стандартом НИУ ВШЭ по направлению подготовки магистра 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»;
- Учебным планом университета по направлению подготовки магистра 11.04.04. «Электроника и наноэлектроника», утвержденным в 2016 г.

## **2 Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Неразрушающий контроль и диагностирование радиоэлектронных средств» являются:

формирование базовых знаний по оценке текущего технического состояния электронных средств, выбору наиболее информативных диагностических признаков о их состоянии, методов сбора и обработки диагностической информации, выбору средств и методов принятия решений, планированию работ по техническому обслуживанию и ремонту радиоэлектронных средств (РЭС).

## **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины студент должен:

- **знать:**
  - термины и определения в области технической диагностики;
  - основные регламентирующие документы и стандарты по технической диагностике;
  - виды технического состояния электронных средств;
  - основные принципы организации и технические средства автоматизированного диагностирования РЭС;
  - основные методы технической диагностики, применяемые для оценки технического состояния электронных средств;
  - средства сбора и обработки диагностической информации;
  - методы формирования совокупности диагностических признаков и оценки их информативности;
  - характерные дефекты различных РЭС и их диагностические признаки;
- **уметь:**
  - проводить электрическое, тепловое и механическое диагностическое моделирование схем и конструкций электронных средств с применением современных компьютерных технологий;
  - выбирать из всего множества комплектующих элементов наиболее значимые из них, и для них обеспечивать контролепригодность по критериям заданной глубины и требуемой полноты проверки;
  - определять эффективный набор входных тестовых воздействий РЭС;
  - формировать множество информативных контрольных точек для оценки технического состояния устройства;
  - путем моделирования формировать электронную диагностическую базу относительно заданного набора характерных неисправностей;



- **иметь навыки** (приобрести опыт):  
использования контрольно-измерительной аппаратуры;  
формирования диагностических справочников и выявления неисправностей с их использованием;  
работы на специализированном диагностическом программном обеспечении.  
В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС/ НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Общекультурные	ОК-1	Способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности	Лекционные и практические занятия
	ОК-4	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом	Лекционные и практические занятия
Общепрофессиональная деятельность	ПК-3	Способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	Лекционные и практические занятия
	ПК-5	Способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов	Лекционные и практические занятия
Проектно-технологическая деятельность	ПК-14	Способность обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, оценивать экономическую эффективность технологических процессов	Лекционные и практические занятия.
Научно-исследовательская деятельность	ПК-23	Готовность участвовать в проведении технико-экономического и функционально-стоимостного анализа рыночной эффективности создаваемого продукта	Лекционные и практические занятия.

#### 4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к циклу дисциплин профессионального цикла и блоку дисциплин вариативной части.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

1. Математика
2. Математическое моделирование физических процессов в конструкциях радиоэлектронных средств;
3. Специальные главы математики
4. Численные методы в проектировании электронных средств
5. Электротехника и электроника
6. Основы конструирования электронных средств
7. Управление качеством электронных средств

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при:

- выполнении научно-исследовательских работ;
- при выполнении выпускной квалификационной работы



## 5 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы					Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Курсовой проект	
1.	Техническое диагностирование - этап обеспечения надежности систем	25	4		3			18
2.	Математические модели диагностирования РЭС	28	4		6			18
3.	Диагностика неисправностей в аналоговых цепях и цифровых электронных средствах	35	5		8			22
4.	Контролепригодность объектов диагностирования	30	4		8			18
5.	Системы диагностирования. Автоматизация средств диагностики и контроля	34	5		9			20
	Итого	152	22		34			96

## 6 Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	2 год, модуль		Параметры
		1	2	
Текущий	Активность на практических занятиях	*	*	ответы на вопросы и участие в дискуссиях, рассмотрении кейсов
	Контрольная	*		письменная работа до 15 стр., шрифт Times New Roman, 14 pt, 1,5 интервала
	Реферат		*	письменная работа до 15 стр., шрифт Times New Roman, 14 pt, 1,5 интервала
	Домашнее задание		*	письменная работа до 15 стр., шрифт Times New Roman, 14 pt, 1,5 интервала
Итоговый	Экзамен		*	Устный экзамен, 30 минут на студента

### 6.1 Критерии оценки знаний, умений и навыков

**Активность на семинарских занятиях** оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях по предложенной проблематике;
- интенсивность консультаций с преподавателем по выполнению домашнего задания.

**Домашние задания** оцениваются по следующим критериям:

- соблюдение структуры работы согласно заданию;



- соблюдение правил оформления задания согласно ГОСТ 7.32-2001;
- новизна предложенных технических решений;
- способность аргументировано объяснять на защите работы её выполнение.

**Текущий контроль** осуществляется по активности студента на практических занятиях и по выполнению двух домашних заданий.

**Итоговый контроль** проводится в форме устного экзамена сдаётся в конце курса в присутствии преподавателя. На экзамене студент выбирает экзаменационный билет, который составляется с учетом пройденного материала и содержит три теоретических вопроса. После подготовки ответов студент устно отвечает преподавателю на вопросы экзаменационного билета. После ответа студента преподаватель может ему задать уточняющие вопросы по тематике билета.

