

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники

Кафедра электронных приборов

## **СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КВАНТОВЫХ, ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ И АКУСТООПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ**

Методические указания к самостоятельной работе  
для студентов направления «Электроника и микроэлектроника»  
(специальность 210105 – Электронные приборы и устройства)

2012

**Квасница Мирон Степанович**  
**Орликов Леонид Николаевич**

Статистические модели квантовых, оптоэлектронных и акустооптических приборов: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направления «Электроника и микроэлектроника» (специальность 210105 – Электронные приборы и устройства) / М.С. Квасница, Л.Н. Орликов. Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2012. – 17 с.

Данные методические указания ставят своей целью оказать помощь студентам в изучении новейших методов информационного анализа приборов квантовой и оптической электроники. Это требует овладения навыками самостоятельной работы с учебной и периодической литературой, с описаниями патентов и авторских свидетельств, умения самостоятельно излагать свои мысли и знания в процессе изучения дисциплины.

Методические указания содержат перечень важнейших изучаемых тем учебного курса, для проверки знаний приведены вопросы для самопроверки.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по специальности 210105.65 – Электронные приборы и устройства по дисциплине «Статистические модели квантовых, оптоэлектронных и акустооптических приборов».

© Квасница Мирон Степанович, 2012

© Орликов Леонид Николаевич, 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ  
Зав.кафедрой ЭП  
\_\_\_\_\_ С.М. Шандаров  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2011 г.

## **СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КВАНТОВЫХ, ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ И АКУСТООПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ**

Методические указания к самостоятельной работе  
для студентов направления «Электроника и микроэлектроника»  
(специальность 210105 – Электронные приборы и устройства)

Разработчик  
доц. каф. ЭП  
\_\_\_\_\_ М.С. Квасница  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г

профессор каф.ЭП  
\_\_\_\_\_ Л.Н. Орликов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г

## Содержание

Введение.....	5
Раздел 1 Вероятностные модели информационных систем, квантовых и оптоэлектронных приборов.....	5
1.1 Содержание раздела.....	5
1.2 Методические указания по изучению раздела.....	5
1.3 Вопросы для самопроверки .....	5
Раздел 2 Представление шумов в электронных системах и методы их описания.....	6
2.1 Содержание раздела.....	6
2.2 Методические указания по изучению раздела.....	6
2.3 Вопросы для самопроверки .....	6
Раздел 3 Преобразование случайных сигналов.....	7
3.1 Содержание раздела.....	7
3.2 Методические указания по изучению раздела.....	7
3.3 Вопросы для самопроверки .....	7
Раздел 4 Введение в теорию информации и кодирования.....	8
4.1 Содержание раздела.....	8
4.2 Методические указания по изучению раздела.....	8
4.3 Вопросы для самопроверки .....	8
Раздел 5 Синтез информационных систем. Информационные модели квантовых и оптоэлектронных приборов .....	8
5.1 Содержание раздела.....	8
5.2 Методические указания по изучению раздела.....	9
5.3 Вопросы для самопроверки .....	9
Раздел 6 Особенности электронных систем передачи и отображения информации. Базовые модели квантовых и оптоэлектронных приборов.....	9
6.1 Содержание раздела.....	9
6.2 Методические указания по изучению раздела.....	9
6.3 Вопросы для самопроверки .....	10
7 Практические занятия.....	10
8 Индивидуальное задание.....	10
9 Заключение .....	15
Рекомендуемая литература .....	16

## **Введение**

*Целью самостоятельной работы* является систематизация, расширение и закрепление теоретических знаний студентов и их применение при решении конкретных задач; развитие инженерных навыков разработки и конструирования электронных приборов с применением ЭВМ, обучение студентов различным методам исследований и математическому анализу полученных результатов, а также развитие навыков самостоятельной творческой работы, что способствует успешному решению конкретных производственных задач и развитию творческой инициативы.

Данные методические указания ставят своей целью оказать помощь студентам в изучении новейших методов информационного анализа приборов квантовой и оптической электроники. Это требует овладения навыками самостоятельной работы с учебной и периодической литературой, с описаниями патентов и авторских свидетельств, умения самостоятельно излагать свои мысли и знания в процессе изучения дисциплины.

Методические указания содержат перечень важнейших изучаемых тем учебного курса, для проверки знаний приведены вопросы для самопроверки.

