

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УТВЕРЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор МГТУ ГА по УР  
\_\_\_\_\_ Криницин В.В.  
\_\_\_\_\_ 2005 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«КВАНТОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

Шифр	ОПД.Ф.11.
Специальность	- 075600.
Факультет	- АСК
Кафедра	- общей радиотехники и защиты информации
Курс	- III, форма обучения дневная, семестр V

Общий объем учебных часов на дисциплину — 100 час.

Лекции	-26 (час)
Практические занятия	- не предусмотрены
Лабораторные работы	- 24 (час)
Самостоятельная работа	- 50 (час)
Курсовой проект	- не предусмотрен
Курсовая работа	- не предусмотрена
Домашнее задание	- не предусмотрено
Зачет	- У семестр
Экзамен	- не предусмотрен

Москва — 2005 г.

Рабочая программа составлена на основании примерной учебной программы дисциплины и в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования (1 гос. Регистрации 285 инф./сп.), определяющим требования к минимуму и уровню подготовки выпускника по специальности 090106 — информационная безопасность телекоммуникационных систем.

Рабочую программу составил  
Кузяков Б.А., к.ф. – м.н. \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании  
кафедры ОРТ ЗИ.  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2005 г.  
Зав. кафедрой Емельянов В.Е., д.т.н., профессор \_\_\_\_\_

Председатель методического совета по спец. 090106  
Емельянов В.Е., д.т.н., профессор \_\_\_\_\_  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2005 г.

Рабочая программа согласована с учебно-методическим управлением (УМУ)  
Нач. УМУ, доц., к.т.н. Логачев В.П. \_\_\_\_\_  
2005 г.

## **1. Цель и задачи изучения дисциплины**

### **1.1. Цель преподавания дисциплины**

Дисциплина «Квантовая и оптическая электроника» имеет целью подготовку студентов по специальности «Информационная безопасность телекоммуникационных систем в области основ построения аппаратуры, используемой в системах телекоммуникации и обработки информации. При этом предусматривается обучение студентов физическим принципам работы устройств квантовой и оптической электроники и методам анализа этих устройств в телекоммуникационных системах. Дисциплина помогает заложить теоретические основы для понимания физических принципов работы устройств оптической и квантовой электроники. Дисциплина является базовой для изучения дисциплин по системам передачи информации, по техническим средствам и методам защиты информации по аппаратным средствам обеспечения информационной безопасности. Знания и практические навыки, полученные при изучении курса «Квантовая и оптическая электроника» используются обучаемыми при изучении дисциплин специализации и при разработке отдельных вопросов курсовых работ, дипломных и курсовых проектов.

### **1.2. Задачи изучения дисциплины (необходимый комплекс знаний и умений) :**

В результате изучения дисциплины студенты (слушатели) должны

#### **1.2.1. Иметь представление:**

- об основных физических принципах работы устройств квантовой и оптической электроники;
- о технических ресурсах квантовой и оптической электроники, имеющих важное значение для развития современных информационных систем.

#### **1.2.2. Знать:**

- физические принципы работы элементов и устройств оптической и квантовой электроники;
- основы теоретического анализа базовых элементов и устройств квантовой и оптической электроники, применяемых в современных информационных системах;
- возможности оптических методов для решения задач передачи и обработки информации.

#### **1.2.3. Уметь :**

- использовать базовые элементы квантовой и оптической электроники для решения поставленных задач;
- применять практические навыки анализа процессов в системах передачи и обработки информации, использующих средства и методы квантовой и оптической электроники.
- пользоваться современной научно-технической информацией и документацией по квантовой и оптической электронике;
- проводить лабораторные работы с лазерами, фотоприемниками и другими оптоэлектронными устройствами.

## **2. Содержание дисциплины**

### **2.1. Разделы дисциплины и виды занятий**

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции, час	ЛР, час
1	Электромагнитные волны	4	-
2	Лазеры и квантовые усилители	4	8
3	Детектирование световых сигналов	8	8
4	Устройства и системы оптической связи и обработки информации	8	8
5	Новые исследования и разработки в области квантовой и оптической электроники	2	-

## 2.2. Наименование разделов и тем.

### *Раздел 1. Электромагнитные волны- 4 час.*

Лк. 1.1. Электромагнитные волны в веществе.

