

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет»  
Физический факультет

# **РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА:**

## **ИТОГОВАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АТТЕСТАЦИЯ ВЫПУСКНИКОВ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ



УДК 378.146:621.396(075.8)  
ББК 74.58:74.202.4:32.841я7

**P15**

Печатается по решению учебно-методической комиссии  
физического факультета ИГУ

**Рецензенты:**

д-р физ.-мат. наук, проф. *Ю. Л. Ломухин (ИрГУПС)*  
д-р физ.-мат. наук, проф. *Н. Т. Афанасьев (ГОУ ВПО «ИГУ»)*  
Отв. ред. канд. физ.-мат. наук, доц. *В. А. Карнаков*

**Составители:**

д-р физ.-мат. наук, проф. *Ю. В. Аграфонов*, канд. физ.-мат. наук,  
доц. *Л. А. Акатова*, д-р физ.-мат. наук, проф. *В. Б. Иванов*, канд. мат. наук,  
доц. *Д. В. Иншаков*, ст. преп. *Ю. Б. Ланин*, канд. тех. наук, доц. *С. Д. Марчук*,  
д-р физ.-мат. наук, доц. *В. И. Сажин*, д-р физ.-мат. наук, проф. *М. В. Тинин*

**P15**

**Радиофизика и электроника: итоговая государственная аттестация выпускников** : учеб.-метод. пособие / сост. Ю. В. Аграфонов [и др.]; отв. ред. В. А. Карнаков. – Иркутск : Изд-во Иркутг. гос. ун-та, 2008. – 72 с.

Составлено коллективом преподавателей кафедр радиофизики и радиоэлектроники физического факультета ИГУ, являющихся выпускающими кафедрами по специальности 013800 «Радиофизика и электроника».

Содержатся нормативные положения, требования и практические указания для подготовки к междисциплинарному государственному экзамену по специальности 013800 «Радиофизика и электроника» и выполнению дипломной работы.

Приводятся материалы по ориентировочной тематике дипломных работ, организации защиты, требования к содержанию и оформлению дипломной работы, примерные образцы отдельных разделов работы и образцы необходимых для защиты документов.

Пособие предназначено для студентов 5-го курса физического факультета при подготовке к Государственной аттестации, а также может быть полезно преподавателям, научным и инженерным работникам, руководителям и рецензентам дипломных работ.

УДК378.146:621.396(075.8)  
ББК 74.58:74.202.4:32.841я7

*Учебное издание*

**РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА: ИТОГОВАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АТТЕСТАЦИЯ ВЫПУСКНИКОВ**  
Составители: Ю. В. Аграфонов, Л. А. Акатова, В. Б. Иванов, Д. В. Иншаков, Ю. Б. Ланин, С. Д. Марчук,  
В. И. Сажин, М. В. Тинин

Подготовила к печати *Э. А. Невзорова*

Подписано к печати 20.11.08. Формат 60x84 1/16. Печать трафаретная. Уч.-изд. л. 2,6. Усл. печ. л. 4,2. Тираж 120 экз. Поз. 82. Заказ 118.

Издательство Иркутского государственного университета

664003, Иркутск, бульвар Гагарина, 36

© ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет», 2008

# СОДЕРЖАНИЕ

---

1. ИТОГОВАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АТТЕСТАЦИЯ .....	4
1.1. Общие положения по аттестации.....	4
1.2. Требования к уровню подготовки выпускника .....	6
2. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 031800 «РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА» .....	8
2.1. Организация государственного экзамена .....	8
2.2. Содержание государственного экзамена.....	9
2.2.1. Основы теории колебаний .....	9
2.2.2. Физическая электроника .....	16
2.2.3. Физика волновых процессов .....	20
2.2.4. Статистическая радиофизика.....	24
2.2.5. Квантовая радиофизика .....	30
2.3. Требования к ответам на задания экзаменационного билета .....	36
2.4. Критерии оценки ответа на задания экзаменационного билета.....	36
3. КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА.....	38
3.1. Общие положения по выпускной квалификационной работе (ВКР).....	38
3.2. Выбор темы выпускной работы .....	39
3.3. Структура выпускной работы .....	40
3.4. Правила оформления дипломной работы.....	42
4. ЗАЩИТА ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ .....	50
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	54
Приложение 1. <i>Примерный перечень тем дипломных работ</i> .....	54
Приложение 2. <i>Образец титульного листа дипломной работы</i> .....	58
Приложение 3. <i>Форма задания на дипломную работу</i> .....	59
Приложение 4. <i>Примерный образец задания на дипломную работу</i> .....	60
Приложение 5. <i>Примерный образец реферата</i> .....	61
Приложение 6. <i>Примерный образец содержания дипломной работы</i> .....	62
Приложение 7. <i>Примерный образец введения</i> .....	64
Приложение 9. <i>Примерный образец списка использованных источников</i> .....	66
Приложение 10. <i>Примерный образец отзыва</i> .....	67
Приложение 11. <i>Примерный образец рецензии</i> .....	69
Приложение 12. <i>Примерный образец акта внедрения</i> .....	71
Приложение 13. <i>Примерный образец рекомендации к внедрению</i> .....	72

# **1. ИТОГОВАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АТТЕСТАЦИЯ**

---

Государственным образовательным стандартом по специальности 013800 «Радиофизика и электроника», квалификация радиофизик, утвержденным Минобразованием России 17 марта 2000 г. (регистрационный № 170ен/сп) предусмотрена итоговая государственная аттестация (ИГА) выпускников в виде:

- а) государственного экзамена по специальности;
- б) защиты выпускной квалификационной работы.

## **1.1. Общие положения по аттестации**

Целью ИГА является установление соответствия уровня и качества подготовки выпускника требованиям Государственного образовательного стандарта (ГОС) высшего профессионального образования, а также требованиям регионального компонента и компонента образовательного учреждения по данной специальности и установление соответствие уровня подготовки выпускника высшего учебного заведения к выполнению профессиональных задач.

ИГА осуществляется государственными аттестационными комиссиями (ГАК), организуемыми в университете по каждой основной образовательной программе. ГАК возглавляет председатель, утверждаемый Федеральным агентством по образованию. ГАК действует в течение одного календарного года с 1-го января по 31 декабря текущего года. К итоговой государственной аттестации допускаются лица, успешно завершившие в полном объеме освоение основной образовательной программы по соответствующей специальности высшего профессионального образования (ВПО). По завершении ИГА выпускнику высшего учебного заведения выдается диплом государственного образца, в котором указывается уровень образования и квалификация.

ИГА, в соответствии с ГОС ВПО, состоит из следующих испытаний:

- итоговый междисциплинарный государственный экзамен по специальности (далее государственный экзамен);
- защита выпускной квалификационной работы в форме дипломной работы (ДР);

Итоговый государственный экзамен по специальности проводится в устной либо письменной форме в соответствии с программой, составленной на основе программ учебных дисциплин предметной подготовки по данной специальности. Перечень конкретных дисциплин и вопросов, входящих в программу государственного экзамена по специальности, а также форма и условия его проведения, устанавливаются ученым советом факультета.

К защите дипломной работы допускаются студенты 5-го курса, успешно завершившие в полном объеме освоение основной образовательной программы по соответствующей специальности ВПО, успешно прошедшие итоговый государственный экзамен по специальности и защитившие производственную практику.

Тема дипломной работы студента определяется выпускающей кафедрой и утверждается приказом по университету. Для подготовки ДР студенту назначается руководитель и, при необходимости, научный консультант.

При положительном результате ИГА (успешная защита ДР и сдача итогового государственного экзамена по специальности) ГАК принимает решение о присвоении выпускнику квалификации по соответствующей специальности с выдачей диплома о высшем образовании.

Диплом с отличием выдается выпускнику, если им сданы итоговые государственные аттестационные испытания на «отлично», и он имеет не менее 75 % отличных оценок за весь курс обучения и ни одной оценки «удовлетворительно».

Студент, не прошедший в течение установленного срока итоговую государственную аттестацию (аттестационные испытания), отчисляется из университета и получает, по его личному заявлению, академическую справку или диплом о неполном высшем образовании.

**Допуск лиц к повторному прохождению итоговой государственной аттестации, или к отдельным аттестационным испытаниям, возможен в течение 5 лет после прохождения итоговой государственной аттестации впервые. Повторные итоговые аттестационные испытания могут назначаться вузом не более двух раз в течение 5 лет.**

**Допуск лица к итоговым аттестационным испытаниям (к экзамену или к защите дипломной работы) осуществляется приказом ректора университета по личному заявлению.**

Лица, не проходившие итоговые аттестационные испытания по уважительной причине, подтвержденной документально, допускаются к прохождению государственной аттестации в установленном порядке. В случае изменения перечня итоговых аттестационных испытаний, входящих в состав итоговой государственной аттестации, выпускники проходят итоговые аттестационные испытания в соответствии с перечнем, действовавшим в год окончания ими курса обучения.

## 1.2. Требования к уровню подготовки выпускника

Требования к профессиональной подготовленности специалиста определены в Государственном образовательном стандарте ВПО. По специальности 013800 «Радиофизика и электроника» устанавливаются следующие основные критерии уровня подготовки выпускника:

**Специалист должен** знать государственный язык Российской Федерации – русский язык; свободно владеть языком, на котором ведется преподавание.

**Специалист должен** обладать профессиональными знаниями и умениями, которые необходимы ему при решении задач, соответствующих его квалификационной характеристике, а именно знать:

- основные научно-технические проблемы и перспективы развития радиофизики и электроники, их взаимосвязь со смежными областями;
- функциональные схемы устройства основных систем передачи информации и компьютерной электроники; влияние радиофизических факторов на эффективность работы таких систем ;
  - схемотехнику и элементную базу электронной техники, основные виды используемых материалов, компонентов и приборов;
  - основы методов хранения, обработки, передачи и защиты информации, типовые информационные технологии и программные продукты;
  - принципы проектирования и эксплуатации локальных и глобальных сетей ЭВМ, генерации, обработки, передачи и приема сигналов по современным каналам связи;

- математический аппарат и численные методы, физические и математические модели процессов и явлений, лежащих в основе описания каналов передачи данных и устройств телекоммуникационных систем и электроники;

- базовые языки и основы программирования, методы компьютерного моделирования радиофизических процессов и работы электронных систем;

- методику проведения научно исследовательской деятельности, обработки экспериментальных данных, интерпретации и анализа полученных результатов;

***Специалист должен*** уметь применять:

- теоретические знания, полученные по специальности, к анализу эффективности работы радиофизических и электронных систем, повышению их качества и надежности;

- методы организации и проведения измерений и исследований для тестирования работы систем;

- методы и компьютерные системы проектирования, интегрированные пакеты прикладных программ для разработки новых радиофизических и электронных систем;

- методы автоматизации производственных процессов и физического эксперимента на основе компьютерных технологий;

- навыки выполнения научных исследований в постановке и разработке новых задач в области радиофизики и электроники;

- правила и методы сборки, настройки и регулирования электронной аппаратуры, контроля ее качества.

## **2. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 031800 «РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»**

---

Итоговый междисциплинарный государственный экзамен по специальности (далее государственный экзамен) является видом итоговой государственной аттестации выпускников, которым завершается обучение по основной профессиональной образовательной программе высшего профессионального образования и проводится в соответствии с Положением об итоговой государственной аттестации выпускников образовательных учреждений высшего профессионального образования в Российской Федерации, утвержденным приказом Министра образования РФ № 1155 от 25.03.2003 г.

Основная цель государственного экзамена по заключается в установлении соответствия уровня и качества подготовки выпускника требованиям Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования, а также требованиям регионального компонента и компонента образовательного учреждения по данной специальности.

### **2.1. Организация государственного экзамена**

- Состав государственной экзаменационной комиссии и форма сдачи экзамена утверждаются приказом по университету по предложению деканата и выпускающих кафедр. Для данной специальности, как правило, утверждается письменная форма экзамена.

- До сведения студентов доводится программа экзамена, учебно-программная документация, наглядные пособия, справочная литература.

- Распоряжением по факультету объявляется расписание сдачи экзамена и проведение консультаций.

- Консультации проводят ведущие преподаватели факультета и выпускающих кафедр.



- Экзамен проводится в группах по 20–25 человек в соответствии с расписанием. Распределение студентов по группам осуществляют выпускающие кафедры. Для сдачи все студенты сформированной группы должны явиться к началу экзамена в аудиторию, указанную в расписании.

- На подготовку ответов на задания экзаменационного билета студенту отводится 3 часа.

- Порядок ответов на задания экзаменационного билета определяется самим студентом.

- Экзаменационная комиссия, после завершения экзамена, в течение двух дней проверяет работы, принимает решение по оценкам и оглашает результаты государственного экзамена.

- Апелляции по работам принимаются в день оглашения результатов, в определенное комиссией время.

## **2.2. Содержание государственного экзамена**

Содержание государственного экзамена определяется перечнем базовых учебных дисциплин (программ учебных дисциплин), изучаемых в вузе по специальности 013800 «Радиофизика и электроника». В экзаменационный билет, состоящий из пяти заданий, включается по одному заданию на каждую из дисциплин этого перечня. Ниже приведены программы дисциплин государственного экзамена, примеры типовых заданий с решениями и тесты, используемые для самоконтроля при подготовке к экзамену.

### **2.2.1. Основы теории колебаний**

#### **Программа курса**

##### **1. Введение.**

Предмет теории колебаний. Создание основ теории колебаний, ее развитие, применение к различным процессам в природе, физике и технике, разработка математических методов, экспериментальные исследования. Классификация колебательных систем и колебательных процессов. Системы с сосредоточенными и распределенными параметрами.