## **Раздел 1 Вероятностные модели информационных систем, квантовых и оптоэлектронных приборов**

### **1.1 Содержание раздела**

Содержание дисциплины, ее особенности и задачи. Вероятностные модели информационных систем, квантовых и оптоэлектронных приборов как метод представления основных особенностей данных систем. Математическая статистика как метод обработки экспериментальных данных. Построение доверительных интервалов

### **1.2 Методические указания по изучению раздела**

В данной теме следует обратить внимание на математическую статистику в описании работы, приборов и при обработке экспериментальных данных. Полезно изучить материал по построению погрешностей и доверительных интервалов.

### **1.3 Вопросы для самопроверки**

1 Поясните понятие статистического распределения показаний приборов

2 В чем особенности вероятностного подхода к анализу результатов измерений?

- 3 Как отличить истинный сигнал от сигнала помехи?
- 4 Приведите пример модели Эберса- Мола для транзистора
- 5 Какими переменными характеризуется модель схемы включения прибора?
- 6 Приведите пример детерминированной системы отсчета параметров
- 7 Приведите пример стохастической системы отсчета параметров
- 8 Методы описания стохастических систем показаний электронных приборов
- 9 Понятие флюктуации сигнала в сигнальных цепях
- 10 Какие модели информационных систем Вы знаете?

## **Раздел 2 Представление шумов в электронных системах и методы их описания**

### **2.1 Содержание раздела**

Вероятностный характер физических процессов в квантовых и информационных системах и методы их описания. Понятие линейности квантовой системы. Пуассоновский процесс элементарных событий как базовая модель рассматриваемого класса приборов; связь параметров этого процесса с параметрами квантовой системы. Анализ сигналов. Квантовый, тепловой и дробный шумы как фундаментальные в рассматриваемом классе приборов, методы их описания и числовые характеристики.

### **2.2 Методические указания по изучению раздела**

В данном разделе следует обратить внимание на вероятностный характер сигналов в квантовых и информационных системах и методы их описания. Следует обратить внимание на методы анализа отношения сигнал/шум, на характеристическую функцию сигнала, на построение информационной модели прибора.

### **2.3 Вопросы для самопроверки**

- 1 Приведите пример функциональной и детерминированной систем отсчета параметров
- 2 Поясните физический принцип возникновения квантового, теплового и дробного шумов в работе электронных приборов
- 3 Раскройте понятие плотности распределения случайной величины
- 4 Что такое характеристическая функция сигнала?
- 5 Понятие средне арифметического и среднеквадратичного случайной величины.
- 6 Понятие дисперсии случайной величины
- 7 Свойства операции осреднения величины
- 8 Мера коррелированности случайной величины

9 Как записывается информационная модель акустооптического прибора с постоянными параметрами.

10 Как записывается информационная модель квантового прибора с переменными параметрами.

### **Раздел 3 Преобразование случайных сигналов**

#### **3.1 Содержание раздела**

Линейные инерционные преобразования случайных сигналов. Определение числовых характеристик выходных сигналов. Определение характеристического функционального выходного процесса. Энергетический спектр выходного сигнала. Информационные системы с постоянными сигналами. Параметры случайных величин, оценивание информационных сигналов Информационные системы с переменными во времени сигналами. Оценка текущих значений случайных процессов (Винеровская фильтрация). Статистическое моделирование квантовых переходов

Нелинейные преобразования сигналов. Асимптотические и численные методы расчета нелинейных систем. Примеры расчета линейных и нелинейных систем

#### **3.2 Методические указания по изучению раздела**

В данном разделе обращается внимание на определение числовых характеристик входных сигналов, а также на определение характеристического функционального выходного процесса и энергетический спектр выходного сигнала

#### **3.3 Вопросы для самопроверки**

1 Поясните преобразование сигнала в квантовом усилителе со случайным коэффициентом усиления

2 Запишите линейное уравнение работы квантового усилителя

3 Как описывается линейный усилитель при случайном изменении сигнала

4 Как учитывается число параметров, влияющих на усиление сигнала

5 Пуассоновское распределение входных параметров сигнала

6 Понятие производящей функции

7 Какие величины учитываются при оценке энергетического спектра выходного сигнала

8 Понятие нелинейного преобразования сигнала

9 Весовые коэффициенты соответствия

10 Как влияет шаг квантования на погрешность измерений

## **Раздел 4 Введение в теорию информации и кодирования**

### **4.1 Содержание раздела**

Собственная информация; условная информация; энтропия; взаимная информация. Каналы передачи информации (дискретные, непрерывные) и их характеристики. Кодирование, теорема Шеннона, классификация кодов. Равномерные и неравномерные коды. Оптимальное кодирование, кодирование в условиях помех. Эффективность систем передачи информации и их предельные по Шеннону возможности.