Распространение лазерных пучков. Монохроматические плоские волны. Формализм комплексных функций при описании электромагнитного поля. Ограничение световых пучков: дифракция; гауссовы пучки. Распространение света в анизотропных средах.

Лк. 1.2. Оптические волноводы.

Лучевой и волновой анализ оптических волноводов. Планарный оптический волновод: поля непоглощающих волноводов. TE и TM — моды, постоянная распространения, волноводные параметры, соотношения ортогональности мод. Поток мощности, переносимой в оптическом волноводе. Волоконные световоды. Моды волоконных световодов. Гауссово приближение при анализе полей одномодовых световодов.. Уширение импульсов при распространении в оптическом волноводе: дисперсия материала и дисперсия профиля.. Потери на поглощение и излучение в волноводах. Возбуждение оптических волноводов. Оптические соединения. Волоконно—оптический кабель, его конструкция и технические характеристики.  
СРС – 4 ч.

### *Контрольные вопросы по разделу 1.*

1. Электромагнитные волны в веществе.
2. Формализм комплексных функций при описании электромагнитного поля.
3. Дифракционное ограничение световых гауссовых пучков.
4. Распространение света в анизотропных средах.
5. Лучевой и волновой анализ оптических волноводов.
6. Поля непоглощающих волноводов. TE и TM — моды, постоянная распространения, волноводные параметры, соотношения ортогональности мод.
7. Поток мощности, переносимой в оптическом волноводе.
8. Волоконные световоды. Моды волоконных световодов.
9. Гауссово приближение при анализе полей одномодовых световодов..
10. Уширение импульсов при распространении в оптическом волноводе: дисперсия материала и дисперсия профиля.
11. Потери на поглощение, излучение и в оптических соединениях волноводов.
12. Волоконный оптический кабель, его конструкция и технические характеристики.

### *Раздел. 2. Лазеры и квантовые усилители - 4 час.*

Лк. 2.1. Взаимодействие излучения с веществом.

Поглощение и испускание света в веществе. Спонтанное и вынужденное излучение; вероятности переходов; плотность состояний; усиление электромагнитных колебаний в среде с инверсной населенностью.

Лк. 2.2. Лазеры.

Оптические квантовые усилители. Оптические резонаторы. Моды резонатора. Лазеры разных типов. Моды генерации, квантовая эффективность диаграмма направленности излучения. Полупроводниковые лазеры и светоизлучающие диоды: их спектральные, мощностные и модуляционные характеристики. Шумы излучения лазеров. Ширина спектральной линии генерации. Нелинейные явления. Параметрическая генерация. Преобразование частоты. Солитоны в волоконных световодах.

Лк. 2.3. Модуляция лазерного излучения

Электрооптическая и магнитооптическая модуляция. Взаимодействие света с акустическими волнами: дифракция Брэгга и Рамана-Ната. Электрооптические и акустооптические модуляторы и дефлекторы. Оптические изоляторы.  
СРС – 6 час.

### ***Контрольные вопросы по разделу 2.***

13. Основные типы лазеров и усилителей.
14. Взаимодействие излучения с веществом.
15. Спонтанное и вынужденное излучение.
16. Усиление электромагнитных колебаний в среде с инверсной населенностью.
17. Оптические резонаторы, моды резонатора.
18. Квантовая эффективность.
19. Диаграмма направленности излучения.
20. Полупроводниковые лазеры: их спектральные, мощностные и модуляционные характеристики.
21. Характеристики светоизлучающих диодов.
22. Шумы излучения лазеров.
23. Ширина спектральной линии генерации.
24. Параметрическая генерация.
25. Преобразование частоты.
26. Солитоны в волоконных световодах.
27. Электрооптическая и магнитооптическая модуляция.
28. Взаимодействие света с акустическими волнами: дифракция Брэгга и Рамана-Ната.
29. Оптические изоляторы.