##### **2. Собственные колебания в системах с одной степенью свободы.**

Общие свойства колебательных систем с одной степенью свободы. Консервативные системы. Условие консервативности. Роль начальных условий. Колебания в системе со слабой нелинейностью. Неизохронность колебаний нелинейных систем. Колебания системы с «отталкивающей» силой. Диссипативные системы. Примеры потерь энергии в колебательной системе. Характеристики затухающего колебательного процесса. «Отрицательные» потери в системе. Физический смысл. Способы осуществления. Особенности колебательного движения в системе с отрицательными потерями. Собственные колебания в нелинейной системе. Примеры нелинейности. Характер колебательного процесса в нелинейной системе.

3. Колебания в системах с одной степенью свободы при внешнем силовом воздействии – вынужденные колебания.

Принцип суперпозиции. Колебания под действием гармонической силы. Общее решение. Резонанс. Вид колебаний при резонансе. Резонансные кривые. Явления резонанса в разных областях физики и техники. Биения. Поведение нелинейных систем при слабом воздействии (консервативных и диссипативных). Резонансные кривые (амплитудно-частотные характеристики) для мягких и жестких систем. Приближенные расчеты вынужденных колебаний в слабо нелинейных системах.

4. Колебания в системах с одной степенью свободы при внешнем параметрическом воздействии – параметрические колебания.

Системы с периодически меняющимися параметрами. Некоторые сведения математической теории параметрических колебаний. Способы изменения параметров системы во времени. Параметрическое возбуждение (резонанс). Обоснование определенных фазовых соотношений между частотой колебательного контура и частотой изменения параметра при резонансе. Параметрические генераторы и усилители.

5. Элементы теории автоколебаний.

Общие свойства автоколебательных систем. Строение автоколебательной системы и принцип работы. Специфика энергетики автоколебательных систем. Предельные циклы. Влияние нелинейности системы на форму колебаний в системе. Ламповый генератор как автоколебательная система. Типы автоколебательных

систем: релаксационные колебательные системы, системы резонансного типа, томпсоновского типа. Воздействие внешней гармонической силы на автоколебательную систему.

6. Линейные колебательные системы с двумя степенями свободы.

Разбиение сложной колебательной системы на парциальные. Частоты нормальных колебаний и коэффициенты распределения амплитуд. График Вина. Связь и связанность как характеристики энергообмена между парциальными системами при свободных колебаниях. Вынужденные колебания в системах с двумя степенями свободы (консервативных и слабо диссипативных).

7. Приближенные методы расчета и анализа колебательных процессов

Метод фазовой плоскости. Обоснование метода. Его возможности. Классификация особых точек и фазовых траекторий. Предельный цикл. Бифуркации. Условие сшивания этапов. Метод медленно меняющихся амплитуд. Обоснование метода для слабо нелинейных и слабо диссипативных систем. Основные уравнения для определения ММА. Применение методов ММА к рассмотрению свободных, вынужденных, параметрических и автоколебаний. Метод гармонического баланса.

8. Стохастические колебания. Странный аттрактор.

## Литература

### Основная

1. Ильин М. М. Теория колебаний / М. М. Ильин, К. С. Колесников, Ю. С. Саратов. – М. : Изд-во МВТУ им. Н. Э. Баумана, 2003.

2. Карлов Н. В. Колебания, волны, структуры / Н. В. Карлов, Н. А. Кириченко. – М. : Физматгиз, 2003.

3. Грубецков Д. И. Линейные колебания и волны / Д. И. Грубецков, А. Г. Рожнов. – М. : Физматгиз, 2001.

4. Горяченко В. Д. Элементы теории колебаний / В. Д. Горяченко. – Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, 1995.

5. Пановко Я. Г. Введение в теорию механических колебаний / Я. Г. Пановко. – М. : Наука, 1991.

6. Мигулин В. В. Основы теории колебаний / В. В. Мигулин, В. И. Медведев, Е. Р. Мустель, В. Н. Парыгин. – М. : Наука, 1988.

### Дополнительная

1. Анищенко В. С. Стохастические колебания в радиофизических системах : в 2 ч. / В. С. Анищенко. – Саратов : Изд-во СГУ, 1985–1986.

2. Пиппард А. Физика колебаний / А. Пиппард. – М. : Высш. шк., 1985.

3. Капранов М. В. Теория колебаний в радиотехнике / М. В. Капранов, В. Н. Кулещев, Г. М. Уткин. – М. : Наука, 1984.

4. Филиппов А. Т. Многоликий солитон. – М. : Наука, 1990.

5. Бутенин Н. В. Введение в теорию нелинейных колебаний / Н. В. Бутенин, Ю. В. Неймарк. – М. : Наука, 1987.

6. Неймарк Ю. И. Стохастические и хаотические колебания / Ю. И. Неймарк, П. С. Ланда. – М. : Наука, 1986.

### Пример решения типовой задачи

**Задача.** Получить уравнение фазовых траекторий и построить фазовый портрет собственных колебаний нелинейной консервативной системы: колебательного контура с сегнетоэлектрическим конденсатором (варикондом), емкость которого может быть аппроксимирована зависимостью  $C(q) = \frac{C_0}{(1 + \gamma q^2)}$ , где  $q$  – заряд конденсатора,  $C_0, \gamma$  – константы для конкретного сегнетоэлектрика, сделать вывод о характере колебаний.

**Решение:** Уравнение баланса напряжений данного контура:

$$U_L = U_C = 0 \quad L \frac{dJ}{dt} + \frac{1}{c} \int J dt = 0,$$

где  $J$  – ток в контуре.

Колебательное уравнение для заряда:

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{1}{Lc(q)} q = 0.$$

Уравнение фазовых траекторий

$$\dot{q} = y,$$

$$q = x$$

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{(1 + \gamma x^2) * x}{LC_0 y}.$$

После интегрирования этого уравнения получаем:

$$\frac{y^2}{2} + \frac{1}{LC_0} \left( \frac{x^2}{2} + \gamma \frac{x^4}{4} \right) = h_i.$$

Преобразуем уравнение кривых

$$\frac{y^2}{2h_i} + \frac{1}{2LC_0h_i} + \gamma \frac{x^4}{4LC_0h_i} = 1.$$

Фазовый портрет изобразить на фазовой плоскости

$$x = q; \quad \dot{x} = y = \dot{q}.$$

Фазовые траектории – замкнутые линии. Это говорит о том, что движение – периодическое.

Фазовые траектории при малых  $\gamma$  имеют форму эллипса; следовательно,  $q(t)$  изменяется по гармоническому закону.

При других  $\gamma$  фазовая траектория замкнута, но имеет форму овала. Колебания  $q(t)$  – не синусоидальной формы.

Особая точка характеризует устойчивое состояние равновесия, а значения полуосей эллипса и овала – значению амплитуд  $q$  и  $\dot{q}$ .

### Вопросы для тестирования

- Амплитуда собственных (свободных) колебаний определяется:*
  - параметрами системы,
  - начальным запасом энергии системы,
  - параметрами внешней силы.
- Неизохронные колебания это:*
  - колебания, амплитуда которых изменяется во времени,
  - колебания, частота которых изменяется в зависимости от амплитуды (начальных условий),
  - колебания, период которых постоянен.
- На возникновение собственных аperiodических колебаний в ЛДС влияет:*
  - задание начальных условий,
  - определенное соотношение параметров системы,
  - изменение амплитуды внешней силы.
- Разный характер (вид) аperiodического (асимптотического) свободного колебания зависит от:*

- а) соотношения параметров,
- б) задания начальных условий,
- в) характера внешнего воздействия.

5. *Фазовый портрет свободных колебаний в ЛКС с «отталкивающей» силой это:*

- а) эллипс,
- б) развертывающаяся спираль,
- в) равносторонние гиперболы.

6. *Фазовый портрет собственных колебаний консервативного математического маятника с произвольным углом отклонения содержит особые точки типа:*

- а) устойчивый узел,
- б) неустойчивый фокус,
- в) седло,
- г) центр.

7. *В ЛДС под действием гармонической силы резонанс наступает:*

а) при совпадении собственной частоты  $\omega_0$  и частоты изменения параметра  $p$  ( $\omega_0 = p$ ),

б) при соотношении между  $\omega_0$  и  $p$ :  $p = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}$ ,

в) при соотношении  $\omega_0 \approx p$ .

8. *Амплитуда установившихся вынужденных колебаний в ЛДС определяется:*

- а) начальными условиями,
- б) характеристиками внешней силы,
- в) параметрами системы.

9. *Нелинейная диссипация собственных колебаний приводит к:*

а) зависимости частоты колебаний от амплитуды,  
б) постоянству логарифмического декремента затухания,  
в) зависимости логарифмического декремента затухания от начальных условий.

10. *При резонансе в ЛКС амплитуда колебаний:*

- а) нарастает неограниченно по линейному закону,
- б) имеет максимум,
- в) не изменяется.

11. В автоколебательной системе, описываемой уравнением  $x'' + \omega_0^2 x = F_0 \cos pt$

- а) в общем случае результирующее колебание является:
- б) гармоническим
- в) периодическим, но несинусоидальным
- г) апериодическим

12. Для возникновения параметрического резонанса необходимо, чтобы:

- а) частота изменения параметра  $p$  совпадала с частотой возникающих колебаний  $\omega$ ,
- б) выполнялось соотношение  $p = 2\omega/n$  ( $n=1,2,\dots$ ),
- в) выполнялось соотношение  $p \approx n\omega$ .

13. Автоколебания могут быть:

- а) гармоническими,
- б) апериодическими,
- в) затухающими,
- г) несинусоидальными.

14. Амплитуда автоколебаний определяется:

- а) начальными условиями,
- б) параметрами системы,
- в) видом возвращающей силы.

15. Аттрактор это:

- а) устойчивый предельный цикл,
- б) неустойчивый предельный цикл,
- в) полустойчивый предельный цикл.

16. Функция диссипации автоколебательной системы:

- а) положительная,
- б) знакопеременная,
- в) отрицательная.

17. Бифуркация – это качественное изменение поведения динамической системы:

- а) при определенных значениях параметров,
- б) при определенных начальных условиях,
- в) случайным образом.

## 2.2.2. Физическая электроника

### Программа курса

1. Основы физики полупроводников.

Уравнение Шредингера для кристалла. Одноэлектронное приближение. Движение электрона в периодическом поле. Теорема Блоха. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Периодические граничные условия. Энергетические зоны. Эффективная масса. Закон дисперсии. Разница между металлами и полупроводниками. Примесные полупроводники.

2. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.

Плотность состояний с заданной энергией. Функция Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок в зонах. Невырожденные полупроводники. Вырожденные полупроводники. Уровень Ферми в собственном полупроводнике. Концентрация носителей и уровень Ферми в примесном полупроводнике.

3. Неравновесные электроны и дырки.

Среднее время жизни носителей. Уравнения кинетики. Решение уравнений кинетики для одномерного полупроводника. Подвижность носителей и коэффициенты диффузии. Квазиуровень Ферми. Свойства квазиуровней Ферми.

4. Электронно-дырочные переходы.

Двойной электрический слой. Принцип работы солнечных электрических батарей. Инжекция неосновных носителей через  $p/n$ -переход. Изменение квазиуровней Ферми в переходной области. Концентрация носителей на границе  $p/n$ -перехода. Ширина переходной области. Контактная разность потенциалов. Емкость  $p/n$ -перехода. Статическая вольт-амперная характеристика  $p/n$ -перехода.

5.  $p/n$ -переход при переменном напряжении.

Плотность тока, протекающего через переход. Диффузионная емкость и диффузионная проводимость. Эквивалентная схема перехода на низких и высоких частотах. Переходные процессы в диодах. Пробой  $p/n$ -перехода.

### Литература

1. *Росадо Л.* Физическая электроника и микроэлектроника / Л. Росадо. – М. : Высш. шк., 1991.



2. Шалимова К. В. Физика полупроводников / К. В. Шалимова. – М. : Энергоатомиздат, 1995.

3. Жеребцов И. П. Основы электроники / И. П. Жеребцов. – Л.: Энергоатомиздат, 1989г.

4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель. – М. : Наука, 1988.

5. Давыдов А. С. Теория твердого тела / А. С. Давыдов. – М. : Наука, 1989.

6. Моллер Р. Элементы интегральных схем / Р. Моллер, Т. Кейтис. – М. : Мир, 1998.

### Пример решения типовой задачи

#### Задача

1. Докажите, что в полупроводнике n-типа

$$n_n = \frac{1}{2} N_d \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{4n_i^2}{N_d^2}} \right], \quad (1)$$

$$p_n = \frac{1}{2} N_d \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{4n_i^2}{N_d^2}} \right], \quad (2)$$

где  $N_d$  – концентрация внедренной примеси;

$n_i$  – концентрация носителей в собственном полупроводнике;

$n_n$  и  $p_n$  – концентрации основных и неосновных носителей, соответственно.

2. Найти концентрацию носителей  $n_n$  и  $p_n$  в практически важном случае  $n_i / N_d \ll 1$

#### Решение:

1. Для примесного полупроводника так же как и для собственного, выполняется закон действующих масс

$$np = n_i^2 = p_i^2 = const \quad (3)$$

и условие электронейтральности

$$p + N_d = n + N_a, \quad (4)$$

где  $n, p$  – концентрация электронов и дырок,

$N_d, N_a$  – концентрация доноров и акцепторов

Для полупроводника n-типа выражения (3), (4) примут вид:

$$n_n p_n = n_i^2$$
$$p_n + N_d = n_n$$

Решение данной системы уравнений дается формулами (1), (2).

2. Разлагая в (1), (2) радикал в ряд с точностью до первого члена, получим

$$n_n \approx N_d ; p_n \approx \frac{n_i^2}{N_d} \equiv N_d \left( \frac{n_i}{N_d} \right)^2 ,$$

то есть  $n_n \gg p_n$ .

### Вопросы для тестирования

#### 1. Одноэлектронное приближение

Какое из ниже перечисленных приближений не выполняется для аморфных веществ?

- а) адиабатическое приближение,
- б) модель идеального кристалла,
- в) приближение самосогласованного поля.