Студент, имеющий накопленную оценку текущего контроля  $O_{mk}$  за выполнение и сдачу домашних заданий  $O_{дз1}$ ,  $O_{дз2}$  и за активность на практических занятиях  $O_{ауд}$  от 6 до 10 баллов включительно, имеет возможность на получение итоговой оценки  $O_{результ}$  за экзамен, равной накопленной оценке  $O_{mk}$  без непосредственной сдачи экзамена. При желании получить более высокую оценку текущего контроля  $O_{mk}$  студент приступает к сдаче зачёта; ему предлагается для ответа один вопрос.

В остальных случаях на экзамене:

Студент выбирает экзаменационный билет, который содержит три теоретических вопроса.

Студенту, имеющему оценку за выполнение и сдачу домашнего задания 1  $O_{дз1}$  ниже 4 баллов, предлагается для ответа дополнительно вопрос по теме домашнего задания 1.

Студенту, имеющему оценку за выполнение и сдачу домашнего задания 2  $O_{дз2}$  ниже 4 баллов, также предлагается для ответа дополнительно вопрос по теме домашнего задания 2.

Ответы на предложенные вопросы излагаются в письменной форме. Использование каких-либо текстов, калькуляторов, телефонов и др. средств связи запрещается. Время написания работы – 30 мин; в случае, если вопросов больше двух – 60 мин.

Использование каких-либо текстов, калькуляторов, телефонов и др. средств связи запрещается. Время на подготовку ответов на вопросы экзаменационного билета – 30 мин; в случае, если вопросов четыре – 40 мин. По желанию студента и согласию преподавателя возможен досрочный ответ.

## 7. Содержание дисциплины

Раздел 1. Техническое диагностирование - этап обеспечения надежности систем

Содержание технической диагностики. Основные понятия, термины и определения. Функциональное диагностирование. Тестовое диагностирование. Организация диагностирования сложных объектов. Методология диагностирования. Диагностирование – системная задача этапов проектирования, производства и эксплуатации. Общая методика решения задачи диагностирования. Показатели и критерии эффективности диагностирования. Алгоритм диагностирования электронных средств.

Раздел 2. Математические модели диагностирования РЭС

Математическое моделирование. Диагностическое моделирование. Математическая модель диагностирования параметрических отказов элементов РЭС. Математическая модель диагностирования внезапных отказов РЭС.

Раздел 3. Диагностика неисправностей в аналоговых цепях и цифровых электронных средствах

Традиционные методы диагностирования РЭС. Методы диагностирования РЭС, основанные на моделировании. Классификация методов обнаружения неисправностей.



Сравнительный анализ методов. Метод справочников неисправностей. Методы диагностирования цифровых РЭС. Особенности цифровой электроники с точки зрения ее контроля и диагностирования. JTAG-технология. Подбор тестовых комбинаций. Тестовые структуры. Тепловой контроль как неразрушающий метод контроля качества РЭС. Диагностирование нарушений целостности конструкций РЭС на основе анализа механических характеристик.

#### Раздел 4. Контролепригодность объектов диагностирования

Показатели контролепригодности и их выбор. Категории контролепригодности объектов диагностирования. Условия диагностируемости и контролепригодности объектов. Выбор показателей и оценка уровня контролепригодности для электронной системы. Определение глубины поиска неисправностей и полноты проверки РЭС.

#### Раздел 5. Системы диагностирования. Автоматизация средств диагностики и контроля

Структура системы диагностирования. Элементы системы диагностирования. Организация взаимодействия элементов в системе диагностирования. Оптимизация организации системы диагностирования. Встроенные средства диагностирования. Общие сведения. Встроенные средства диагностирования ЭВМ. Внешние средства диагностирования. Особенности проектирования технических средств диагностирования (ТСД). Определение требований по безопасности, ремонтпригодности и контролепригодности ОД и ТСД. Основные элементы ТСД. Элементная база и конструкция ТСД. Автоматизация как метод повышения эффективности диагностирования технического состояния РЭС. Классификация автоматизированных средств контроля.

### **8 Образовательные технологии**

Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы: доклады, обсуждения, решение задач, рассмотрение кейсов.

### **9 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента**

#### **9.1. Тематика заданий текущего контроля**

Тема для каждого студента утверждается преподавателем в индивидуальном порядке.