Раздел 3. Детектирование световых сигналов - 8 час.

Лк. 3.1. Методы регистрации оптического излучения

Прямое детектирование и гетеродинирование. Классификация фотоприёмников. Фотоприемники на основе внутреннего и внешнего фотоэффекта. Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители.

Лк. 3.2. Полупроводниковые фотоприемники

Фоторезисторы и фотодиоды (лавинные фотодиоды и pin – диоды): принцип действия и устройство. Схемы включения. Фотогальванический и фотодиодный режим работы. Вольт-амперная и спектральная характеристики; быстродействие и чувствительность фотодиодов. Фототранзисторы. Фотоприемные ПЭС - матрицы.

Лк. 3.2. Шумы при приеме оптических сигналов

Шумы приемников излучения. Порог чувствительности, обнаружительная способность. Квантовый предел чувствительности при приеме оптической сигналов.  
СРС – 8 час.

***Контрольные вопросы по разделу 3.***

30. Методы регистрации оптического излучения.
31. Прямое детектирование и гетеродинирование.
32. Классификация фотоприёмников.
33. Фотоэлементы.
34. Фотоэлектронные умножители.
35. Полупроводниковые фотоприемники.
36. Фотодиоды (лавинные фотодиоды и p-i-n – диоды): принцип действия и устройство.
37. Схемы включения фотодиодов.
38. Вольт-амперная и спектральная характеристики фотодиодов.
39. Быстродействие и чувствительность фотодиодов.
40. Фототранзисторы.
41. Фотоприемные матрицы.
42. Шумы при приеме оптических сигналов.
43. Порог чувствительности и обнаружительная способность приемников излучения.
44. Квантовый предел чувствительности при приеме оптических сигналов.

Раздел 4. Устройства и системы оптической связи и обработки информации – 8 час.

**Лк. 4.1. Волоконно—оптические линии связи (ВОЛС)**

Преимущества и недостатки ВОЛС. Пассивные и активные компоненты оптических линий связи: разъемы, ответвители, мультиплексоры и демultipлексоры, коммутаторы, приемные и передающие модули, ретрансляторы, квантовые усилители.

**Лк. 4.2. Передача и прием сигналов в ВОЛС**

Аналоговые и цифровые методы модуляции в ВОЛС. Информационная емкость канала связи, дальность передачи. Временное, частотное и волновое уплотнение каналов. Когерентные линии оптической связи. Сети передачи данных. Международные стандарты. Защита ВОЛС от несанкционированного доступа. Использование квантовых свойств оптического излучения для повышения защищенности телекоммуникационных систем.

**Лк. 4.3. Оптоэлектронные и оптические процессоры**

Понятие об оптических процессорах. Управляемые оптические транспаранты. Анализаторы спектра радиосигналов, корреляторы. Оптические запоминающие устройства. Понятие о нейронных оптических сетях. Интегральная оптика и интегральная оптоэлектроника. Оптоэлектронные датчики.

**Лк. 4.4. Устройства отображения информации**

Принципы работы и устройство дисплеев и индикаторов. Электроннолучевая трубка. Дисплеи на жидких кристаллах с пассивной и активной матричной адресацией. Индикаторы (газоразрядные, люминесцентные, жидкокристаллические). Электронно-оптические преобразователи.  
СРС – 8 час.

***Контрольные вопросы по разделу 4.***

45. Виды устройств и систем оптической связи и обработки информации.
46. Основные параметры волоконно—оптических линий связи (ВОЛС).