### **4.2 Методические указания по изучению раздела**

В данном разделе следует обратить внимание на равномерные и неравномерные коды, на оптимальное кодирование, кодирование в условиях помех, на эффективность систем передачи информации и их предельные возможности.

### **4.3 Вопросы для самопроверки**

- 1 Цифровая оценка неизвестного параметра
- 2 Погрешность цифровой оценки с учетом распределения Лапласа
- 3 Гауссовское распределение случайной величины
- 4 Единица информации «нат», «бит»
- 5 Теорема Шеннона
- 6 Понятие энтропии при передаче информации
- 7 Равномерные и неравномерные коды
- 8 Оптимальное кодирование
- 9 Кодирование в условиях помех

## **Раздел 5 Синтез информационных систем. Информационные модели квантовых и оптоэлектронных приборов**

### **5.1 Содержание раздела**

Критерии качества функционирования информационной системы (критерий максимального правдоподобия, отношения сигнал/шум, среднеквадратической погрешности и др.), основные требования к критерию оптимальности системы. Оптимальный статистический синтез информационных систем как оценка параметров вероятностного распределения и проверка статистических гипотез. Фильтрация сигналов при конечном и бесконечном интервалах наблюдения; физически нереализуемая фильтрация; Винеровская фильтрация и уравнение Винера-Хопфа; среднеквадратическая ошибка измерения в замкнутой форме. Примеры синтеза систем и приборов квантовой электроники. Основные понятия теории информации. Понятие оптического канала связи и его



параметры. Волоконно-оптические линии связи, их модельные представления и характеристики

## **5.2 Методические указания по изучению раздела**

В данном разделе следует обратить внимание на информационные модели квантовых и оптоэлектронных приборов.

## **5.3 Вопросы для самопроверки**

- 1 Контрольные вопросы по теме
- 2 Синтез модели усилителя
- 3 Модель цифровой измерительной системы
- 4 Модель многоканальной системы
- 5 Синтез квантовой системы
- 6 Моделирование случайно проявляющегося сигнала
- 7 Моделирование обратной связи
- 8 Модель Винеровской фильтрации случайных сигналов.
- 9 Модель восстановления сигнала
- 10 Модели систем с неравномерными преобразователями
- 11 Модели систем с «мертвым» временем

## **Раздел 6 Особенности электронных систем передачи и отображения информации. Базовые модели квантовых и оптоэлектронных приборов**

### **6.1 Содержание раздела**

Дискретизация во времени и квантование по уровню электрических сигналов в условиях помех; модуляция и кодирование как средство повышения помехоустойчивости систем. Непрерывные и импульсивные системы передачи и отображения информации. Проектирование информационных систем и базовых моделей электронных приборов. Методы описания и модели поглощающих и инверсных сред; Моделирование процессов в оптическом резонаторе. Статистическое моделирование добротности оптических систем и характеристик излучения.

Модели квантовых генераторов оптического и микроволнового диапазонов; модели светодиодов. Модели фотоприемников (фоторезисторов и фотодиодов) и исследование на их основе инерционных свойств

### **6.2 Методические указания по изучению раздела**

В данном разделе следует обратить внимание отдельные элементы схемы как источники информации при моделировании квантовых и

оптоэлектронных приборов

### **6.3 Вопросы для самопроверки**

- 1 Модель фоторезистора
- 2 Модель переноса излучения через оптоволокно
- 3 Модель квантового генератора
- 4 Моделирование воздействия случайного сигнала на систему
- 5 Модель переноса оптического излучения через вещество
- 6 Моделирование и оценка осциллограмм
- 7 Моделирование потока сигналов в Пуассоновском приближении
- 8 Моделирование устойчивости показаний приборов
- 9 Модели аппроксимации показаний приборов
- 10 Погрешности приборов при измерениях квантованных сигналов

### **7 Практические занятия**

На практических занятиях студенты приобретают навык моделирования и прогнозирования работы приборов квантовой электроники, систем передачи информации. Студентам предлагается оценка граничных условий применения соотношений, умение составления программ для расчетов, умение сравнивать полученные результаты с аналогами и достижениями в данной области.