#### 2. Чем отличаются понятия **импульс** и **квазиимпульс**?

- а) направлением движения,
- б) абсолютной величиной,
- в) неоднозначностью определения.

3. Где находится уровень Ферми для невырожденного полупроводника?

- а) в запрещенной зоне,
- б) в зоне проводимости,
- в) в валентной зоне.

4. Чем определяется различие между полупроводниками и металлами с точки зрения зонной теории?

- а) шириной запрещенной зоны,
- б) отсутствием запрещенной зоны,
- в) перекрытием валентной зоны и зоны проводимости.

5. Какие примеси определяют вид носителей заряда в полупроводнике *n*-типа?

- а) доноры,
- б) акцепторы,
- в) доноры и акцепторы.

6. Какими процессами определяется среднее время жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках?

- а) столкновением носителей,
- б) рекомбинацией электронно-дырочной пары,
- в) различие несущественное.

7. Укажите различие между понятиями уровней Ферми и квазиуровней Ферми:

- а) различия нет,
- б) различие принципиальное,
- в) различие несущественное.

8. Пусть к *p/n*-переходу приложено постоянное смещение. При каком смещении возрастает ширина переходной области?

- а) при прямом смещении,
- б) при обратном смещении.

9. Пусть к *p/n*-переходу приложено постоянное смещение. При каком смещении уменьшается величина барьерной емкости?

- а) при прямом смещении,
- б) при обратном смещении.

10. Какой составляющей электрического тока обусловлена барьерная емкость *p/n*-перехода?

- а) постоянной составляющей,
- б) переменной составляющей.

11. Что изменится в эквивалентной схеме диода на высоких частотах по сравнению с низкими частотами?

- а) добавится дополнительная емкость,
- б) добавится дополнительное сопротивление,
- в) добавятся дополнительные емкость и сопротивление.

### 2.2.3. Физика волновых процессов

#### Программа курса

##### 1. Волновое уравнение.

Колебания струны. Упругие колебания в газе. Колебания в плазме. Упругие колебания в твердом теле. Проводящая линия. Электромагнитные волны в вакууме.

##### 2. Решения волнового уравнения.

Формальные решения. Дисперсионное уравнение. Стоячие и бегущие волны. Плоские, сферические и цилиндрические волны.

##### 3. Дисперсия и групповая скорость.

Диспергирующие и не диспергирующие среды. Биения волн. Спектральный анализ сигналов. Фурье-анализ волновых пакетов.

##### 4. Электромагнитные волны.

Волновое уравнение для электромагнитных волн в среде. Энергия электромагнитных волн. Поляризация.

##### 5. Отражение и преломление волн.

Импеданс и согласованная нагрузка. Отражение на границе двух сред. Компенсация отражения. Закон Снеллиуса, формулы Френеля.

##### 6. Распространение волн в неоднородной среде.

Электромагнитные поля в среде с дисперсией. Приближение геометрической оптики. Линейный слой, поле в области отражения. Точное решение – слой Эпштейна.

##### 7. Волноводы и резонаторы.

Волновод – простейший случай. Вектор Герца. Уравнение Гельмгольца в цилиндрической системе координат. Электромагнитное поле в прямоугольном и цилиндрическом волноводе. Объемные резонаторы. Коаксиальный кабель.

##### 8. Волны в периодических структурах.

Брэгговское рассеяние. Цепочка из LC-ячеек.

##### 9. Волны в анизотропной среде.

Тензор диэлектрической проницаемости. Замагниченная плазма, как анизотропная среда. Распространение электромагнитных волн в магнитоактивной плазме.

##### 10. Нелинейные волны.

Простые волны Римана. Спектр простых волн. Уравнение Бюргерса. Солитоны, уравнение Кортевега – де Вриза.

##### 11. Интерференция.

Интерференция двух волн. Когерентность. Многолучевая интерференция.

12. Дифракция.

Принцип Гюйгенса – Френеля. Зоны Френеля. Дифракция на границе тени.

## Литература

### Основная

1. *Виноградова М. Б.* Теория волн / М. Б. Виноградова, О. В. Руденко, А. П. Сухоруков. – М. : Наука, 1979.
2. *Крауфорд Ф.* Волны. Берклиевский курс физики. Т. III / Ф. Крауфорд. – М. : Наука, 1976.
3. *Савельев И. В.* Курс общей физики. Кн. 4: Волны, оптика / И. В. Савельев. – М. : Наука ; Физматгиз, 1998.
4. *Иванов В. Б.* Теория волн : курс лекций / В. Б. Иванов. – Иркутск : Иркут. гос. ун-т, 2006.

### Дополнительная

1. *Иродов И. Е.* Волновые процессы. Основные законы / И. Е. Иродов ; Физматгиз. – М. ; СПб., 1999.
2. *Калитеевский Н. И.* Волновая оптика / Н. И. Калитеевский. – М. : Высш. шк., 1995.

## Пример решения типовой задачи

**Задача.** Струна длиной 50 см, закрепленная на концах, натянута с силой 100 Н. Масса струны 5 г. Какова частота основной моды стоячей волны в такой струне?

### Решение:

Частота  $f$  выражается через циклическую частоту  $\omega$  по формуле

$$f = \omega / 2\pi.$$

Циклическая частота определяется через фазовую скорость  $v_\phi$

$$\omega = v_\phi k.$$

Фазовая скорость определяется силой натяжения струны  $T$  и линейной плотностью  $\rho$

$$v_\phi = \sqrt{T/\rho}.$$

Линейная плотность по определению равна отношению массы струны  $m$  к ее длине  $l$

$$\rho = m/l.$$

Волновое число  $k$  связано с длиной волны  $\lambda$

$$k = 2\pi/\lambda.$$

Для основной моды на длине струны укладывается половина длины волны

$$\lambda = 2l.$$

Из приведенных формул получаем расчетное соотношение

$$f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{T}{lm}}.$$

Числовое значение составляет 100 Гц.

### Вопросы для тестирования

1. *Волна описывается математически:*
  - а) функцией координат,
  - б) функцией многих переменных,
  - в) функцией времени.
2. *Звуковая волна является:*
  - а) продольной волной,
  - б) волной механических напряжений,
  - в) колебанием постоянной частоты.
3. *Стоячие волны это:*
  - а) распределения возмущений, постоянные во времени и пространстве,
  - б) волны с неизменной начальной фазой,
  - в) волны с фиксированным положением максимумов и минимумов,
4. *Фазовая скорость может быть:*
  - а) только положительной величиной,
  - б) произвольной величиной,
  - в) величиной, меньшей скорости света.
5. *Волновой пакет это:*
  - а) сумма двух волн с близкими частотами,
  - б) суперпозиция падающей и отраженной волны,
  - в) ограниченное в пространстве и времени волновое поле.
6. *Дисперсия волн связана с:*

- а) зависимостью фазовой скорости от амплитуды волны,
- б) затуханием волн в пространстве,
- в) зависимостью скорости от волнового вектора.

7. *Свет в вакууме это:*

- а) поперечная электромагнитная волна,
- б) нелинейная волна Римана,
- в) колебания электрического тока.

8. *Показатель преломления определяется:*

- а) величиной групповой скорости,
- б) величиной фазовой скорости,
- в) углами падения и отражения.

9. *Обыкновенные и необыкновенные волны отличаются:*

- а) поляризацией,
- б) направлениями распространения,
- в) величинами фазовых скоростей.

10. *В сферической волне интенсивность:*

- а) экспоненциально убывает с расстоянием от источника,
- б) убывает обратно пропорционально расстоянию,
- в) убывает обратно пропорционально квадрату расстояния.

11. *Импеданс зависит от:*

- а) амплитуды волны,
- б) интенсивности волны,
- в) свойств среды распространения.

12. *Приближение геометрической оптики работает в:*

- а) слабо диспергирующей среде,
- б) слабо неоднородной среде,
- в) слабо поглощающей среде.

13. *Волновод является:*

- а) линией задержки,
- б) резонансной системой,
- в) средой без дисперсии.

14. *ТЕМ – волны:*

- а) распространяются при наличии двух проводящих поверхностей,

- б) волны в идеальном прямоугольном волноводе,
- в) распространяются без затухания.

15. *Околоземная космическая плазма является:*

- а) средой без дисперсии для радиоволн,
- б) анизотропной средой,
- в) средой, не пропускающей радиоволны.

16. *Брэгговское рассеяние происходит на:*

- а) случайных возмущениях показателя преломления среды,
- б) возмущениях среды, периодических во времени,
- в) возмущениях среды, периодических в пространстве.

17. *Нелинейные волны Римана распространяются с:*

- а) искажением профиля волны,
- б) нарастанием амплитуды волны,
- в) убыванием интенсивности волны.

18. *Солитон образуется при:*

- а) совместном действии диссипации и дисперсии,
- б) учете нелинейности и затухания,
- в) учете нелинейности и дисперсии.

19. *Временная некогерентность обусловлена:*

- а) конечностью размера источника волн,
- б) немонахроматичностью волнового поля,
- в) неоднородностью среды распространения.

20. *Дифракция волн наблюдается если:*

- а) препятствие сравнимо по размеру с первой зоной Френеля,
- б) препятствие много больше длины волны,
- в) препятствие много больше расстояния до источника волн.

## **2.2.4. Статистическая радиофизика**

### **Программа курса**

#### **1. Введение.**

Предмет изучения статистической радиофизики. Физика возникновения флуктуаций. Единство случайных и детерминированных процессов. Примеры случайных явлений в различных областях радиофизики. Историческая справка.



## 2. Модели случайных процессов.

### 2.1. Определение и вероятностное описание случайного процесса.

Понятие статистического ансамбля. Вероятностное описание случайного процесса с помощью многомерных плотностей вероятностей. Основные свойства многомерных плотностей вероятностей. Условные плотности вероятностей, их свойства и связь с многомерными безусловными плотностями вероятностей. Корреляционная функция случайного процесса. Коэффициент корреляции.

### 2.2. Стационарные и эргодические случайные процессы.

Понятие стационарности в узком и широком смысле. Усреднение по статистическому ансамблю и по времени. Эргодичность случайных процессов. Необходимые и достаточные условия эргодичности по отношению к среднему значению, корреляционной функции, одномерной плотности вероятности. Экспериментальное измерение основных статистических характеристик эргодических случайных процессов.

### 2.3. Гауссовские случайные процессы.

Многомерная характеристическая функция и плотность вероятностей гауссовского процесса. Информация, необходимая для полного описания гауссовского случайного процесса. Ковариационная матрица отсчетов случайного процесса. Основные свойства гауссовских случайных процессов. Обоснование использования гауссовской модели случайных процессов и центральная предельная теорема.

### 2.4. Марковские процессы и их описание.

Уравнение Смолуховского для условной плотности вероятности марковского процесса. Уравнение Фоккера – Планка. Пуассоновский процесс. Пуассоновский импульсный случайный процесс.

### 2.5. Узкополосные случайные процессы.

Спектр мощности. Связь между спектром мощности и корреляционной функцией. Теорема Винера – Хинчина. Примеры спектров мощности и соответствующих корреляционных функций. Стационарный узкополосный шум. Функции корреляции и спектры АМ, ФМ и ЧМ модулированных случайных процессов. Огибающая, фаза, квадратурные компоненты. Узкополосный гауссовый шум. Распределение Релея. Детерминированный сигнал и гауссовый шум. Распределение Райса.

3. Воздействие шума на радиотехнические цепи.

3.1. Отклик линейной системы на шумовое воздействие.

Спектральное и временное описания линейных систем. Коэффициент передачи и функция Грина. Преобразования спектров и корреляционных функций линейными системами. Нормализация и денормализация шумов.

3.2. Отклик нелинейной системы на шумовое воздействие.

Преобразования вероятностей, спектров и корреляционных функций в нелинейных системах. Амплитудное квадратичное и линейное детектирование шумов.

4. Шумы и флуктуации в радиотехнических системах.

4.1. Тепловые флуктуации в радиотехнических системах.

Тепловые флуктуации в проводниках. Флуктуационно-диссипативная теорема. Формула Найквиста. Дробовой шум. Формула Шотки.

4.2. Флуктуации в автоколебательных системах.

Техническая и естественная ширины спектральной линии автогенератора. Укороченные уравнения генератора. Флуктуации амплитуды и фазы в генераторе. Естественный спектр колебаний автогенератора.

5. Случайные поля и их модели.

Однородные и изотропные поля. Пространственные корреляционные функции. Случайные волны. Угловой спектр. Понятие когерентности. Локально однородные поля, структурная функция.

## **Литература**

### ***Основная***

1. *Рытов С. М.* Введение в статистическую радиофизику. Ч. I и II / С. М. Рытов, Ю.А. Кравцов, В. И. Татарский. – М. : Наука, 1978.

2. *Тихонов В. И.* Статистическая радиотехника / В. И. Тихонов. – М. : Радио и связь, 1982.

3. *Ахманов С. А.* Введение в статистическую радиофизику и оптику / С. А. Ахманов, Ю. Е. Дьяков, А. С. Чиркин. – М. : Наука, 1981.

### ***Дополнительная***

1. *Левин Б. Р.* Теоретические основы статистической радиотехники / Б. Р. Левин – М. : Сов. радио, 1975.

2. Тихонов В. И. Статистическая теория радиотехнических устройств / В. И. Тихонов, Ю.Н. Бакаев. – М. : ВВИА, 1978.

### Пример решения типовой задачи

#### Задача:

Найти корреляционную функцию на выходе цепи, описываемой выражением

$$y(t) = \frac{dx(t)}{dt} + x(t),$$

когда на входе стационарный процесс  $x(t)$ .