47. Преимущества и недостатки ВОЛС.
48. Пассивные и активные компоненты оптических линий связи.
49. Особенности оптических мультиплексоров и демультимплексоров.
50. Приемные и передающие модули, ретрансляторы.
51. Аналоговые и цифровые методы модуляции в ВОЛС.
52. Информационная емкость канала связи и дальность передачи.
53. Временное, частотное и волновое уплотнение каналов.
54. Когерентные линии оптической связи.
55. Международные стандарты на сети передачи данных.
56. Защита ВОЛС от несанкционированного доступа.
57. Использование квантовых свойств оптического излучения для повышения защищенности телекоммуникационных систем.
58. Виды оптоэлектронных и оптических процессоров.
59. Анализаторы спектра радиосигналов и корреляторы.
60. Оптические запоминающие устройства.
61. Понятие о нейронных оптических сетях.
62. Интегральная оптоэлектроника.
63. Виды устройств отображения информации.
64. Дисплеи на жидких кристаллах с пассивной и активной матричной адресацией.
65. Индикаторы газоразрядные, люминесцентные и жидкокристаллические.
66. Электронно-оптические преобразователи.

Раздел 5. Новые исследования и разработки в области квантовой и оптической электроники– 2 час.

Заключительные замечания. Новые исследования и разработки в области квантовой и оптической электроники.

СРС – 4 час.

#### ***Контрольные вопросы по разделу 5.***

67. Новые исследования и разработки в области квантовой и оптической электроники.

#### ***2.2. Практические занятия не предусмотрены.***

#### ***2.3. Перечень лабораторных работ (занятий) и их объём в часах :***

- |   |           |
|---|-----------|
| ЛР.1. Полупроводниковый лазер, светоизлучающий диод, измерение расходимости излучения   | - 4 часа. |
| ЛР.2. Определение потерь в разных волоконных световодах с использованием ПК   | - 4 часа  |
| ЛР.3. Исследование дисперсионных характеристик волоконных световодов с использованием ПК  | - 4 часа. |
| ЛР. 4. Изучение ПО и характеристик комплекта переносных измерительных приборов серии FLS фирмы «Телеком»                                    | - 4 часа. |
| ЛР. 5. Измерение уровня потерь в отрезках и в соединениях волоконных световодов в непрерывном режиме на FLS                                 | - 4 часа. |
| ЛР. 6. Измерение уровня потерь в отрезках и в соединениях волоконных световодов в режиме модулированных сигналов на FLS с использованием ПК | - 4 часа. |

***2.4. Тематика курсовых проектов (работ) :*** не предусмотрены учебным планом.

***2.5. Тематика (темы) домашних заданий:*** не предусмотрены учебным планом.

**2.6. Перечень деловых игр :** отсутствует.

**Зачётные вопросы по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника»**

### **3. Рекомендуемая литература**

#### **Основная:**

1. Маркузе Д. Оптические волноводы. Пер. с англ. - М.: Мир. 1974. - 576 с.
2. Ярив А. Введение в оптическую электронику. Пер. с англ. - М.: Мир. 1981. - 398 с.
3. Основы оптоэлектроники. Пер. с японского - М.: Мир, 1988. -288 с.
4. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника. - М.: Радио и связь, 1989. - 360 с.
5. Гроднев И.И. и др. Волоконно-оптические системы передачи и кабели: Справочник. - М.: Радио и связь, 1993. - 264 с.
6. Волноводная оптоэлектроника. Пер. с англ. / Под ред. Т. Тамира. - М.: Мир. 1991. -575 с.
7. Елисеев П.Г. Введение в физику инжекционных лазеров, М. 1983.
8. Волоконно—оптическая связь: Приборы, схемы и системы: Пер. с англ. / Под ред. Дж. Хауэсса и Д.В. Моргана. - М.: Радио и связь, 1982. - 272 с.
9. Квантовая электроника. Маленькая энциклопедия. Под ред. М.Е. Жаботинского. М.: «Сов. Энциклопедия». 1969. - 492 с.
10. Дедушенко К.Б. Введение в оптоэлектронику. – М.: Изд. Академии ФСБ РФ, 2002.
11. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. – М.: Высшая школа, 2001.

