

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»  
Председатель Ученого совета  
факультета радиотехники и электроники  
проф. Небольсин В.А. \_\_\_\_\_  
(подпись)  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.2.1 Конструкционные методы повышения надежности  
интегральных схем**

(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки (специальности) **11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**  
(код, наименование)

Профиль подготовки, магистерская программа:

**Приборы и устройства в микро- и нанoeлектронике**  
(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения **очная** Срок обучения **нормативный**

Кафедра **полупроводниковой электроники и нанoeлектроники**  
(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработал: **Горлов М.И., доктор технических наук**  
(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии **ФРТЭ**  
(наименование факультета)

Протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Председатель методической комиссии **Коровин Е.Н**  
(Ф.И.О)

Воронеж 2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»  
 Председатель Ученого совета  
 факультета радиотехники и электроники  
 проф. Небольсин В.А. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ (подпись)  
 \_\_\_\_\_ 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.ДВ.2.1 Конструкционные методы повышения надежности  
 интегральных схем**

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

**Закреплена за кафедрой:** полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

**Направление подготовки (специальности):** 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника  
 (код, наименование)

**Профиль подготовки, магистерская программа:**

Приборы и устройства в микро- и нанoeлектронике  
 (название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

**Часов по УП: 180; Часов по РПД: 180;**

**Часов по УП (без учета часов на экзамены): 144; Часов по РПД: 144;**

**Часов на самостоятельную работу по УП: 108 (60%);**

**Часов на самостоятельную работу по РПД: 108 (60%)**

**Общая трудоемкость в ЗЕТ: 5;**

**Виды контроля в семестрах (на курсах):** Экзамены - 1; Зачеты - 0; Курсовые проекты - 0;  
 Курсовые работы - 1.

**Форма обучения:** очная;

**Срок обучения:** нормативный.

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах									
	1 / 4		2 / 4		3 / 4		4 / 4		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции	18	18							18	18
Лабораторные	18	18							18	18
Практические										
<b>Ауд. занятия</b>										
<b>Сам. работа</b>	108	108							108	108
<b>Экзамен</b>	36	36							36	36
<b>Итого</b>	180	180							180	180

**Сведения о ФГОС ВО, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» квалификация «магистр». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 30 октября 2014 г. №1407.**

**Программу составил:** \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Горлов М.И.  
(подпись, ученая степень, ФИО)

**Рецензент (ы):** \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки магистров по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности «Приборы и устройства в микро- и наноэлектронике».

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники

Протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ \_\_\_\_\_ С.И. Рембеза

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	<b>Цель изучения дисциплины</b> – изучение основных понятий теории надежности, физических моделей появления отказов, механизмов внезапных и постепенных отказов, влияния электростатических разрядов и ионизирующего излучения на надежность интегральных схем (ИС), механизмов развития отказов ИС при этом и конструктивно-технологических методов повышения надежности ИС.
1.2	<b>Для достижения цели ставятся задачи:</b>
1.2.1	ознакомление студентов с основами теории надежности применительно к полупроводниковым изделиям, с физикой отказов, с требованиями ГОСТов по надежности транзисторов и интегральных микросхем;
1.2.2	освоение студентами последовательности и методов анализа отказавших изделий;
1.2.3	практическое освоение студентами экспресс-анализа отказавших изделий, методом статистической обработки данных, методов расчета надежности интегральных микросхем, методов расчета тепловой деформации внутренних проводников, методов расчета тепловых параметров ИС.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Цикл (раздел) ООП: Б1	код дисциплины в УП: Б1.В.ДВ.2.1
<b>2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося</b>	
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по дисциплинам «Физика конденсированного состояния», «Физические основы электроники», «Схемотехника», «Технология изделий электроники и наноэлектроники» в пределах программы подготовки бакалавра	

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОК-3	готовностью к активному общению с коллегами в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности
ОК-4	способностью адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности
ОПК-2	способностью использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры
ПК-1	готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач

#### В результате освоения дисциплины обучающийся должен

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	основные понятия теории надежности; основные показатели надежности, указываемые в технических условиях на ИС (ОК-3, ОК-4, ОПК-2);
3.1.2	основные сведения об отказах ИС, структурных дефектах компонентов ИС и механизмах отказов ИС (ОК-4, ПК-1);
3.1.3	основные сведения о конструктивно-технологических методах повышения надежности ИС в процессе серийного производства (ОК-4, ПК-1);
3.1.4	основные сведения о коллективных и индивидуальных мерах защиты ИС от воздействия ЭСР, о влиянии радиации на ИС (ОК-4, ПК-1).
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	оценивать годность структуры ИС визуально и на фотографии (ОПК-2, ПК-1);
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	статистическими и графическими методами обработки результатов длительных испытаний ИС (ПК-1);
3.3.2	методами расчета надежности ИС по конструктивно-технологическим данным (ПК-1).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Разделы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и её трудоёмкость в часах			
				Лекции	Лабораторные работы	СРС	Итого
1	Основные понятия в теории качества и надежности.	1	1-3	4	4	20	28
2	Общие представления об отказах ИС.	1	4-7	6	4	22	32
3	Механизмы отказов ИС и их компонентов. Отбраковочные испытания.	1	8-11	2	4	22	28

4	Воздействие электростатических зарядов на полупроводниковые изделия.	1	12-14	2	2	22	24
5	Влияние радиации на ИС.	1	15-18	4	4	22	30
<b>Контроль</b>							36
<b>ИТОГО</b>				<b>18</b>	<b>18</b>	<b>108</b>	<b>180</b>

#### 4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	Виды контроля
<b>2 семестр</b>		<b>18</b>	
<b>1. Основные понятия в теории качества и надежности</b>		<b>4</b>	
1-2	Предмет и содержание курса. Возникновение проблемы надежности. Состояние проблемы надежности в России и за рубежом.	2	Проверка домашнего задания
3-4	Качество. Надежность. Критерии и количественные показатели надежности.	2	Проверка домашнего задания
<b>2. Общие представления об отказах ИС</b>		<b>4</b>	
5-6	Физические модели отказов. Механизмы внезапных и постепенных отказов диодов и биполярных транзисторов ИС.	2	Контрольная работа
7-8	Структурные дефекты компонентов БИС. Дефекты в кремниевой подложке	2	Проверка домашнего задания
9-10	Дефекты пленок поликристаллического кремния. Дефекты структуры диэлектрических слоев.		Проверка домашнего задания
<b>3. Механизмы отказов ИС и их компонентов. Отбраковочные испытания</b>		<b>4</b>	
11-12	Механизмы отказов диодов и биполярных транзисторов. Механизмы отказов МДП ИС. Методы повышения надежности ИС в процессе серийного производства.	2	Проверка домашнего задания
<b>4. Воздействие электростатических зарядов на полупроводниковые изделия</b>		<b>6</b>	
13-14	Воздействие электростатических разрядов (ЭСР) на ИС. Катастрофические и скрытые повреждения ИС под воздействием электростатических разрядов (ЭСР).	2	Контрольная работа
<b>5. Влияние радиации на ИС</b>		<b>2</b>	
15-16	Влияние радиации на ИС. Отжиг радиационных повреждений ИС.		Проверка домашнего задания
17-18	Технологические и конструкционные методы защиты ИС от радиационных повреждений	2	