#### Решение:

Учитывая линейность преобразования  $y(x)$ , нетрудно найти математическое ожидание  $y(t)$

$$m_y(t) = M[y(t)] = M\left[\frac{dx(t)}{dt} + x(t)\right] = \frac{dM[x(t)]}{dt} + M[x(t)] = \frac{dm_x(t)}{dt} + m_x(t)$$

Для стационарного процесса  $m_x(t) = \text{const} = m_x$ . Поэтому в нашем случае

$$m_y(t) = m_x(t)$$

Для определения корреляционной функции найдем центрированную случайную функцию

$$\begin{aligned} \tilde{y}(t) &\equiv y(t) - m_y(t) = \frac{dx(t)}{dt} + x(t) - \left[\frac{dm_x(t)}{dt} + m_x(t)\right] = \frac{d[x(t) - m_x(t)]}{dt} + [x(t) - m_x(t)] \\ &= \frac{d\tilde{x}(t)}{dt} + \tilde{x}(t) \end{aligned}$$

Теперь по определению корреляционной функции  $K_y(t_1, t_2)$ :

$$K_y(t_1, t_2) = M[\tilde{y}(t_1)\tilde{y}(t_2)]$$

Подставляя сюда  $\tilde{y}(t)$ , получаем

$$\begin{aligned} K_y(t_1, t_2) &= M\left[\left(\frac{d\tilde{x}(t_1)}{dt} + \tilde{x}(t_1)\right)\left(\frac{d\tilde{x}(t_2)}{dt} + \tilde{x}(t_2)\right)\right] = \\ &= \frac{\partial^2 K_x(t_1, t_2)}{\partial t_1 \partial t_2} + \frac{\partial K_x(t_1, t_2)}{\partial t_1} + \frac{\partial K_x(t_1, t_2)}{\partial t_2} + K_x(t_1, t_2) \end{aligned}$$

Для стационарного процесса  $K_x(t_1, t_2) = K_x(t_2 - t_1) = K_x(\tau)$ . Поэтому в нашем случае

$$K_y(t_1, t_2) = -\frac{d^2 K_x(\tau)}{d\tau^2} + K_x(\tau) = K_y(\tau).$$

То есть стационарный в широком смысле процесс остается стационарным.

### **Вопросы для тестирования**

1. *Стационарный процесс это процесс:*
  - а) не зависящий от времени,
  - б) вероятностные характеристики которого не зависят от времени,
  - в) вероятностные характеристики которого инвариантны относительно начала отсчета времени.
2. *Спектр мощности случайного процесса это:*
  - а) преобразование Фурье энергии этого процесса,
  - б) преобразование Фурье функции корреляции этого процесса,
  - в) математическое ожидание преобразования Фурье этого процесса.
3. *Функция корреляции стационарного процесса:*
  - а) зависит только от разности двух моментов времени,
  - б) не зависит от времени,
  - в) зависит от двух моментов времени.
4. *Спектр мощности случайного процесса может быть:*
  - а) только положительной величиной
  - б) произвольной величиной
  - в) периодической величиной
5. *Эргодичный процесс это:*
  - а) квазистационарный процесс,
  - б) процесс, в котором усреднение по ансамблю постоянно,
  - в) процесс, в котором усреднение по времени равно усреднению по ансамблю.
6. *Для эргодичности случайного процесса необходимы:*
  - а) его независимость от времени,
  - б) его стационарность,

в) его узкополосность.

7. *Нормальный процесс это:*

а) стационарный узкополосный процесс,

б) процесс с постоянным математическим ожиданием,

в) процесс, все плотности вероятности которого – гауссовы функции.

8. *Дисперсия случайного процесса связана с:*

а) зависимостью процесса от частоты,

б) с шириной спектра,

в) с разбросом случайного процесса относительно среднего.

9. *С помощью одномерной и двумерной плотностей вероятности можно полностью описать только:*

а) нормальный и Марковский процессы,

б) нормальный процесс,

в) стационарный процесс.

10. *Уравнение Фоккера – Планка это:*

а) уравнение для одномерной плотности вероятности стационарного процесса,

б) уравнение для одномерной и условной плотностей вероятности Марковского процесса,

в) уравнение для двумерной плотности вероятности стационарного процесса.

11. *Распределение Релея это:*

а) распределение амплитуды суммы сигнала и гауссова шума,

б) распределение фазы гауссова шума,

в) распределение амплитуды гауссова шума.

12. *Энергетический спектр тепловых флуктуаций:*

а) обратно пропорционален реактивной составляющей сопротивления цепи,

б) обратно пропорционален активной составляющей сопротивления цепи,

в) прямо пропорционален активной составляющей сопротивления цепи.

13. *Энергетический спектр шума на выходе линейной системы пропорционален:*

- а) амплитудно-частотной характеристике системы,
- б) фазочастотной характеристике системы,
- в) квадрату амплитудно-частотной характеристике системы.

14. *Естественный спектр колебаний автогенератора определяются:*

- а) тепловыми и дробовыми шумами,
- б) нестационарностью параметров автогенератора,
- в) распространением сигнала в неоднородной среде.

15. *Плотность вероятности случайного процесса на выходе нелинейной системы пропорциональна:*

- а) спектру входного процесса,
- б) плотности вероятности входного процесса,
- в) функции корреляции входного процесса.

### **2.2.5. Квантовая радиофизика**

#### **Программа курса**

1. Введение. Предмет квантовой радиофизики. История развития квантовой радиофизики (квантовой электроники).

2. Спонтанные и индуцированные переходы. Вероятности переходов. Коэффициенты Эйнштейна и их вычисление. Термодинамический подход. Полуклассический вывод, матричный элемент оператора перехода

3. Ширина и форма спектральной линии, виды уширения.

4. Поглощение, усиление, сечение вынужденного перехода, активная среда. Квантовый усилитель и генератор, пороговое условие возбуждения генерации. Двух-, трех- и четырехуровневые схемы лазерных сред. Методы накачки.

5. Открытые резонаторы лазеров. Потери. Моды. Селекция мод. Устойчивость резонаторов. Гауссовы пучки.

6. Непрерывная и импульсная лазерная генерация. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Компрессия импульсов.

7. Квантовые усилители и генераторы оптического и радиодиапазона. Основные типы и разновидности, устройство, принцип действия, характеристики излучения.

8. Нелинейное взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Генерация гармоник излучения. Параметрические процессы. Вынужденное рассеяние. Многофотонные процессы.
9. Лазерная спектроскопия.
10. Применение приборов квантовой радиофизики.

## **Литература**

### **Основная**

1. *Карлов Н. В.* Лекции по квантовой электронике / Н. В. Карлов. – М. : Наука, 1983.
2. *Звелто О.* Принципы лазеров / О. Звелто. – Изд. 3-е. – М. : Мир, 1990.
3. *Пихтин А. Н.* Оптическая и квантовая электроника : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. – М. : Высш. шк., 2001.

### **Дополнительная**

1. *Файн В. М.* Квантовая радиофизика / В. М. Файн, Я. И. Ханин. – М. : Сов. радио, 1965.
2. *Бирнбаум Дж.* Оптические квантовые генераторы / Дж. Бирнбаум. – М. : Сов. радио, 1967.
3. *Микаэлян А. Л.* Оптические генераторы на твердом теле / А. Л. Микаэлян, М. Л. Тер-Микаэлян, Ю. Г. Турков. – М. : Сов. радио, 1967.
4. *Пантел Р.* Основы квантовой электроники / Р. Пантел, Г. Путхоф. – М. : Мир, 1972.
5. *Страховский Г. М.* Основы квантовой электроники / Г. М. Страховский, А. В. Успенский. – М. : Высш. шк., 1989.
6. *Ярив А.* Квантовая электроника / А. Ярив. – М. : Сов. радио, 1980.
7. *Качмарек Ф.* Введение в физику лазеров / Ф. Качмарек. – М. : Мир, 1981.
8. *Колпаков В. В.* Квантовая радиофизика / В. В. Колпаков. – Томск : Изд. ТГУ, 1984.
9. *Грибковский В. П.* Полупроводниковые лазеры / В. П. Грибковский. – Минск : Университетское, 1988.
10. *Яровой П. Н.* Введение в физику лазеров : учеб. пособие / П. Н. Яровой. – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1990.

11. *Ахманов С. А.* Физическая оптика : учебник / С. А. Ахманов, С. Ю. Никитин. – 2-е изд. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 2004.

12. *Скалли М. О.* Квантовая оптика : пер. с англ. / М. О. Скалли, М. С. Зубайри ; под ред. В. В. Самарцева. – М. : Физматлит, 2003.

13. *Дмитриев В. Г.* Прикладная нелинейная оптика / В. Г. Дмитриев, Л. В. Тарасов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Физматлит, 2004.

### Пример решения типовой задачи

**Задача.** Линия лазерного перехода в кристалле YAG:Nd хорошо описывается лоренцевой кривой с шириной по уровню 0,5 равной 195 ГГц при комнатной температуре. Время жизни верхнего состояния около 230 мкс, квантовый выход люминесценции лазерного перехода  $\eta = 0,42$ , а показатель преломления YAG равен 1,82.

Вычислить максимальное значение сечения перехода.

#### **Решение:**

Ответы получаем из следующих формул.

Для сечения вынужденного поглощения в максимуме полосы

$$\sigma_{\text{Лор}}(\nu_0) = \frac{c^2}{4\pi^2 \tau_0 \nu_0^2 \Delta\nu_{\text{Лор}} n^2}$$

и для квантового выхода люминесценции:  $\eta = \frac{\tau_{\text{измер}}}{\tau_0}$ , где  $c$  – скорость света в вакууме;  $n$  – показатель преломления для граната;  $\tau_0$ ,

$\tau_{\text{измер}}$  – спонтанное и измеренное время жизни перехода;  $\nu_0$  – центральная частота линии перехода;  $\Delta\nu_{\text{Лор}}$  – ширина линии лоренцевой формы на полувысоте. Длина волны люминесценции неодима в кристалле граната

$$\lambda = c/\nu_0 = 1064 \text{ нм.}$$

$$\sigma(\nu_0) = \frac{1,064 \cdot 10^{-6} \cdot 1,064 \cdot 10^{-6} \cdot 0,42 \text{ м}^2}{4 \cdot 3,14 \cdot 3,14 \cdot 0,23 \cdot 10^{-3} \text{ с} \cdot 195 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1} \cdot 1,82 \cdot 1,82} = 8,1 \cdot 10^{-23} \text{ м}^2.$$

$$\text{Ответ: } \sigma(\nu_0) = 8,1 \cdot 10^{-23} \text{ м}^2 = 8,1 \cdot 10^{-19} \text{ см}^2.$$



## Вопросы для тестирования

1. Рубин  $Al_2O_3 : Cr^{3+}$  является примером:
  - а) 2-уровневой схемы,
  - б) 3-уровневой схемы,
  - в) 4-уровневой схемы,
  - г) другое.
2. В состав активной среды эксимерного лазера входит:
  - а) хром,
  - б) азот,
  - в) инертный газ,
  - г) углекислый газ.
3. Вероятность спонтанного перехода зависит:
  - а) от времени жизни возбужденного состояния,
  - б) от мощности возбуждающего излучения,
  - в) от температуры люминесцирующей среды,
  - г) от концентрации активных центров.
4. Лоренцева форма линии связана:
  - а) с температурой среды,
  - б) с распределением частиц по скоростям,
  - в) расщеплением линий,
  - г) конечным временем жизни возбужденного состояния,
5. Примером явлений, приводящих к неоднородному уширению спектральной линии, является:
  - а) естественное уширение линии,
  - б) эффект Доплера,
  - в) столкновительное уширение,
  - г) индуцированные переходы.
6. Квантовое усиление электромагнитного излучения связано:
  - а) со спонтанным переходом,
  - б) с индуцированным переходом,
  - в) с поглощающим переходом,
  - г) с безизлучательным переходом.
7. Открытый лазерный резонатор это:
  - а) резонатор без лазерной среды,

- б) резонатор без выходного зеркала,
- в) резонатор без затвора,
- г) резонатор без боковых стенок.

8. Коэффициенты Эйнштейна характеризуют:

- а) температурное смещение спектральной линии,
- б) вероятности квантовых переходов,
- в) добротность резонатора,
- г) конфокальность резонатора.

9. Увеличение коэффициента отражения зеркал резонатора приводит:

- а) к снижению порога генерации,
- б) срыву генерации,
- в) повышению порога генерации,
- г) генерации гигантских импульсов,

10. Положительная обратная связь в оптическом квантовом генераторе осуществляется с помощью:

- а) лазерного затвора,
- б) зеркал резонатора,
- в) лампы накачки,
- г) следящей электронной схемы,

11. Конфокальный резонатор:

- а) образован сферическими зеркалами по схеме телескопа,
- б) образован сферическими зеркалами с внешними фокусами,
- в) образован сферическими зеркалами с общим фокусом,
- г) образован сферическими зеркалами с общим центром кривизны.

12. Длина волны рубинового лазера равна:

- а) 488 нм,
- б) 532 нм,
- в) 694 нм,
- г) 1064 нм.

13. При уменьшении диаметра активной среды лазера в 2 раза расходимость излучения:

- а) уменьшится в 4 раза,
- б) уменьшится в 2 раза,

- в) не изменится,
- г) увеличится в 2 раза,
- д) увеличится в 4 раза.

14. Для двух лазерных сред при прочих равных условиях с ростом ширины линии лазерного перехода пороговое значение энергии накачки:

- а) будет расти,
- б) будет оставаться неизменным,
- в) будет уменьшаться.

15. С понятием «инверсия населенностей» связаны:

- а) температура лазерного элемента,
- б) время жизни возбужденного состояния,
- в) усиление света,
- г) рассеяние света.

16. Угол синхронизма связан:

- а) с синхронизацией мод,
- б) генерацией гармоник,
- в) синхронной лазерной накачкой,
- г) управлением электро-оптическим затвором.