#### **дополнительная:**

1. Свечников Г.С. Интегральная оптика. Киев: «Наукова думка», 1988. -168 с.
2. Снайдер А. Потери энергии в оптических волокнах. - ТИИЭР. Т.60, 1972. С.132 - 133.
3. Кузяков Б.А. Волноводная концепция в лазерной технике. Сборник научных статей членов ЦДУ РАН и исследовательских организаций Москвы «Актуальные проблемы науки», М., 2005, с. 59-71.
4. Дедушенко К.Б., и др. Методы согласования устройств интегральной оптики и волоконно-оптических линий связи (обзор). - Квантовая электроника, 1983. Т.10. С. 1733-1766.
5. Техника оптической связи: Фотоприемники: Пер. с англ. / Под ред. У. Тсанга. - М.: Мир. 1988.- 526 с.
6. Фотоприемники видимого и ИК диапазонов. Пер. с англ. / Под ред. Р.Дж. Киеса. - М.: Радио и связь, 1985.- 328 с.
7. Кузяков Б.А. Волоконные оптические сенсоры в техносфере XXI века. Научно-практический межотраслевой журнал «Интеграл», № 5 (19), 2004, с. 4-6.
8. Интегральная оптика. Пер. с англ. / Под ред. У. Тсанга. - М.: Мир. 1978. - 344 с.
9. Кузяков Б.А. Альтернативные источники энергии в техногенной среде. Учебное пособие. М., МГТУ «Станкин», 2000, - 122 с., раздел «Спутниковая гелиоустановка», с. 32-59.
10. Купер А. Фарадеевские модуляторы ИК излучения на основе ЖИГ. Зарубежная радиоэлектроника, 1973. № 12. С. 39 - 52.
11. Мидвинтер Дж. Э. Волоконные световоды для передачи информации. Пер. с англ. М., 1973.

### **4. Рекомендуемые программные средства и компьютерные системы обучения и**

**контроля знаний студентов:** Lab View 7.0; Work Bench; Multisim 7.0, 8.1; ПО для комплекта переносных измерительных приборов серии FLS фирмы «Телеком»

**5. Рекомендованное разделение содержания дисциплины на блоки:**

**I блок:** разделы 1, 2.

**II блок:** разделы 3, 4, 5.

**6. Средства обеспечения освоения дисциплины.**

Современные компьютеры, с соответствующим ПО, специализированные компьютерные программы, доступ к сети Интернет.

**7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Специализированная лаборатория для проведения лабораторных работ, оснащенная стендам и для проведения оптико-физических измерений из расчета одно рабочее место на четырех человек.

**8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.**

8.1. Утвержденным учебным планом на изучение дисциплины отводятся пятый семестр. В конце семестра, в качестве итогового контроля, предусмотрен зачет. При изучении дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студентов.

8.2. При преподавании дисциплины целесообразно в каждом разделе дисциплины выделить наиболее важные моменты и акцентировать на них внимание обучаемых:

- в первом разделе следует обратить внимание на возрастающую роль оптических методов в системах передачи и обработки информации, быстрый рост производства оптоэлектронных компонентов телекоммуникационных систем и появление новых технических средств;
- во втором разделе необходимо уделить внимание квантовым процессам взаимодействия излучения с веществом, сочетанию классического подхода и методов квантовой механики при анализе процесса вынужденного излучения.
- в третьем разделе полезно показать роль шумов в оценке чувствительности фотоприемного модуля и фундаментальные ограничения чувствительности;
- в четвертом разделе следует акцентировать внимание на особенностях оптических линий связи в аспекте физических особенностей, обеспечивающих их защищенность от несанкционированного съема информации.

Программа составлена в соответствии с Государственными требованиями к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по специальности 075600 - Информационная безопасность телекоммуникационных систем

Программа подготовлена в Институте гражданской авиации.

Рецензент:

Дополнения и изменения в рабочей программе учебной дисциплины на  
200\_\_/200\_\_\_\_ учебный год.

В рабочую программу внесены следующие изменения:

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры.

Зав. Кафедрой Емельянов В.Е., д.т.н., доц. \_\_\_\_\_

Протокол № \_\_\_\_\_ от” “ \_\_\_\_\_ 2005 г.