#### 4.1. Лабораторные работы

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	Виды контроля
<b>1 семестр</b>		<b>20</b>	
<b>1. Основные понятия в теории качества и надежности</b>		<b>4</b>	
1-2	Стоимость качества и надежности полупроводниковых изделий.	2	Отчет
3-4	Зависимости между основными характеристиками надежности.	2	Отчет
<b>2. Общие представления об отказах ИС</b>		<b>4</b>	
5-6	Технические требования к конструкции ИС. Квалификационные испытания.	2	Отчет
7-8	Методы предотвращения дефектов компонентов БИС. Требования к конструкции корпусов.	2	Отчет
<b>3. Механизмы отказов ИС и их компонентов. Отбраковочные испытания</b>		<b>4</b>	
9-10	Технические требования к конструкции ИС. Требования к конструкции корпусов.	2	Отчет
11-12	Отбраковочные испытания. Тренировки. Квалификационные испытания.	2	Отчет
<b>4. Воздействие электростатических зарядов на полупроводниковые изделия</b>		<b>6</b>	
13-14	Технологические и конструктивные методы защиты ИС от воздействия ЭСР	2	Отчет
<b>5. Влияние радиации на ИС</b>		<b>2</b>	Отчет
15-16	Влияние радиации на кремниевые биполярные логические и аналоговые ИС. Воздействие радиации на МДП-схемы.		Отчет
17-18	Влияние конструктивных дефектов на радиационную стойкость биполярных и МДП ИС.	2	

#### 4.2. Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
<b>1 семестр</b>		<b>Зачет</b>	<b>124</b>
1	Зависимость интенсивности отказов от коэффициента нагрузки. Зависимость между основными характеристиками надежности	проверка домашнего задания	6
2	Три этапа обеспечения надежности в процессе конструирования, изготовления и эксплуатации.	проверка домашнего задания	6
3	Вероятность безотказной работы. Интенсивность отказов.. Гамма-процентный срок сохраняемости. Зависимость между основными характеристиками надежности	проверка домашнего задания	6
4	Механизмы образования нитевидных кристаллов.	проверка домашнего задания	6

5	Растворение кремния алюминием.	проверка домашнего задания	6
6	Отказы пассивных элементов ИС. Подготовка к контрольной работе.	контрольная работа	6
7	Электрическое старение тонких пленок диоксида кремния	проверка домашнего задания	6
8	Методика определения и проверки конструктивно-технологических запасов ИС	проверка домашнего задания	6
9	Ограничения и допуски на компоненты ИС.	проверка домашнего задания	6
10	Требования к конструкции корпусов. Классификация корпусов по технологии изготовления и используемым материалам. Конструкция и надежность различных типов корпусов.	проверка домашнего задания	6
11	Отбраковочные испытания. Тренировки	проверка домашнего задания	6
12	Модели электростатических разрядов.	проверка домашнего задания	6
13	Дефекты ИС, вызываемые ЭСР. Отжиг электростатических дефектов. Подготовка к контрольной работе.	контрольная работа	6
14	Методы встроенной защиты ИС от воздействия ЭСР	проверка домашнего задания	6
15	Источники радиации. Влияние радиации на кремниевые биполярные логические и аналоговые ИС	проверка домашнего задания	6
16	Конструкционные методы защиты ИС от воздействия радиации. Отжиг радиационных повреждений ИС.	проверка домашнего задания	6
17	Сравнение чувствительности к ионизирующему излучению биполярных и МДП ИС, изготовленных по различной технологии	проверка домашнего задания	6
18	Подготовка к зачету	Зачет	6

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:

№	Технологии
5.1	<b>Лекции:</b> а) устные ответы по контрольным вопросам; б) проведение контрольных работ; <b>Лабораторные работы:</b> а) отчеты по лабораторным работам.
5.2	<b>самостоятельная работа студентов:</b> – изучение теоретического материала, – подготовка к практическим занятиям, – работа с учебно-методической литературой, – подготовка к текущему контролю успеваемости, экзамену;
5.3	<b>консультации</b> по всем вопросам учебной программы.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