#### **9.2. Вопросы для оценки качества освоения дисциплины**

##### **Примерный перечень вопросов для оценки качества освоения дисциплины.**

Техническая диагностика;  
Основные термины и определения технической диагностики;  
Отношения между понятиями: измерение, контроль, диагностика, управление;  
Особенности РЭС как объекта диагностирования;  
Техническое состояние РЭС и его виды;  
Задачи ТД РЭС;  
Виды контроля ТС РЭС;  
Глубина и полнота диагностирования;  
Функциональная и тестовая диагностика РЭС;  
Диаграмма изменения ТС РЭС и причины изменения ТС;  
Контролепригодность РЭС;  
Показатели контролепригодности РЭС;  
Ранговый критерий обеспечения контролепригодности РЭС;  
Основные недостатки традиционного подхода к обеспечению контролепригодности РЭС;



Методы обеспечения контролепригодности РЭС;  
Диагностическая модель РЭС;  
Тестовые воздействия для диагностирования РЭС;  
Контрольные точки для диагностирования РЭС;  
Ранжирование комплектующих элементов по значимости;  
Выбор значимых элементов схемы РЭС;  
Критерий значимости комплектующих элементов РЭС;  
Методы диагностирования на основе априорного моделирования;  
Методы диагностирования на основе апостериорного моделирования;  
Дефекты и неисправности РЭС;  
Виды неисправностей РЭС;  
Теория возмущений в задачах диагностики;  
Метод параметрической идентификации;  
Задачи черного и серого ящика;  
Метод справочников неисправностей;  
Метод Сэшу-Уоксмэна;  
Особенности диагностирования РЭС в статическом режиме, в частотной и временной областях;  
Роль и значение функции чувствительности в задачах диагностики;  
Диагностическая модель РЭС для параметрических неисправностей;  
Детерминированная и вероятностная диагностические модели РЭС;  
Условия корректности диагностических задач;  
Регуляризация задач диагностики;  
Роль и физический смысл регуляризирующего оператора в диагностической модели;  
Роль и физический смысл стабилизирующего оператора в диагностической модели;  
Роль и физический смысл оператора-ограничителя в диагностической модели;  
Роль и физический смысл коэффициента регуляризации в диагностической модели;  
Методы оптимизации в задачах диагностики.  
Однопараметрическая оптимизация;  
Многопараметрическая оптимизация;  
Диагностирование катастрофических неисправностей РЭС;  
Диагностирование «больших» отклонений параметров элементов РЭС;  
Взаимосвязь надежности РЭС и его контролепригодности;  
Общность и различия методов диагностирования цифровых и аналоговых РЭС;  
Метод декомпозиции в задачах диагностики;  
JTAG- технология диагностирования РЭС;  
Тепловые методы диагностирования РЭС;  
Диагностирование РЭС по механическим характеристикам;  
Нечеткое диагностическое моделирование РЭС;  
Синтез отбраковочных допусков на параметры элементов РЭС;  
Методы расчета допусков на внутренние модельные параметры элементов РЭС;  
Метод наихудшего случая в синтезе допусков на внутренние параметры РЭС;  
Метод моментов в синтезе допусков на внутренние параметры РЭС;  
Метод Монте-Карло в синтезе допусков на внутренние параметры РЭС;  
Роль тестовых структур для диагностирования СБИС;

#### **10. Порядок формирования оценок по дисциплине**

**Итоговая оценка по курсу дисциплины**  $O_{результ}$  формируется как взвешенная сумма накопленной оценки текущего контроля  $O_{тк}$  в течение курса и оценки за экзамен  $O_{экз}$ .

$$O_{результ} = 0,6O_{тк} + 0,4O_{экз}$$



Итоговый экзамен (максимум 10 баллов): устный экзамен.

Оценка текущего контроля (максимум 10 баллов) включает оценки за выполнение и сдачу домашнего задания  $O_{дз1}$ , и оценку за активность на практических занятиях  $O_{ауд}$

$$O_{mk} = 0,5 O_{дз1} + 0,5 O_{ауд}$$

Оценка за текущий контроль является накопленной и сообщается студентам на последнем занятии.

Оценки по всем формам текущего и итогового контроля выставляются по 10-ти балльной шкале и качественной шкале.

Количество набранных баллов	Оценка по десятибалльной шкале	Оценка по качественной шкале
9,5-10	10	отлично
8,5-9,4	9	отлично
7,5-8,4	8	отлично
6,5-7,4	7	хорошо
5,5-6,4	6	хорошо
4,5-5,4	5	удовлетворительно
3,5-4,4	4	удовлетворительно
2,5-3,4	3	неудовлетворительно
1,5-2,4	2	неудовлетворительно
0-1,4	1	неудовлетворительно

## 11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 11.1 Базовый учебник

В настоящий момент базовый учебник отсутствует.

### 11.2. Основная литература

1. Основы технической диагностики/В.А. Карибский, П.П. Пархоменко, Е.С. Согомонян и др.; Под редакцией П.П. Пархоменко: В 2-х книгах. – М. Энергия, 1976 г. – Кн. 1. Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза.- 462 с.
2. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник / Под редакцией В.В. Клюева. – М: Машиностроение, 1995. -448 с.
3. И.А. Биргер Техническая диагностика. - М. Машиностроение, 1978 г., 239 с.

## 12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Проектор для лекций и семинаров в общеинститутских аудиториях.

Автор программы: \_\_\_\_\_/Иванов И.А./