Перед практическими занятиями студент должен повторить лекционный материал, ответив на вопросы для самоконтроля по необходимой теме, а также просмотреть рекомендации по решению типичных задач этой темы. Занятия проводятся по укрупненной схеме и предполагают элементы самоанализа работы электронного прибора.

- 1 Математическая статистика как метод обработки экспериментальных данных.
- 2 Построение доверительных интервалов
- 3 Анализ сигналов
- 4 Статистическое моделирование квантовых переходов
- 5 Моделирование процессов в оптическом резонаторе
- 6 Статистическое моделирование добротности оптических систем и характеристик излучения
- 7 Семинар. Защита индивидуальных заданий

### **8 Индивидуальное задание**

Индивидуальное задание ставит целью:

- 1) закрепление и углубление теоретических знаний, полученных студентами;
- 2) приобретение опыта работы с научно-технической, справочной патентной литературой, ГОСТами, технологической документацией;

3) практическое применение знаний, полученных при изучении общеинженерных и профилирующих дисциплин, использование вычислительной техники, инженерных методов расчета;

4) выработка и закрепление навыков грамотного изложения результатов работы и их защитой перед аудиторией.

### **Тематика индивидуальных заданий**

Задание обобщает теоретический материал и предполагает творчество в анализе моделей передачи и отображения информации.

Тематика задания формируется из банка запросов различных организаций на решение конкретных задач. Студент выбирает тему самостоятельно. При выборе темы учитывается участие студента в научно-исследовательских работах кафедры, в работе студенческого конструкторского бюро.

Перед выполнением задания целесообразно просмотреть отдельные подобные решения и методики расчета, именно на этом первоначальном этапе происходит лексический анализ задачи и уточнение того, что конкретно нужно отразить в задании. Как показывает опыт, именно на этом этапе происходит основная потеря времени студентом.

Задание построено по многоуровневой схеме, и предполагает его выполнение, исходя из различного стартового уровня знаний или интереса студента к определенной области знаний. Приоритетными тематиками являются математизация электрофизических процессов в квантовых, оптоэлектронных и акустоэлектронных приборах.

### **Возможными темами могут быть следующие задания**

1. Моделирование работы транзистора
2. Моделирование работы фотоэлемента
3. Моделирование работы осциллографа
4. моделирование работы фильтра на поверхностных акустических волнах
5. Минимизация шумов при усилении сигналов
6. Кодирование сигналов в локальных сетях
7. Синтез информационной системы обработки экспериментальных данных.
8. Анализ работы оптического волокна
9. Статистический анализ работы волновода
10. Система обработки импульсных сигналов
11. Анализ экспериментальных погрешностей
12. Анализ шумов при измерении слабых сигналов

### **Методические указания по выполнению индивидуального задания**

Отчет состоит из следующих частей:

- реферат;

- обзор литературы;
- моделирование схемы включения прибора, математическое моделирование, программный анализ работы прибора в крайних граничных условиях, графические зависимости изменения параметров;
- заключение;
- список использованных источников (не позднее 5 лет);
- приложение;
- вариант тезисов на студенческую конференцию.

Рекомендации по выполнению индивидуального задания:

- выполнение задания следует начинать с ознакомления и подбора литературы;
- необходимо нарисовать эскиз аналога прибора из литературного обзора;
- следует проанализировать каждый элемент схемы или прибора
- нужно постараться математически описать изменение параметров элемента при изменении уровня сигнала, скважности, или частоты;
- следует избегать применения сканерных устройств, так как это лишает студента возможности редактирования и уменьшает уровень компьютерной графики, реализуемый студентом.

По истечении двух недель с момента получения задания, студент должен представить руководителю обзорный материал с эскизами уже имеющихся аналогичных схем, а также уточнение темы задания, которое является результатом анализа задания, обзора литературы и сопровождается математическим описанием работы эскизами отдельных узлов предполагаемого прибора.