<b>6.1</b>	<b>Контрольные вопросы и задания</b>
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: <ul style="list-style-type: none"> <li>– ответы на контрольные вопросы</li> <li>– контрольные работы</li> </ul>
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения входного, текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд содержит примеры тестов для промежуточной аттестации, вопросы к экзамену, примеры экзаменационных билетов. Фонд оценочных средств представлен в учебно – методическом комплексе дисциплины.
<b>6.2</b>	<b>Темы письменных работ</b>
6.2.1	Контрольная работа по теме «Статистические и графические методы исследования качества и надежности ИС»
6.2.2	Контрольная работа по теме «Расчет надежности ИС»
<b>6.3</b>	<b>Темы курсовых работ</b>
	Обеспечение надежности интегральных схем при наклейке кристаллов в корпусе
	Конструкционно-технологическое исполнение интегральных схем по методу изоляции элементов
	Конструктивное обеспечение надежности металлокерамических корпусов
	Обеспечение надежности интегральных схем при напайке кристаллов в корпусе
	Правила проектирования для обеспечения надежности интегральных схем
	Конструктивное обеспечение надежности корпусов чашечного типа
	Конструкция трехмерной интегральной схемы 3D БИС
	Конструктивное обеспечение надежности 3D корпусов

## 7. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
<b>7.1. Основная литература</b>				
7.1.1	Горлов М.И., Данилин Н.С. Физические основы надежности интегральных схем	Физические основы надежности интегральных схем	2008 печат., электрон.	1 1
7.1.2	Ануфриев Д.М., Горлов М.И., Достанко А.П.	Конструкционные методы повышения надежности интегральных схем	2007 печат., электрон.	1 1
<b>7.2. Дополнительная литература</b>				
7.2.1	Горлов М.И., Емельянов А.В., Плебанович В.И.	Электростатические заряды в электронике	2006 печат., электрон.	0,25 1

7.2.2	Горлов М.И., Емельянов В.А., Ануфриев Д.Л.	Технологические отбраковочные и диагностические испытания полупроводниковых изделий	2006 печат., электрон.	0,25 1
<b>7.3. Программное обеспечение и интернет ресурсы</b>				
7.3.1	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a> Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU			

## Карта обеспеченности рекомендуемой литературой

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год издания. Вид издания.	Обеспеченность
<b>1. Основная литература</b>				
Л1.1	Ануфриев Д.Л., Горлов М.И., Достанко А.П.	Конструкционные методы повышения надежности интегральных схем: Учеб. пособие. Минск: Интегралполиграф	2007 Печат.	1
<b>2. Дополнительная литература</b>				
Л2.1	Горлов М.И., Сергеев, В.А.	Современные диагностические методы контроля качества и надежности полупроводниковых изделий: Учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ.	2015 Печат.	1

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /С.И. Рембеза /

Директор\_НТБ \_\_\_\_\_ /Т.И. Буковшина /

УТВЕРЖДАЮ»  
Председатель Ученого совета факультета  
радиотехники и электроники

\_\_\_\_\_ Небольсин В.А.  
(подпись)

\_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

### Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

#### Конструкционные методы повышения надежности интегральных схем

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

---

---

---

---

Изменения (дополнения) в УМКД обсуждены на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники

Протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 201 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией ФРТЭ

Председатель методической комиссии ФРТЭ

\_\_\_\_\_

«Согласовано»

С.И. Рембеза

### Лист регистрации изменений

Порядков ый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (заменить, аннулировать, добавить)	Номер и дата приказа об изменении	Фамилия и инициалы, подпись лица, внесшего изменение	Дата внесения изменения