17. Мощность импульса генерации в режиме синхронизации мод при увеличении в два раза количества участвующих в генерации продольных мод изменяется следующим образом:

- а) уменьшается в 4 раза,
- б) уменьшается в 2 раза,
- в) не изменяется,
- г) увеличивается в 2 раза,
- д) увеличивается в 4 раза,

18. Для уменьшения длительности пичка генерации лазера, работающего в режиме синхронизации мод можно принять следующие меры:

- а) уменьшить длину резонатора,
- б) увеличить длину резонатора,
- в) уменьшить апертуру активной среды,
- г) увеличить апертуру активной среды.

19. Генерация второй гармоники возможна:

- а) в кубических кристаллах,
- б) в газах,
- в) в анизотропных средах,
- г) в жидкостях.

20. *Постоянная Планка равна:*

- а)  $1,9 \cdot 10^{-19}$  Кл,
- б)  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг,
- в)  $6,02 \cdot 10^{26}$  К·моль<sup>-1</sup>,
- г)  $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

### **2.3. Требования к ответам на задания экзаменационного билета**

Ответы на задания экзаменационного билета должны быть полными, содержать обоснование приводимых выкладок, указание на используемые физические законы и теоретические положения.

При необходимости ответы должны быть интегрированными, с использованием межпредметных связей.

Изложение ответов на задания должно быть четким, хорошо читаемым, включать требуемые рисунки. На первом листе работы должны быть указаны полностью фамилия, имя, отчество студента.

### **2.4. Критерии оценки ответа на задания экзаменационного билета**

За ответ на каждое задание экзаменационного билета выставляется отдельная оценка по пятибалльной системе (2, 3, 4, 5), которая заносится в бланк оценочного листа. В случае полного отсутствия ответа на задание в оценочный лист вносится нулевое значение. Итоговая оценка формируется подсчетом средне арифметической величины по пяти заданиям, с точностью до десятых, и последующим округлением ее до ближайшего целого. При получении средней оценки, равноудаленной от двух ближайших целых, решение по округлению принимается председателем государственной экзаменационной комиссии.

ГЭК определяет следующие критерии выставления оценки по отдельным заданиям.

Оценка **«отлично»** выставляется, если решение задачи или ответ на задание являются правильными, изложены четко, содержат обоснование приводимых выкладок со ссылками на соответствующие законы и теоретические положения; без ошибок выполнены вычисления, при необходимости, правильно указаны размерности всех определяемых величин.

**Оценка «хорошо»** выставляется, если ответ на задание в целом правильный и изложен в полном объеме, но имеются некоторые недочеты в обосновании выкладок или при вычислениях по итоговым формулам, или допущены ошибки при указании размерностей величин, выполнении поясняющих рисунков и схем.

**Оценка «удовлетворительно»** выставляется, если в ответах на задания отсутствует ряд необходимых выкладок, не приведено их обоснование или допущены в нем существенные ошибки, изложение ответа выполнено с наличием ряда зачеркиваний и исправлений, затрудняющих чтение.

**Оценка «неудовлетворительно»** выставляется, если ответ на задание неправилен, при его получении допущен ряд принципиальных ошибок или использованы неверные формулировки физических законов и положений, или формулировки, не относящиеся к данному заданию.

## **3. КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

---

### **3.1. Общие положения по выпускной квалификационной работе (ВКР)**

Выпускной квалификационной работой служит дипломная работа, выполняемая студентом 5-го курса по специальности 013800 «Радиофизика и электроника» в соответствии со специализацией.

Дипломная работа является учебно-квалификационной, при ее выполнении студент должен показать свою способность и умение, опираясь на полученные знания, решать на современном уровне научные и научно-практические задачи, грамотно излагать специальную информацию, докладывать и отстаивать свою точку зрения перед аудиторией.

Дипломная работа должна быть самостоятельным научным исследованием, позволяющим оценить профессиональную подготовку выпускника.

Тематика дипломных работ направлена на решение следующих профессиональных задач:

- экспериментальные или теоретические исследования физических процессов и явлений;
- применение радиофизических методов исследований в прикладных целях;
- разработка радиофизической аппаратуры и оборудования;
- разработка программного обеспечения.

Примерный перечень тем дипломных работ приведен в приложении 1.

Дипломная работа может быть продолжением одной или нескольких курсовых работ, выполненных студентом в период обучения. Однако следует учитывать, что от последних она должна отличаться глубиной исследования, полнотой анализа исследуемого вопроса, а также серьезной обоснованностью выводов и рекомендаций по ее практическому использованию.

Дипломная работа является завершающим этапом подготовки специалистов. В случае успешной защиты дипломной работы студенту присваивается квалификация «радиофизик».

К выполнению дипломной работы студенты допускаются после сдачи всех обязательных экзаменов, в том числе государственного экзамена по специальности, курсовых работ, зачетов, прохождения и защиты учебной и производственной практики, предусмотренных учебным планом.

Эти требования являются общими для всех дипломных работ независимо от специальностей, направлений и конкретной тематики исследования.

Уровень дипломной работы и умение ее защитить характеризуют студента как будущего специалиста, способного самостоятельно принимать решения, отвечать за свои выводы и рекомендации.

Содержание исследования, выполненного в дипломной работе, должно отвечать требованиям Государственного образовательного стандарта к квалификации.

## **3.2. Выбор темы выпускной работы**

Выбор темы дипломной работы является для студента важнейшим этапом обучения в университете, так как она, во многом, может определить направление его дальнейшей научной, учебной или производственной деятельности.

Список тем дипломных работ ежегодно утверждается на заседаниях выпускающих кафедр и доводится до сведения студентов заблаговременно, как правило, не позднее начала выпускного курса обучения.

Студенту предоставляется право выбора темы дипломной работы. Студент может предложить для дипломной работы свою тему с обоснованием целесообразности ее разработки.

При подготовке дипломной работы каждому студенту назначается руководитель из числа профессоров, доцентов, наиболее опытных преподавателей и научных сотрудников ИГУ. Руководителями могут назначаться также научные сотрудники и высококвалифицированные специалисты образовательных, научных и прочих организаций.

Приказом ректора для каждого студента (не позднее 1 ноября), по представлению выпускающей кафедры и деканата, утверждается тема и научный руководитель дипломной работы.

Задание на дипломную работу студенту выдается перед началом преддипломной практики, начинающейся непосредственно после окончания производственной практики, руководителем дипломной работы и утверждается заведующим кафедрой с указанием срока окончания работы.

Главной целью выполнения студентом дипломной работы является систематизация, закрепление и углубление теоретических знаний и практических навыков, полученных им в процессе обучения.

Структура дипломной работы должна логически соответствовать ее теме и обеспечивать разностороннее исследование предмета изучения.

При необходимости выпускающей кафедре предоставляется право приглашать консультантов по отдельным разделам дипломной работы. Консультантами могут быть преподаватели и научные сотрудники университета, а также специалисты других вузов и учреждений.

### 3.3. Структура выпускной работы

Устанавливается следующая структура дипломной работы:

- титульный лист;
- задание;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- перечень условных обозначений (если это необходимо);
- список использованных источников;
- приложения.

**Титульный лист** имеет единую форму для всех специальностей (прил. 2).

**Задание** на выполнение дипломной работы располагается после титульного листа (прил. 3, 4).

**Реферат** является краткой характеристикой содержания дипломной работы. В нем определяется объект, цель исследования;



теоретическая основа исследуемой темы; указывается объем работы в страницах, количество рисунков, таблиц, использованных источников, приложений. Объем реферата должен быть не более одной страницы (прил. 5).

**Содержание** представляет собой последовательное перечисление наименований (заголовков) разделов, подразделов, пунктов, начиная с введения, с указанием страниц, соответствующих началу каждого раздела, подраздела и пункта. При этом слова раздел, подраздел и пункт ни в содержании, ни в тексте работы писать не нужно. Таким образом, содержание должно включать все заголовки, имеющиеся в работе, в строгом соответствии их нумерации и написанию в самой работе (прил. 6).

**Введение.** Здесь дается краткое обоснование актуальности избранной темы дипломной работы, определяются те задачи, которые студент собирается рассмотреть. Введение предопределяет основное изложение содержания работы, поэтому оно должно быть кратким (объемом до двух страниц). После изложения актуальности исследуемой темы студент должен сформулировать цель и задачи работы. Цель носит общий характер, является емкой по содержанию и определяет в целом предмет исследования. Задачи локализуют цель работы, уточняя круг вопросов, которые студент ставит перед собой в данном исследовании (прил. 7).

**Основная часть** должна содержать:

- реферативный обзор литературы по теме исследования, из которого должно быть ясно, что известно о предмете исследования, в каком направлении работают другие исследователи и какие актуальные проблемы остаются нерешенными. В результате обосновывается позиция дипломника по исследуемым вопросам.

- самостоятельную исследовательскую часть, выполненную индивидуально или в составе творческого коллектива по материалам, собранным или полученным самостоятельно студентом в период прохождения производственной практики а также, возможно, и в процессе выполнения курсовых работ. Самостоятельная часть должна быть законченным исследованием, свидетельствующим об уровне профессиональной подготовки автора.

- экспериментальную часть. В том случае, если работа связана с практическими расчетами, проектированием, эксперимен-

том, то целесообразно выделить расчеты, проектирование и описание эксперимента в отдельный раздел.

**Заключение.** В заключении приводятся основные результаты работы, формулируется то новое, что внесено автором в изучение и решение проблемы. Раскрывается значимость рассмотренных вопросов для научной теории и практики, приводятся главные выводы, характеризующие в сжатом виде итоги проделанной работы, а также излагаются предложения и рекомендации по внедрению полученных результатов и дальнейшей работы в этом направлении (прил. 8).

**Перечень условных обозначений,** символов и специальных терминов составляется и включается в работу лишь в том случае, если их общее число более двадцати и каждое из них повторяется в тексте не менее трех раз. При частом употреблении сложных словосочетаний возможно их сокращение. В этих случаях сокращение с его расшифровкой вносится в перечень сокращений, символов и специальных терминов. При первом употреблении в тексте словосочетание дается полностью, а рядом в скобках пишется сокращение. В дальнейшем словосочетание дается только в сокращенном виде. Все сокращения вносятся в перечень в алфавитном порядке.

**Список использованных источников.** В список использованных литературных источников включаются только те источники, на которые были даны ссылки в тексте дипломной работы, в порядке их упоминания в работе. Список оформляется по правилам, см. раздел «Правила оформления дипломной работы» (прил. 9).

**Приложения** могут включать дополнительный иллюстрационный материал (схемы, таблицы и т. д.), описание алгоритмов и программного обеспечения, нормативные акты и другой вспомогательный материал, на который имеется ссылка в тексте.

### 3.4. Правила оформления дипломной работы

Основная часть дипломной работы должна быть разделена на разделы и подразделы, которые при необходимости могут делиться на пункты. Более подробное деление нежелательно. Работа должна быть грамотно и логично написана, аккуратно оформлена.

Из текста должно быть ясно, какой материал заимствован у других авторов, и что является собственной работой выпускника.

Примерный объем дипломной работы (без приложений) должен, как правило, составлять 40–50 страниц. Работа должна содержать достаточное для восприятия полученных результатов количество иллюстративного материала в виде схем, рисунков, графиков и фотографий. Дипломная работа должна быть распечатана на принтере на одной стороне листа формата А4. Для таблиц и иллюстраций, размер которых превышает формат А4, используется формат А3, и они выносятся в приложения. Распечатанная дипломная работа должна быть сброшюрована, при этом отзыв руководителя, рецензия и документ о внедрении (если он имеется) не скрепляются, а вкладываются в работу в виде отдельных листов.

#### **Требования к оформлению текста**

Текст дипломной работы печатается:

- через 1,5 интервала между строками (шрифтом Times New Roman, 14-м или 13-м кеглем) на листе формата А4 (210x297);
  - поля на листах: слева – 30 мм, справа – 15мм., сверху – 20 мм, снизу – 25 мм;
  - выравнивание – по ширине; первая строка – отступ 1,27 см.
- Не рекомендуется делать абзацный отступ пробелами;

▪ нумерация страниц начинается с **введения**, с учетом всех предыдущих страниц, титульный лист считается первой страницей.

#### **Нумерация разделов, подразделов и пунктов**

Разделы, подразделы и пункты нумеруются арабскими цифрами. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всего текста, за исключением приложений (например, 1, 2, 3).

Каждый раздел может быть разделен на подразделы (например, 1.1,1.2,1.3), которые, в свою очередь, могут быть разделены на пункты (например, 1.1.1, 1.1.2 и т. д.). Более дробное деление не рекомендуется. Каждый раздел, подраздел, пункт должен иметь название (заголовок), при этом слова раздел, подраздел, пункт в заголовках не пишутся.

В тексте заголовки: Реферат, Введение, Содержание, Заключение, названия разделов печатаются более крупным шрифтом, чем основной текст; заголовки подразделов и пунктов – как основной текст. Заголовки **отделяются пробелами** от текста, **НЕ** подчеркиваются, знаки препинания после заголовков **НЕ** ставятся.

Каждый раздел должен начинаться с новой страницы, а под-разделы и пункты должны продолжаться на этой же странице.

### **Нумерация страниц**

Все страницы дипломной работы, включая иллюстрации, таблицы и приложения, выполненные на отдельных листах, имеют сквозную нумерацию. Номера страниц проставляются в правом верхнем углу страницы арабскими цифрами. Титульный лист, задание, реферат, содержание учитываются в общей нумерации страниц дипломной работы, но номер на них не ставится, и в содержании эти листы не указываются.

### **Иллюстрации**

Иллюстрации (графики, схемы, диаграммы, рисунки и пр.) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Небольшие рисунки можно размещать в тексте, выделяя их пробелами, большие – на отдельном листе. Рисунки больше стандартного листа А4 выносятся в приложение. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в тексте. Рисунки размещают так, чтобы было удобно рассматривать их без поворота текста или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь названия, которые размещают под рисунком. При необходимости под иллюстрацией помещают поясняющие данные (подрисуночный текст), например, условные обозначения. Все иллюстрации, кроме таблиц, обозначаются словом Рис. и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах всей работы (за исключением иллюстраций, приведенных в приложениях).