### **Проверка и защита задания**

Студент сдает преподавателю законченное задание на предварительную проверку. В присутствии студента проверяется наличие разделов задания. Обязательным является анализ достижений науки и техники, расчеты на ЭВМ, база данных сертифицированных приборов.

По реферату оценивается метод решения задачи и параметры приборов. Проверяется наличие ссылок на литературу, уровень использования ЭВМ, уровень математического аппарата, соблюдение ГОСТ при оформлении схем и рисунков. Проверяется наличие письменного доклада презентации с докладом и оригинальным рисунком в форматах bmp, corel, двух оппонентов со стороны студентов. При отсутствии персонального компьютера студент сдает материалы в ручном варианте, однако, титульный лист и программа для расчета должны быть распечатаны. Через два дня студент получает предварительный отзыв на задание о правильности расчетов и ошибках. Защита проводится в виде конференции. Число конференций равно числу групп в потоке. Группы для защиты формируются независимо от списочного состава.

Защита включает доклад студента (5-7 минут) и ответы на вопросы (5 мин). В докладе сообщается тема задания, техническое задание, краткое содержание работы. Необходимо обосновать актуальность темы, метод выбранных инженерных решений. Особое внимание в докладе следует уделить самостоятельным творческим разработкам, их технико-экономическому обоснованию. По окончании доклада студенту задаются вопросы, позволяющие оценить, насколько глубоко проработан материал.

### **Критерии оценок за индивидуальное задание**

Оценка отражает учебную (3 балла), творческую (4 балла) и исследовательскую (5 баллов) часть.

Для оценки хорошо студент должен отметить в докладе конкретную творческую часть задания, предполагаемую для публикации на студенческой конференции.

Для оценки отлично студент должен отметить творческую и исследовательскую часть, иметь наброски доклада для публикации на студенческой конференции и рекомендацию для участия в конкурсе внутри вузовских студенческих работ.

При несогласии студента с оценкой назначается комиссия.

### **Требования к отчету по индивидуальной работе**

Отчет выполняется шрифтом Times New Roman 10x1 в формате A5 и должна в краткой и четкой форме раскрывать творческий замысел работы, содержать описание методов исследования и (или) расчетов, описание проведенных экспериментов, анализ результатов и выводы по ним. Как правило, текст должен сопровождаться иллюстрациями (графиками, эскизами, диаграммами, схемами и т.п.). Объем записки должен быть около 20-25 страниц и переплетен в виде книжки.

Реферат должен содержать:

- сведения о количестве листов (страниц), количестве иллюстраций, таблиц, использованных источников, приложений, листов графического материала;

- перечень ключевых слов в именительном падеже (3-5);

- текст реферата.

Текст реферата должен состоять из двух- трех предложений и отражать суть работы, режимы получения результата, а также самооценку своей работы студентом по уровню ЭВМ, уровню математики, наличию публикаций.

### **Задание**

1. В каждой работе должна быть разработана тема в соответствии с заданием, утвержденным заведующим кафедрой.

Задание на задание оформляется в виде бланка, содержащего название темы, наименование изделия для анализа.

## **1 Введение**

В разделе "Введение" суть проблемы, её научное, техническое значение и экономическую целесообразность для народного хозяйства. Описывается, как решается данный вопрос на основании литературных источников. Дается критика недостатков. Следует отметить, что критикуются только те недостатки, которые устраняются в данном задании. Рассказывается как можно более качественно и быстро решить проблему. Объем введения составляет 2-3 страницы.

## **2 Литературный обзор**

В этом разделе дается краткая характеристика литературных источников, в которых описаны схемы устройств для нанесения покрытий или обработки материалов. Число описанных аналогов должно быть больше 20. Предпочтение следует отдавать периодической литературе

## **3 Статистическое моделирование прибора**

Целесообразно приводить рисунок схемы устройств и принцип их работы. После этого следует остановиться на предлагаемой схеме устройства, принципе его работы. Следует обратить внимание на научную новизну, заключающуюся в применении новых явлений и эффектов для улучшения получаемых параметров изделий и т.д.

В ходе выполнения задания выполняется математическое описание каждого элемента схемы.