**Фонд оценочных средств по дисциплине**  
**«Конструкционные методы повышения надежности интегральных схем»**

Контрольные вопросы для проверки текущих и итоговых знаний

1. Стоимость качества ИС на различных стадиях применения.
2. Качество. Надежность. Три этапа обеспечения надежности в процессе конструирования, изготовления, эксплуатации.
3. Исправное и работоспособное состояние. Долговечность и сохраняемость.
4. Понятие отказа изделия. Признаки деления и виды отказов. Механизмы отказов ИЭТ.
5. Вероятность безотказной работы. Определения, свойства, функции.
6. Вероятность появления отказов, свойства функции.
7. Интенсивность отказов, определение, единицы измерения, зависимость от времени и нагрузки.
8. Классификация уровней надежностей для ИЭТ. Зависимость между основными характеристиками надежности.
9. Гамма-процентный срок сохраняемости.
10. Общие дефекты в твердых телах.
11. «Ростовые» и «технологически вносимые», первичные и вторичные дефекты.
12. Механизмы образования отрицательных нитевидных кристаллов.
13. Механизмы растворения кремния алюминием. Способы уменьшения отрицательных эффектов.
14. Механизмы возникновения нитевидных кристаллов.
15. О чем говорит рост аморфных нитей на пластинах кремния?
16. Понятие дефектности или сплошности оксида. Привести примеры сплошности оксида на различных технологических операциях.
17. Причины короткого замыкания в диодах, транзисторах и ИС.

18. Туннельный пробой. Лавинный пробой, причины.
19. Причины вторичного пробоя транзисторов. Прокол базы. Эффект «бильярдного шара».
20. Причины изменения обратного тока планарного  $p^+ - n$  – диода.
21. Причины изменения обратного тока  $n^+ - p$  – диода.
22. Причины дрейфа обратных токов и коэффициента усиления по току транзисторов.
23. Виды и причины отказов резисторных и емкостных элементов.
24. Надежность металлизации, основные виды отказов металлизации. Пустоты в форме трещин и клина.
25. Электродиффузия. Какие виды дефектов вызывает электродиффузия.
26. Виды дефектов внутренних соединений.
27. Внезапные и постепенные отказы параметров МДП-транзисторов.
28. Пробой подзатворного диэлектрика. Тепловой пробой подзатворного оксида. Пробой перехода сток-подложка.
29. Типовая зависимость интенсивности ИЭТ от времени без отбраковочных и с отбраковочными испытаниями. Задачи отбраковочных испытаний. Состав отбраковочных испытаний (визуальные, климатические, механические, электрические) и их комбинации.
30. Что такое тренировка ИЭТ? Критерий правильности выбранного режима тренировки.
31. Природа возникновения электростатических зарядов при производстве ИЭТ.
32. Модель тела человека для ЭСР.
33. Модель заряженного прибора для ЭСР. Модель воздействующего поля для ЭСР.
34. Катастрофические и скрытые повреждения ИС под воздействием ЭСР. Порог чувствительности и энергия, необходимая для повреждения ППИ.
35. Зависимость количества разрядных импульсов ЭСР, приводящих к катастрофическим отказам ИС от воздействия ЭСР.

36. Конструктивные методы защиты ИС от напряжения ЭСР.
37. Методы встроенной защиты ИС от воздействия ЭСР. Примеры схем защиты МДП и биполярных ИС от воздействия ЭСР.
38. Характеристики источников радиационного излучения.
39. Влияние радиации на биполярные логические и аналоговые ИС.
40. Влияния радиации на МДП схемы.
41. Воздействие электромагнитных импульсов на ИС при ядерных взрывах.
42. Воздействие рентгеновского излучения на ИС.
43. Влияние конструктивных факторов на радиационную стойкость биполярных БИС.
44. Влияние конструктивных факторов на радиационную стойкость МДП – схем.

## Примеры экзаменационных билетов.

### Экзаменационный билет № 1

1. Классификация уровней надежностей для ИЭТ. Зависимость между основными характеристиками надежности.
2. Пробой подзатворного диэлектрика. Тепловой пробой подзатворного оксида. Пробой перехода сток-подложка.
3. Определить время испытаний  $T$ , ч при интенсивности отказов  $\lambda=0,4 \text{ \%}/1000\text{ч}$ , количестве ИС  $N = 100$ , количестве отказов  $n = 1$ , доверительной вероятности  $0,6$ .

### Экзаменационный билет № 2

1. Вероятность безотказной работы. Определения, свойства, функции.
2. Надежность металлизации, основные виды отказов металлизации. Пустоты в форме трещин и клина.
3. При испытании 200 ИС в течение 1000 ч. имеются 2 отказа. Определить интенсивность отказов при доверительной вероятности  $0,9$ .