Внесённые изменения утверждены

Нач. УМУ, доц., к.т.н. Логачев В.П. \_\_\_\_\_

## Перечень экзаменационных вопросов

1. Электромагнитные волны в веществе.
2. Формализм комплексных функций при описании электромагнитного поля.
3. Дифракционное ограничение световых гауссовых пучков.
4. Распространение света в анизотропных средах.
5. Лучевой и волновой анализ оптических волноводов.
6. Поля непоглощающих волноводов. TE и TM — моды, постоянная распространения, волноводные параметры, соотношения ортогональности мод.
7. Поток мощности, переносимой в оптическом волноводе.
8. Волоконные световоды. Моды волоконных световодов.
9. Гауссово приближение при анализе полей одномодовых световодов..
10. Уширение импульсов при распространении в оптическом волноводе: дисперсия материала и дисперсия профиля.
11. Потери на поглощение, излучение и в оптических соединениях волноводов.
12. Волоконный оптический кабель, его конструкция и технические характеристики.
13. Основные типы лазеров и усилителей.
14. Взаимодействие излучения с веществом.
15. Спонтанное и вынужденное излучение.
16. Усиление электромагнитных колебаний в среде с инверсной населенностью.
17. Оптические резонаторы, моды резонатора.
18. Квантовая эффективность.
19. Диаграмма направленности излучения.
20. Полупроводниковые лазеры: их спектральные, мощностные и модуляционные характеристики.
21. Характеристики светоизлучающих диодов.
22. Шумы излучения лазеров.
23. Ширина спектральной линии генерации.
24. Параметрическая генерация.
25. Преобразование частоты.
26. Солитоны в волоконных световодах.
27. Электрооптическая и магнитооптическая модуляция.
28. Взаимодействие света с акустическими волнами: дифракция Брэгга и Рамана-Ната.
29. Оптические изоляторы.
30. Методы регистрации оптического излучения.
31. Прямое детектирование и гетеродинирование.
32. Классификация фотоприёмников.
33. Фотоэлементы.
34. Фотоэлектронные умножители.
35. Полупроводниковые фотоприемники.
36. Фотодиоды (лавинные фотодиоды и pin – диоды): принцип действия и устройство.
37. Схемы включения фотодиодов.
38. Вольт-амперная и спектральная характеристики фотодиодов.
39. Быстродействие и чувствительность фотодиодов.
40. Фототранзисторы.
41. Фотоприемные матрицы.
42. Шумы при приеме оптических сигналов.
43. Порог чувствительности и обнаружительная способность приемников излучения.
44. Квантовый предел чувствительности при приеме оптических сигналов.
45. Виды устройств и систем оптической связи и обработки информации.
46. Основные параметры волоконно—оптических линий связи (ВОЛС).
47. Преимущества и недостатки ВОЛС.

48. Пассивные и активные компоненты оптических линий связи.
49. Особенности оптических мультиплексоров и демультимплексоров.
50. Приемные и передающие модули, ретрансляторы.
51. Аналоговые и цифровые методы модуляции в ВОЛС.
52. Информационная емкость канала связи и дальность передачи.
53. Временное, частотное и волновое уплотнение каналов.
54. Когерентные линии оптической связи.
55. Международные стандарты на сети передачи данных.
56. Защита ВОЛС от несанкционированного доступа.
57. Использование квантовых свойств оптического излучения для повышения защищенности телекоммуникационных систем.
58. Виды оптоэлектронных и оптических процессоров.
59. Анализаторы спектра радиосигналов и корреляторы.
60. Оптические запоминающие устройства.
61. Понятие о нейронных оптических сетях.
62. Интегральная оптоэлектроника.
63. Виды устройств отображения информации.
64. Дисплеи на жидких кристаллах с пассивной и активной матричной адресацией.
65. Индикаторы газоразрядные, люминесцентные и жидкокристаллические.
66. Электронно-оптические преобразователи.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры.

Зав. Кафедрой Емельянов В.Е., д.т.н., доц. \_\_\_\_\_

Протокол № \_\_\_\_\_ от " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2005 г.

Внесённые изменения утверждены

Нач. УМУ, доц., к.т.н. Логачев В.П. \_\_\_\_\_