### **Компьютерная часть задания**

Расчет на ЭВМ, помимо обучения студентов компьютерной грамоте, дает возможность на инженерном уровне оценить границы применимости математической модели процесса, логичность применения формул, точность расчетов, динамику процесса. Рекомендуется провести оптимизацию протекания процесса, просчет ряда вариантов. При этом в пояснительной записке отражается порядок расчета, язык программирования. Разработанная программа приводится в пояснительной записке.

Наиболее целесообразно рассчитывать систему целиком по разветвленной схеме с условными и безусловными переходами. При этом варьируются условия прохождения сигнала.

## **Заключение**

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам выполненной работы, оценку полноты решения поставленных задач, рекомендации по конкретному использованию результатов работы, её экономическую, научную, социальную значимость. Возможные применения проделанной работы. Перспективы развития работы. В

заклучении следует отметить преимущества предлагаемых приборов перед известными, виды на возможные применения, рискованные и сомнительные предположения. Объем заключения должен составлять не менее 0,5 стр.

### **Список использованных источников**

Заголовок "Список использованных источников" записывают симметрично тексту с прописной буквы.

В список включают все источники, на которые имеются ссылки в пояснительной записке. Источники в списке нумеруют в порядке их упоминания в тексте арабскими цифрами без точки.

Сведения об источниках приводят в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1. По требованиям ГОСТ устанавливается следующий порядок ссылок.

Ссылка на журнал: Фамилия, И, О. Название статьи, название журнала, год, номер, том, страницы.

### **Приложения**

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. Например: "Приложение Б".

Каждое приложение следует начинать с нового листа (страницы) с указанием наверху посередине страницы слова "Приложение" и его обозначения, а под ним в скобках - "обязательное" (если его выполнения предусмотрено заданием) или "справочное".

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

## **9 Заключение**

В итоге изучения тем студент должен, как минимум знать следующие вопросы:

1. Статистические модели приборов
2. Модели работы усилителей
3. Анализ отклонений и доверительных интервалов
4. Типы шумов в электронных приборах и методы их математического анализа.
5. Гаусовское, Пуассоновское, Лапласовское распределение сигналов и шумов
6. Предельные возможности подавления шумов
7. Критерии максимального правдоподобия прохождения сигналов
8. Граничные условия фильтрации сигналов
9. Классификация кодов
10. Линейные и нелинейные преобразования сигналов
11. Числовые характеристики приборов

12. Основные понятия теории информации и кодирования
13. Шумовые схемы полупроводниковых приборов
14. Кодирование – как средство повышения помехоустойчивости.
15. Оценка погрешностей сигналов в условиях малого и большого уровня помех.

Студент должен уметь:

- находить математическую модель описания фрагментов схемы;
- уметь решать линейные уравнения с применением ЭВМ;
- уметь проводить кодирование сигналов.

Студент должен владеть:

- методами поиска патентной информации;
- методами определения доверительных интервалов;
- пакетом прикладных расчетных программ типа «Matcad».

### **Рекомендуемая литература**

1. Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику. - М.: Высшая школа, 1991. - 192 с.
2. Информационная оптика / Под ред. Н.Н. Евтихеева. Учебное пособие – М., Издательство МЭИ, 2000. - 516 с.
3. Квасница М.С. Квантовые и оптоэлектронные приборы. – Томск: ТУСУР, Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2002.– 79 с.
4. Малышев В. А. Основы квантовой электроники и лазерной техники: Учебное пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 2005. - 542 с.
5. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. Учебник для ВУЗов.- М.: Высшая школа, 2001. – 574 с.
6. Пуговкин А.В., Серебренников Л.Я., Шандаров С.М. Введение в оптическую обработку информации. - Томск: Изд-во ТГУ, 1981. - 60 с.
7. Семенов А.С., Смирнов В.Л., Шмалько А.В. Интегральная оптика для систем передачи и обработки информации. - М.: Радио и связь, 1990. - 225 с.
8. Шандаров С.М., Башкиров А.И. Введение в квантовую и оптическую электронику. Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2007.



Учебное пособие

Квасница М.С., Орликов Л.Н.

Статистические модели квантовых, оптоэлектронных  
и акустооптических приборов

Методические указания по самостоятельной работе

Усл. печ. л.                      Препринт  
Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники  
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40