Рис. 5. АЧХ фильтра НЧ

При оформлении графического материала целесообразно использовать специальные программы для ПК. Границы схем, графиков, рисунков не должны выходить за границы основного текста. Желательно использовать шрифт основного текста.

### **Оформление таблиц**

Цифровой материал, результаты расчетов и анализа рекомендуется выполнять в виде таблиц. Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице, если того требуют размеры таблицы.

В правом верхнем углу над таблицей помещают надпись **Таблица**, с указанием ее номера, (за исключением таблиц, приведенных в приложении), при этом таблицы, как и рисунки, нумеруются арабскими цифрами последовательно в пределах всей работы.

Каждая таблица должна иметь тематический заголовок. Заголовки и слово **Таблица** начинают с прописной (заглавной) буквы. Заголовки не подчеркивают. Точка в конце заголовка не ставится.

Заголовки граф таблиц начинают с прописной буквы, подзаголовки – со строчных, если они составляют одно предложение с заголовками, и с прописных, если они самостоятельны. Заголовки граф таблиц пишутся в таблице в единственном числе.

Примечания и библиографические ссылки, касающиеся содержания таблицы, помещают непосредственно под таблицей.

В таблице используется шрифт основного текста, при необходимости размер шрифта может быть на два-три пункта меньше, чем основного текста (11-й или 12-й кегль).

В тексте ссылки на таблицу могут быть оформлены двумя способами, например:

- В табл. 2 представлены результаты измерений...
- Результаты измерений ... представлены далее (см. табл. 2).

Таблица 2

### Параметры АЦП


Таблица не должна выходить за границы основного текста. Если таблица больших размеров, ее делят на части, которые переносят на другие листы, или помещают на одном листе рядом, или

одну над другой. Если часть таблицы помещают рядом, в каждой части повторяют «шапку», при размещении частей одна над другой повторяется «боковик».

Возможно расположение таблицы на листе в альбомном режиме. Слово – Таблица, ее номер и заголовок указывают один раз над первой частью таблицы, над последующими частями пишут: Продолжение таблицы. Перед частью таблицы, расположенной на следующей странице, делается запись:

- если таблица на второй странице заканчивается, то пишется в верхнем правом углу: Окончание таблицы 2;

- если таблица располагается на трех страницах, то на второй странице пишется: Продолжение таблицы 2, а на последней странице – Окончание таблицы 2.

В случае продолжения таблицы на следующих страницах, для удобства чтения информации рекомендуется дублировать “шапку” таблицы на каждой странице. Если в тексте будут ссылки на конкретную графу таблицы, то их можно также пронумеровать арабскими цифрами.

Отдельная графа для обозначения единиц измерения не выделяется. Если вся информация в таблице в одних единицах измерения, то они выносятся в название таблицы. Если в таблице показатели имеют разные единицы измерения, то они приводятся в заголовках соответствующих граф таблицы. Допускается выделение отдельной графы для условных обозначений, если они в дальнейшем часто используются в тексте.

### **Оформление формул**

Уравнения и формулы рекомендуется выделять из текста отдельную строку. Формулы набираются в Microsoft Equation, шрифт – Times New Roman Cyr, размер шрифта обычный – 14 пт, крупный индекс – 10 пт, мелкий индекс – 9 пт, крупный символ – 17 пт, мелкий символ – 13 пт. Буквенные обозначения и греческие символы – курсивом; междустрочный интервал – одинарный; интервал перед – 6 пт, интервал после – 6 пт; абзацный отступ (отступ первой строки) – 0 мм. Формула в отдельной строке должна располагаться по центру.

Формулы следует нумеровать арабскими цифрами, причем номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в пределах данного раздела, разделенных точкой. Номер

указывается в круглых скобках у правого края строки, например (2.3), где 2 – порядковый номер раздела, 3 – порядковый номер формулы в данном разделе. Если в работе приводится одна формула или уравнение, ее не нумеруют.

Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (×) или деления (:), причем знак в начале следующей строки повторяют. Номера многострочных формул ставятся против последней их строки. При нумерации группы формул применяются фигурные скобки, охватывающие по высоте все формулы. Острые скобки располагается против середины группы формул и обращено в сторону порядкового номера, помещаемого у правого края рамки.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового значения следует давать с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слова «где» без двоеточия. В конце каждой строки ставят точку с запятой, на последней – точку.

Пример оформления формулы.

$$\tau = RC, \quad (2.1)$$

где  $\tau$  – постоянная времени цепи;

$R$  – активное сопротивление;

$C$  – емкость.

Следующие одна за другой формулы отделяются друг от друга точкой с запятой.

### **Оформление списка использованных источников и библиографических ссылок**

В конце дипломной работы приводится список использованных источников. Под использованными источниками понимаются цитируемые, рассматриваемые или упоминаемые в дипломной работе книги, научные статьи и др.

Использованные источники нумеруются и располагаются в порядке упоминания их в тексте, т. е. первый источник, упоми-

наемый в тексте, должен быть в списке под номером 1. В тексте ссылка на источник оформляется квадратными скобками (пример: [3–8], [12]).

### **Библиографическое описание книги**

При описании книги необходимые сведения берутся с титульного листа, а в случае его отсутствия – с обложки, оборота титульного листа, из выпускных данных и т. д. Названия книг не сокращаются.

Пример описания книги:

1. Схоутен Я. А. Тензорный анализ для физиков / Я. А. Схоутен. – М. : Наука, 1988. – 455 с.

(ВНИМАНИЕ: **455 с.** – указывается общее количество страниц книги)

### **Библиографическое описание статьи**

При описании статьи из сборника, журнала, продолжающегося издания, газеты вначале приводятся сведения о статье, затем об источнике, в котором эта статья опубликована.

Слова в названиях статей не сокращаются. Сведения о статье отделяются от сведений об источнике разделительным знаком // (две косые черты). В сведениях о источнике, в котором помещена статья, элементы описания отделяются знаком . – (точка тире). Первое слово каждого элемента начинают с прописной буквы.

Пример описания научной статьи из журнала или сборника:

2. Карасев А. С. Низкочастотные флуктуации СВЧ-проводимости диодов Ганна // Радиотехника. – 1991. – Т. 42, № 8. – С. 58–64.

(ВНИМАНИЕ: **С. 58–64** – указываются № страниц данной статьи с первой по последнюю)

### **Библиографическое описание интернет-источника**

При описании интернет-источника последовательно указывается автор, название статьи и адрес сайта.

Примеры описания интернет-источников:

3. Иванов П. В. Описание транзистора IRF 740 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.irf.com>.

4. Пульт контроля и управления «С2000» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://bolid.ru/production/devices/devices\\_64.html](http://bolid.ru/production/devices/devices_64.html) (следует указывать как можно более полную информацию об интернет-источнике).



## **Оформление приложений**

Материал, дополняющий текст документа (графики, таблицы большого формата, расчеты, алгоритмы и т. д.), рекомендуется помещать в приложениях. В тексте дипломной работы на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием в верхнем правом углу слова «Приложение» и его порядкового номера.

Приложение должно иметь тематический заголовок, который записывается по центру с прописной буквы отдельной строкой. Как правило, приложения выполняют на листах формата А4, допускается оформление приложения на листах формата А3.

Приложения должны иметь общую с основной частью работы сквозную нумерацию страниц. Все приложения должны быть перечислены в содержании с указанием их номера и названия.

## 4. ЗАЩИТА ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

---

Подготовленная к защите дипломная работа проходит на кафедре нормоконтроль по оформлению работы. Работы, не прошедшие нормоконтроль, к защите не допускаются. К дипломной работе должны прилагаться отзыв руководителя и рецензия, оба документа с датой и подписью. Если руководитель или рецензент не являются сотрудниками ИГУ, их подписи должны быть заверены печатями организаций.

**В отзыве руководителя** дипломной работы должны быть отмечены актуальность темы дипломной работы, степень завершенности поставленной задачи, степень самостоятельности и инициативности студента, умение студента пользоваться специальной литературой, способности студента к инженерной или исследовательской работе, возможность использования полученных результатов на практике.

В отзыве формулируется цель работы, указываются положительные стороны работы и возможные недостатки. В заключение руководитель выставляет оценку дипломной работы (отлично, хорошо, удовлетворительно) и высказывает свое мнение о возможности присвоения выпускнику соответствующей квалификации (прил. 10).

Полностью оформленная дипломная работа допускается к защите после рассмотрения ее выпускающей кафедрой. Заведующий кафедрой ставит визу о допуске к защите.

Дипломная работа, представленная выпускающей кафедрой и допущенная к защите, должна пройти обязательное рецензирование. Списки рецензентов утверждаются решением Ученого совета факультета по представлению выпускающей кафедры из числа специалистов производства и научных организаций. В качестве рецензентов могут привлекаться профессора, доценты, преподаватели других высших учебных учреждений или ИГУ, не работающие на представляющей дипломную работу кафедре и не являющиеся сотрудниками той организации, где выполнялась дипломная работа. Рецензент по занимаемой должности не может быть в непосредственном подчинении у руководителя дипломной работы.

В отличие от руководителя, рецензент может оценивать только дипломную работу. В рецензии указывается общая характеристика работы: полное количество страниц, рисунков и таблиц, приложений, разработанных программ и т. д.; оценивается качество оформления текстовой и графической части работы; актуальность темы дипломной работы; степень выполнения поставленных задач. Дается оценка уровня теоретической и практической части проведенного исследования и возможность практического использования полученных результатов. Перечисляются достоинства дипломной работы и возможные недостатки, дается заключение о работе в целом и предлагается оценка по четырехбалльной системе: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично» (прил. 11).

Студенты должны быть ознакомлены с рецензиями не позднее, чем за 3 дня до защиты, с целью обеспечения возможности подготовки ответа на замечания.

Для защиты студент должен подготовить наглядные пособия в виде схем, таблиц, диаграмм (их количество определяется вместе с руководителем), которые могут быть изготовлены в виде плакатов, слайдов, компьютерной презентации, раздаточных материалов по числу членов ГАК (ориентировочно 7–8 чел.). Представленные наглядные материалы обязательно должны иметь аналогии (первоисточники) в дипломной работе.

Для выступления и защиты студент готовит краткий доклад (10–12 минут), в объеме, примерно, четырех страниц машинописного текста. В докладе должны быть отражены: актуальность проблемы, научная новизна, цель и задачи исследования, практическая значимость работы, краткое содержание работы, основные выводы. Особое внимание в докладе должно быть уделено освещению собственных результатов, выводов полученных в исследовании, а также практическим рекомендациям.

В случае, если работа имеет практическое значение, в дополнение к отзыву и рецензии могут быть представлены акт внедрения, справка о внедрении или рекомендация к внедрению результатов дипломной работы в науку, учебный процесс или в производство (прил. 12, 13).

Защита выпускной квалификационной работы проводится в сроки, оговоренные графиком учебного процесса высшего учеб-

ного заведения после государственного экзамена, и является заключительным этапом аттестации выпускников на соответствие требованиям ГОС.

Защита дипломной работы проводится на открытых заседаниях ГАК с участием не менее 2/3 состава комиссии, утвержденного ректором вуза.

В начале процедуры защиты выпускной квалификационной работы председатель ГАК представляет студента, объявляет тему работы, фамилии руководителя и рецензента, после чего студент получает слово для доклада.

В процессе защиты студент должен использовать иллюстративный материал, раскрывающий основное содержание работы. Иллюстративный материал может быть представлен в виде плакатов (не менее 3–4) или мультимедийной презентации. В последнем случае члены ГАК должны получить распечатанные слайды доклада.

После доклада (до 15 минут) члены ГАК имеют возможность задать вопросы докладчику. Вопросы членов ГАК и ответы студента записываются секретарем в протокол.

После ответа на вопросы слово предоставляется руководителю и рецензенту. В случае их отсутствия на защите подписанные и заверенные отзывы зачитывает представитель кафедры или председатель ГАК.

С замечаниями по работе могут выступить члены ГАК.

После этого выпускнику предоставляется заключительное слово. В заключительном слове студент отвечает на письменные замечания рецензента и дает обоснование своего согласия или несогласия с высказанной критикой.

После заслушивания всех выпускных работ государственная аттестационная комиссия на закрытом заседании подводит итоги защиты, выставляя оценки в протокол и зачетную книжку. Комиссия оценивает защиту по совокупности достоинств и недостатков предоставленной выпускной работы, заслушанного доклада, полноты и правильности ответов студента на заданные вопросы.

Объявление результатов защиты делает председатель ГАК или его заместитель в присутствии членов комиссии. Апелляции студентов по поводу выставленных комиссией оценок принимаются председателем комиссии непосредственно после закрытия

заседания и, по решению председателя, в исключительных случаях, заявление студента может быть рассмотрено в присутствии студента членами комиссии.

ГАК суммирует результаты всех оценочных средств: государственного квалификационного экзамена, заключения членов ГАК на соответствие, оценку дипломной работы, выставленную членами ГАК, оценивает дипломную работу и принимает общее решение о присвоении выпускнику ВУЗа соответствующей квалификации и выдаче ему диплома о высшем образовании специалиста-радиофизика.

В том случае, если защита дипломной работы признается ГАК неудовлетворительной, председатель комиссии обязан объявить студенту, что защищаемая тема признается нераскрытой. Студенту предлагается выполнить новое выпускное исследование, либо сохраняется за ним данная тема выпускной работы для доработки и последующей защиты в следующем учебном году.

Тот или иной вариант решения фиксируется в протоколе заседания ГАК. Заведующий кафедрой в месячный срок определяет новую тему выпускной работы с учетом характера будущей работы и желания студента.

Повторная защита допускается в течение трех лет после окончания вуза. За 1,5 месяца до защиты выпускник должен подать письменное заявление в деканат о своем желании защитить выпускную работу.

Студентам, не проходившим аттестационных испытаний по уважительной причине, ректором может быть удлинен срок обучения до следующего периода работы государственной аттестационной комиссии, но не более одного года.

Дипломная работа после защиты хранится на выпускающей кафедре в течение 5 лет. По истечении указанного срока производится списание дипломных работ по акту комиссией, созданной указанием декана.

Запрещается передача оригиналов дипломных работ сторонним организациям и частным лицам. С целью оказания учебно-методической помощи, участия в конкурсе, внедрения в производство с разрешения проректора по учебной работе, снимается копия и передается заинтересованной стороне.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

---

## Приложение 1

### *Примерный перечень тем дипломных работ*

1. Коррекция ионосферной модели.
2. Ошибки позиционирования при использовании спутниковых навигационных систем и возможности их прогнозирования.
3. Интернет-лаборатория по прикладному ионосферному моделированию в глобальной сети.
4. ЛЧМ-ионозонд.
5. Пространственно-временная структура сигнала метеорного радиоканала.
6. Глобальные спутниковые системы определения местоположения (GPS) и их применение в геодезии.
7. Анализ поляризационных измерений во время солнечного затмения.
8. Исследование колебаний в солнечных пятнах.
9. Определение параметров ионосферы по сигналам на реперных радиолиниях.
10. Компьютерное моделирование ионосферных процессов.
11. Исследование структуры и динамики экваториальной аномалии.
12. Плазменное линзирование в ионосфере.
13. Оперативный мониторинг исходных факторов космической погоды.
14. Исследование ионосферы приемниками GPS-сигнала.
15. Диагностика ионосферных возмущений методом транзионосферного зондирования.
16. Определение параметров квазиволновых ионосферных возмущений методом GPS-радиозондирования.
17. Анализ и оптимизация влияния геометрического фактора на точность решения навигационных задач в системе GPS.
18. Особенности распространения КВ-сигналов на наклонных трассах в минимуме солнечной активности.
19. Расчет ориентации станции проекта Super DARN.
20. Анализ экспериментальных данных по нейтрино-протонным взаимодействиям.
21. Модели источников галактических и внегалактических нейтрино и спектр атмосферных нейтрино высоких энергий.

22. Унитарное смешивание барионов противоположной четности.
23. Нейтринные осцилляции в релятивистской среде.
24. Акустическое детектирование нейтрино.
25. Потери оптического соединения на коротких расстояниях (1~100м).
26. Блок сбора данных автоматизированной системы зарядки аккумуляторов.
27. Блок стабилизации и управления зарядно-разрядного устройства.
28. Система управления аудио и видеоборудованием в конференц-зале ДК «Металлург».
29. Передача данных по радиоканалу в системах охранно-пожарной сигнализации.
30. Лабораторный стенд для измерения времени жизни неосновных носителей в полупроводниках.
31. Термопарные усилители с гальванической развязкой.
32. Блок питания лазерных диодов.
33. Автоматизация процесса измерения гидрофизических свойств воды.
34. Разработка устройства для мониторинга подвижных объектов.
35. Система сбора данных для контроля состояния высоковольтного выключателя.
36. Вакуумно-дуговой источник многозарядных ионов.
37. Блок регистрации рассеянного рентгеновского излучения рентгенорадиометрического сепаратора.
38. Изучение электрофизических характеристик полупроводниковых материалов.
39. Система синхронизации момента включения/отключения высоковольтного выключателя.
40. Использование микроконтроллеров для обработки информации, получаемых с датчиков.
41. Голосовой модемный информатор аварийных сообщений.
42. Генератор тестовых сигналов.
43. Модернизация блока измерения фазы.
44. Система автоматического управления модулятором.
45. Автоматизация измерений побочных электромагнитных наводок.
46. Микроконтроллерные модули автономного сбора данных.
47. Разработка гидрометра с микропроцессорным управлением.
48. Гидроакустический измеритель толщины льда.
49. Системы видеонаблюдения.

50. Применение микроконтроллеров для управления частотным синтезатором.
51. Цифровой имитатор визуальной обстановки авиационного тренажера.
52. Автоматизированная система сбора гидрологической и метеорологической информации.
53. Управление автоматизированным технологическим процессом производства аккумуляторов.
54. Диагностика оборудования летательных аппаратов.
55. Разработка устройства управления беспилотным летательным аппаратом.
56. Проектирование и реализация системы пожарно-охранной сигнализации.
57. Анализ охранных радиосистем, разработка методов повышения их эффективности.
58. Проектирование сети передачи данных централизованной системы охраны и наблюдения объектов.
59. Система удаленного видеомониторинга.
60. Автоматизация систем энергозащиты.
61. Телеметрический канал системы управления питанием установки «Тунка-133».
62. Датчики электромагнитных полей.
63. Исследование влияния торсионных напряжений на квазистатические магнитные характеристики АМС.
64. Исследование релаксационных процессов в слюдокомпозитах.
65. Разработка и внедрение на предприятии программно-аппаратного комплекса сбора и обработки информации.
66. Микроконтроллерная система автоматизации научных исследований.
67. Автоматизированная дистанционная обучающая система.
68. Автоматизированные системы обработки информации.
69. Твердотельный лазер с диодной накачкой.
70. Исследование нового газоразрядного источника света.
71. Разработка программного обеспечения для автоматизации получения и первичного расчета рентгеновских дифракционных спектров.
72. Организация связи для объединенного центра управления воздушным движением.
73. Проектирование и реализация корпоративной локальной сети.
74. Модернизация комбинированной корпоративной сети.
75. Автоматизированная обработка информации в глобальной сети.



76. Модуль динамической маршрутизации для программного пакета СІСК.
77. Разработка и применение вычислительного сервера для решения задач нелинейной оптимизации.
78. Модернизация и развитие сети кабельного ТВ.
79. Расчет линии кабельного телевидения.
80. Пассивные репитеры сотовой связи.
81. Разработка программного обеспечения для оборудования сетей сотовой связи.
82. Организация сети передачи данных для ОАО «Нижне-Ленское» на основе технологии i DIRECT.
83. Разработка сложной БД в среде MS Access для использования в глобальной сети.
84. Разработка оптимальной методики выборки и редактирование БД ООО «СУАЛ-ПМ».
85. Методы функционирования БД в глобальной сети.
86. Протокол MPLS и его внедрение в работу Orange Business Services.
87. Системы корпоративной связи.
88. Система мониторинга подвижных объектов.
89. Развертывание виртуальных частных сетей.
90. Построение мультисервисной сети доступа.
91. Модификация базы данных АТС-32.
92. VSAT технология спутниковой связи.
93. Определение и прогноз параметров движения спутника.
94. Разработка устройств сбора данных в навигационных системах.
95. Расчёт зон покрытия сотовой связи вдоль железной дороги.
96. Разработка сетей сотовой связи.
97. Проектирование и построение беспроводной сети Wi-Fi.
98. Проектирование сетей GSM.
99. Методы защиты канала связи от несанкционированного доступа.
100. Антенные системы спутниковой связи.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ГОУ ВПО «ИГУ»)

Физический факультет  
Кафедра (наименование)  
Зав. Кафедрой (уч. звание)  
(Фамилия И. О.)\_(подпись)

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА  
**БЛОК ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ВИБРОПИТАТЕЛЕМ**

Руководитель  
(подпись) (Фамилия И.О.)  
Студент гр.(номер)  
(подпись) (Фамилия И.О.)  
Работа защищена  
с оценкой (оценка)  
Протокол № \_\_\_\_\_  
Нормоконтролер  
(подпись) (Фамилия И. О.)

Рецензент  
(подпись) (Фамилия И. О.)

**ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Задание по подготовке дипломной работы**

**Студент** (Фамилия, Имя, Отчество полностью) \_\_\_\_\_

1. Тема работы \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

утверждена приказом по университету № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

2. Срок подачи работы (конкретная дата – за 5 дней до защиты) \_\_\_\_\_

3. Исходные данные к работе: (накопленные за время производственной и преддипломной практики данные, техзадание, самостоятельное изучение литературы и т.п.) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Краткое содержание дипломной работы (по пунктам)  
\_\_\_\_\_

5. Перечень графического материала \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов  
\_\_\_\_\_

7. Дата выдачи задания: \_\_\_\_\_

8. Кафедра радиоэлектроники (или радиофизики) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой, ученое звание, (подпись), Ф. И. О.

9. Руководитель работы

(ФИО руководителя, место работы, должность) \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ (дата) \_\_\_\_\_ (подпись студента) \_\_\_\_\_

10. Промежуточный контроль за выполнением работы \_\_\_\_\_ (даты или периодичность) \_\_\_\_\_

**Задание по подготовке дипломной работы студенту**  
(Фамилия, имя, отчество полностью)

1. Тема работы: «Организация IP-телефонии на базе телефонной станции DEFINITY DECT»

утверждена приказом по университету № (номер приказа) от (дата)

2. Срок подачи работы: (конкретная дата – за 5 дней до защиты).

3. Исходные данные к работе: методические данные по телефонной станции DEFINITY DECT, программное обеспечение телефонной станции, периодическая литература по организации IP-телефонии и по организации IP-телефонии на телефонной станции DEFINITY DECT.

4. Краткое содержание дипломной работы:

Краткая история появления IP-телефонии;

Основные понятия об IP-телефонии;

Развитие модели;

Методы реализации;

Реализация IP-телефонии на телефонной станции DEFINITY DECT;

Установка модемов на предприятиях и подключение их к локальной сети.

5. Перечень графического материала: рисунков – 18, таблиц – 13.

6. Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов – нет.

7. Дата выдачи задания: 09.03.2007.

8. Кафедра радиоэлектроники (или радиофизики)

Заведующий кафедрой, (подпись) Ф. И. О.

9. Руководитель работы: начальник отдела АО «Сибирьтелеком» (подпись) (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению: 09.03.2007. (подпись студента)

10. Промежуточный контроль за выполнением работы: еженедельно.

## **Реферат**

Целью работы является разработка проекта и внедрение системы беспроводной передачи данных между базовым и подвижным спутниковыми приемниками, применяемыми для геодезических работ, с использованием системы глобального позиционирования GPS в режиме RTK(Real-Time Kinematics).

Рассмотрены общие вопросы глобального позиционирования, структура спутниковой системы глобального позиционирования GPS, специфические особенности применения системы GPS в инженерной геодезии, способы оптимизации и улучшения качества геодезических и землеустроительных работ с использованием спутниковых методов, даны общие характеристики гражданского и специального спутникового оборудования.

Проведен анализ методов передачи данных по радиоканалам, дан краткий обзор систем беспроводной передачи данных, предлагаемых различными производителями для реализации режима RTK GPS, осуществлен выбор метода организации системы передачи данных.

Разработана и представлена общая конструкция и принципиальная электрическая схема окончного оборудования, подробно описаны принципы функционирования устройства, особенности конструкции отдельных узлов.

Работа содержит 49 страниц машинописного текста, 5 рисунков, 2 таблицы, список использованных источников из 14 наименований, приложения на трех страницах.

**Содержание**

Введение.....	7
1. Основные виды сетей.....	9
1.1. Локальные и глобальные сети.....	9
1.1.1. Особенности локальных, глобальных и городских сетей	9
1.1.2. Отличия локальных сетей от глобальных.....	10
1.1.3. Тенденция к сближению локальных и глобальных сетей	13
1.2. Корпоративные сети.....	14
1.2.1. Покрытие и масштабируемость.....	14
1.2.2. Преимущество.....	14
2. Маршрутизация в составных сетях.....	17
2.1. Канальный уровень.....	17
2.1.1. Локализация трафика и изоляция сетей.....	17
2.1.2. Недостатки на канальном уровне.....	17
2.2. Сетевой уровень.....	18
2.2.1. Согласование протоколов канального уровня.....	18
2.2.2. Маршрутизация в сетях с произвольной топологией.....	18
2.2.3. Функции сетевого уровня.....	20
2.2.4. Протоколы передачи данных и протоколы обмена маршрутной информацией.....	22
3. Основные технологии объединения локальных сетей.....	24
3.1. Динамический выход в Интернет.....	24
3.1.1. Удаленный доступ по аналоговой телефонной линии.....	24
3.1.2. GPRS-Интернет.....	25
3.1.3. Технология EDGE.....	27
3.2. Технологии высокоскоростного объединения сетей.....	28
3.2.1. Цифровая абонентская линия Digital Subscriber Line (DSL).....	28
3.2.2. ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line – асимметричная цифровая абонентская линия).....	28
3.2.3. R-ADSL (Rate-Adaptive Digital Subscriber Line – цифровая абонентская линия с адаптацией скорости соединения)..	29
3.2.4. IDSL (ISDN Digital Subscriber Line – цифровая абонентская линия ISDN).....	29
3.2.5. HDSL (High Bit-Rate Digital Subscriber Line- высокоскоростная цифровая линия).....	29

3.2.6. SDSL (Single Line Digital Subscriber Line – однолинейная цифровая абонентская линия).....	30
3.2.7. VDSL (Very High Bit-Rate Digital Subscriber Line – сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия) ...	30
4. IP-телефония.....	32
4.1. Особенности IP-телефонии .....	32
4.2. Протоколы IP-телефонии .....	33
4.3. Технология Cisco VoIP.....	35
5. Практическая подготовка к реализации проекта .....	38
5.1. Проектировка СКС.....	38
5.2. Физические проблемы ЛВС .....	39
5.3. Современное коммутационное оборудование .....	39
5.4. Современное оборудование для маршрутизации данных .....	40
5.5. Конфигурирование маршрутизаторов Cisco 800 SOHO series ..	42
6. Реализация проекта Москва–Иркутск–Чита–Улан-Удэ .....	44
6.1. Создание соединения Иркутск–Москва.....	44
6.2. Подключение территориальных органов в г. Чита и г. Улан-Удэ к мультисервисной сети ФСФР России .....	45
6.2.1. Подключение к корпоративной сети офиса в г. Чита.....	47
6.2.2. Подключение к корпоративной сети офиса в г. Улан-Удэ ...	47
7. Оптимизация сети.....	49
Заключение.....	50
Список использованных источников.....	51
Приложение 1. Листинг конфигурации роутера соединения Иркутск–Москва .....	52
Приложение 2. Листинг конфигурации роутера соединения Иркутск–Чита .....	54
Приложение 3. Листинг конфигурации роутера соединения Иркутск–Улан-Удэ.....	56

## **Введение**

Большинство систем приема телевидения в городах России проектировалось по схеме «антенна на подъезд». В настоящее время стало затруднительно осуществлять качественный телевизионный прием по данной схеме из-за ряда факторов, а именно: изменения в строительстве жилых домов, расположение жилых домов в зоне неуверенного приема, вещание ряда программ в ДМВ диапазоне, т. е. расширение числа транслируемых каналов. Все это привело к строительству крупных систем коллективного приема телевидения.

Во всем мире сейчас строятся гибридные (оптоволоконно-коаксиальные) интерактивные сети кабельного телевидения. Такие сети позволяют предоставить абонентам широкий набор как традиционных услуг (теле- и радиовещание), так и новых интерактивных видов сервиса (доступ в Интернет, информационно-справочные услуги, Видео по запросу и др.). В конце 1997 года Правление ОАО «Электросвязь» приняло решение о строительстве СКТВ в городе Иркутске.

Поэтому выбранная мною тема дипломной работы актуальна и имеет большое практическое значение.

Целью работы является расчет и реализация линии кабельного телевидения на примере района «Красный Квадрат», для чего требуется выполнить следующие задачи: изучить структуру современных линий кабельного телевидения и методы их расчета; изучить характеристики и произвести выбор необходимого оборудования; обосновать выбор определенных методов проектирования сети КТВ; изучить ГОСТы, которым должна соответствовать спроектированная сеть коллективного доступа; произвести расчет линии. После реализации линии произвести необходимые измерения и убедиться в соответствии результата работы предъявляемым к ней требованиям.



## **Заключение**

В процессе выполнения дипломной работы была разработана функционирующая БД, отвечающая требованиям пользователей и неоднократно тестируемая по ходу работы и после завершения написания приложения. Архитектура клиент-сервер проверена в локальной сети. Как было сказано во введении, концепции работы в глобальной и локальной сетях при такой связке (SQL Server – MS Access) различаются несущественно. Имеется возможность введения БД в глобальную сеть, но для этого необходимо иметь компьютер с «реальным» IP-адресом в Интернете, чтобы пользователь мог при настройке клиентской части обратиться к серверу по этому IP-адресу (и впоследствии работать с ним).

Проверить работу данного приложения в глобальной сети не удалось по причине отсутствия возможности размещения сервера.

Разработанная БД отвечает задачам, поставленным в начале написания программы, усовершенствована с учётом пожеланий, высказанных по ходу разработки и промежуточного тестирования и, следовательно, может быть признана полноценным результатом дипломной работы.

Клиентская часть приложения может быть усовершенствована и дополнена в любое время администратором MS Access (только у него есть права на изменение и добавление форм, таблиц и отчётов).

Изначально приложение разрабатывалось для конкретных целей (использование в деканате физического факультета). По завершении создания и отладки практическое использование данного программного обеспечения показало высокую степень надёжности и производительности, обусловленную использованием современных методов и языков программирования. Также практика показала, что скорость формирования отчётов и поиска информации увеличились в несколько раз по сравнению с ранее используемыми, стандартными (не компьютеризированными) способами работы с данными.

Удобный русифицированный интерфейс пользователя позволяет легко и быстро ознакомиться с основными принципами работы данной программы даже начинающему пользователю.

## Список использованных источников

1. *Мак-Кинли Д.* Методы метеорной астрономии / Д. Мак-Кинли. – М. : Мир, 1964. – 375 с.
2. *Кононович Э. В.* Общий курс астрономии / Э. В. Кононович, В. И. Мороз. – М. : Едиториал УРСС, 2004. – 544 с.
3. *Ammad Akram.* Cannon A meteor scatter prediction model and its application to adaptive beam steering / Akram Ammad, S. Paul // *Radio Science.* – 1997. – V. 32, N. 3. – P. 1023–1035.
4. *Mawrey R. S.* Modeling the effect of meteor radiant distributions on the detection rate of meteor signals over forward-scatter links / R. S. Mawrey, A. D. Broadhurst // *Radio Science.* – 1993. – V. 28, N. 3. – P. 428–440.
5. *Тинин М. В.* Рассеяние волн на сильно вытянутой неоднородности / М. В. Тинин, Б.-Ч. Ким // *Известия вузов. Радиофизика.* – 2004. – Т. XLVII, № 12. – С. 1057–1065.
6. *Tinin M. V.* Modeling of the space-time structure of radio scattering from meteor trail / M. V. Tinin, B. C. Kim // *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics.* – 2006. – P. 977–988.
7. *Tinin M. V.* Single scattering of waves by random strong anisotropic inhomogeneities / M. V. Tinin, B.-C. Kim, S. N. Kolesnik // *Waves in Random and Complex Media.* – 2005. – V. 15, N. L. – P. 61–69.
8. *Рытов С. М.* Введение в статистическую радиофизику. Случайные поля / С. М. Рытов, Ю. А. Кравцов, В. И. Татарский. – М. : Наука, 1978. – 456 с.
9. *Кравцов Ю. А.* Прохождение радиоволн через атмосферу Земли / Ю. А. Кравцов, З. И. Фейзулин, А. Г. Виноградов. – М. : Радио и связь, 1983. – 220 с.
10. *Кравцов Ю. А.* Геометрическая оптика неоднородных сред / Ю. А. Кравцов, Ю. И. Орлов. – М. : Наука, 1980. – 280 с.
11. *Татарский В. И.* Распространение волн в турбулентной атмосфере / В. И. Татарский. – М. : Наука, 1967. – 540 с.
12. *Федынский В. В.* Метеоры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.astronet.ru>
13. *Schilling Meteor Burst Communications. Theory and Practice* / ed. by Donald L. // A. Wiley. Interscience Publication. – 1993. – 451 p.

**Отзыв**

на дипломную работу «Расчёт области действия радаров системы SuperDARN в российском сегменте сети» студента V курса физического факультета ИГУ гр. 15XX (Фамилия, Имя, Отчество полностью)

В связи с принципиальным решением о развертывании Российского сегмента международной системы SuperDARN актуальной задачей является оптимальный выбор расположения новых радаров. Принцип действия радаров заключается в регистрации и обработке характеристик рассеянных сигналов из областей ионосферы, засвеченных одновременно двумя радарными. (Ф. И. О.) была поставлена задача разобраться с принципом действия когерентных радаров КВ диапазона, разработать алгоритм расчета зоны засветки ионосферных слоев и провести анализ диагностических возможностей радаров, расположенных в Магадане и Братске, при условии достаточно эффективного рассеяния ионосферными неоднородностями на первом скачке распространения КВ сигналов.

В ходе выполнения дипломной работы (Ф. И. О.) была проведена большая работа по изучению технических устройств, принципа регистрации и обработки кодированных импульсных сигналов, используемых в радарных SuperDARN. При этом он разработал способ отсеки сигналов, рассеянных от искусственных неоднородностей типа самолетов, с минимальными изменениями стандартной программы управления. Им успешно освоены программы расчета параметров геомагнитного поля, ионосферных и траекторных характеристик. При разработке алгоритма расчета зон засветки проявлены глубокие знания в программировании, компьютерных технологиях визуализации и высокий уровень теоретической подготовки. Полученные (Ф. И. О.) результаты по расчету зон эффективного рассеяния КВ сигналов для Братского и Магаданского радаров имели важное значение для решения конкретных вопросов размещения радаров на территории России. Новый проект размещения с дополнением пункта вблизи Екате-

ринбурга был одобрен Исполнительным советом SuperDARN на рабочем совещании в июне 2007 г. Разработанный (Ф.И.О.) алгоритм расчета зон эффективного рассеяния КВ сигналов послужит в дальнейшем основой для интерпретации экспериментальных данных по регистрации ЛЧМ-сигналов, распространяющихся вне дуги большого круга, и данных сети Российских радаров SuperDARN после их инсталляции.

Дипломная работа (Ф.И.О.) заслуживает оценки «отлично». Высокий уровень теоретической и специальной подготовки (Ф. И. О.), трудолюбие и настойчивость, проявленные в ходе решения достаточно сложных задач преддипломной практики и дипломной работы, позволяют рекомендовать его для поступления в аспирантуру по специальности «радиофизика».

Руководитель дипломной работы

Зав. отделом ИСЗФ СО РАН д-р физ.-мат. наук (Ф. И. О.) подпись  
(дата)

Подпись (Ф.И.О.) заверяю

Ученый секретарь ИСЗФ СО РАН, канд. физ.-мат. наук (Ф. И. О.) подпись

(печать ИСЗФ СО РАН)

### Рецензия

на дипломную работу  
студента гр. 1522 Физического факультета ИГУ  
(Фамилия, Имя, Отчество полностью.)

### **Улучшение программно-аппаратного комплекса ЛЧМ- зондирования ионосферы**

В представленной на рецензию дипломной работе рассматриваются актуальные задачи совершенствования систем зондирования ионосферы с помощью ЛЧМ-сигнала.

Общий объем работы – 53 страницы, имеется реферат, задание, содержание, заключение и список литературных источников, включающий 16 наименований. Основная часть содержит 8 разделов.

В работе рассматривается принцип обработки принимаемого сигнала приемником действующего ЛЧМ-ионозонда, в котором производится многократное преобразование частоты для надежного разделения боковых полос с помощью фильтров. Выделенная нижняя боковая полоса подвергается двухканальной обработке, с целью получения низкочастотных квадратурных составляющих сигнала, которые в дальнейшем преобразуются в цифровую форму в устройстве обработки и регистрации.

Рассматривается устройство приемника, в котором аналого-цифровое преобразование осуществляется непосредственно на частоте принимаемого сигнала, а в дальнейшем производится обработка сигнала в цифровом виде.

В работе предлагается альтернативный вариант приемника с однократным преобразованием частоты и получением цифровых отсчетов низкочастотных квадратурных компонент путем оцифровки дискретных выборок сигнала, взятых на промежуточной частоте, с частотой дискретизации равной учетверенному значению промежуточной частоты.

Приводится математическое обоснование того, что таким способом можно определить импульсную характеристику канала распространения сигнала и его передаточную функцию. Приведены результаты аналитического моделирования работы ЛЧМ-

ионозонда, работающего по предложенному способу демодуляции. Рассматривается влияние помех различного характера на результаты измерений.

Разработан комплекс программ, обеспечивающих прием и обработку ЛЧМ-сигналов.

С поставленной задачей (Ф.И.О.) справился полностью. Показал умение применять полученные знания для решения сложных практических задач.

Из критических замечаний следует отметить:

1. Не соответствует научному стилю фраза «что дает дармовое увеличение соотношения сигнал/шум в два раза», с. 6. Даром ничего не дается, надо было бы объяснить причину увеличения.

2. Нечетко оформлен список литературы. Где опубликованы работы 2, 9?

В общем, дипломная работа (Ф.И.О.) по структуре, содержанию и полученным результатам соответствует требованиям, предъявляемым к дипломным работам, выполнена на высоком профессиональном уровне и заслуживает оценки ОТЛИЧНО.

Рецензент

канд. физ.-мат. наук, доцент каф. электроники и телекоммуникационных систем ФТИ при ИрГТУ (подпись) (Ф. И. О.)

(дата)

Подпись (Ф. И. О.) заверяю

(подпись) (Ф. И. О.)

(печать)



З а к р ы т о е А к ц и о н е р н о е О б щ е с т в о

*А к т е х - Б а й к а л*

665420, РФ, Иркутская область, г. Свирск, Промучасток, 7  
р. счет 40702810418190100313 БИК 042520607  
в Байкальском банке СБ РФ Черемховское ОСБ № 2423  
к. счет 3010181090000000607 ИНН 3820005731  
ОКПО 46707808 ОКОНХ 14175, 71500, 71200, 71100,  
84100, 72200, 51500



Тел.: (8-3952) 55-04-30  
E-mail: a1b@akt.ехl-и

(дата)

### **АКТ внедрения**

Внедрение разработки «Организация IP-Телефония» отраженной в дипломной работе студента 5-го курса Иркутского государственного университета (Фамилия, Имя, Отчество полностью) получило широкое применение на предприятиях нашей компании, таких как ЗАО «Эколидер», ООО «Машиностроитель».

Предприятия нашей компании имеют территориально распределенную структуру, поэтому использование IP-телефонии, зарекомендовало себя, как законченное, хорошо проработанное конвергентное решение, позволяющее оперативно решать различные задачи, получать и обрабатывать необходимую информацию, что является обязательным условием успешного бизнеса.

Директор ЗАО «Актех-Байкал» (Ф.И.О.) подпись

печать

**Российская Федерация, 103375, г. Москва,  
Тверская ул., дом 7, подъезд 7  
ООО «Эквант»**

Представительство в г. Иркутске  
Российская Федерация, 664000, г. Иркутск,  
бул. Гагарина, 38  
Тел.: (7-3952) 255-000,255-255  
Факс: (7-3952) 255-007

---

(дата)

**Рекомендация к внедрению.**

Дипломный проект (Фамилия, Имя, Отчество полностью) рекомендую к рассмотрению и использованию в Иркутском МРЦ ООО «Эквант», в качестве основного материала по строительству сети тактовой синхронизации в г. Иркутске.

Технический директор Иркутского МРЦ ООО «Эквант»  
(Ф. И. О.) подпись

печать