

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»  
Кафедра систем телекоммуникаций

**В.Н. Мищенко**

**Методическое пособие к практическим занятиям**  
по дисциплинам «Направляющие системы телекоммуникаций»  
и «Направляющие системы и пассивные компоненты»  
для студентов специальностей  
45 01 01 «Многоканальные системы телекоммуникаций»,  
45 01 02 «Радиосвязь, радиовещание и телевидение»,  
45 01 03 «Сети и устройства телекоммуникаций»  
всех форм обучения

Минск 2005

УДК 621.395.4(076)  
ББК 32.883 я 73  
М 71

**Мищенко В.Н.**

М 71      Методическое пособие к практическим занятиям по дисциплинам «Направляющие системы телекоммуникаций» и «Направляющие системы и пассивные компоненты» для студентов специальностей 45 01 01 «Многоканальные системы телекоммуникаций», 45 01 02 «Радиосвязь, радиовещание и телевидение», 45 01 03 «Сети и устройства телекоммуникаций» всех форм обуч./ В.Н. Мищенко. – Мн.: БГУИР, 2005. – 19 с.

ISBN 985-444-766-9

Пособие содержит материал из программы по дисциплинам «Направляющие системы телекоммуникаций» и «Направляющие системы и пассивные компоненты». Приведены задачи контрольной работы, выполнение которой способствует более глубокому усвоению дисциплин.

**УДК 621.395.4(076)**  
**ББК 32.883 я 73**

ISBN 985-444-766-9

© Мищенко В. Н., 2005  
© БГУИР, 2005

# **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИН. ИХ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

## **1.1. Цель дисциплин**

Целью дисциплин является изучение принципа работы, устройства, номенклатуры и особенностей применения направляющих систем (НС) и пассивных компонентов (ПК), используемых в технике связи, и сущности перспективных разработок, поготавливаемых к внедрению ведущими предприятиями и организациями. Развитие народного хозяйства страны, становление рыночных отношений, укрепление обороноспособности объективно ведут к быстрому увеличению объема передаваемой информации с помощью средств электро- и радиосвязи, к развитию и внедрению современной аппаратуры связи. В настоящих дисциплинах рассматриваются НС (коаксиальные, симметричные и оптические кабели, волноводы, полосковые линии), ПК диапазона СВЧ (направленные ответвители, смесители, резонаторы и т.д.) и радиокомпоненты (резисторы, конденсаторы, индуктивности).

## **1.2. Задачи дисциплин**

Должны быть изучены:

- современное состояние и перспективы развития НС;
- физические принципы процессов передачи электромагнитных сигналов по НС;
- методы и расчётные соотношения для определения основных параметров и характеристик НС;
- конструкция и электрические характеристики современных и перспективных НС;
- аппаратура, способы защиты направляющих систем и сооружений связи от взаимных и внешних влияний и процессов коррозии;
- устройство и характеристики пассивных элементов СВЧ;
- устройство, характеристики, область применения и номенклатура пассивных радиокомпонентов (резисторы, конденсаторы, индуктивности);
- основные тенденции и перспективы развития в разработке элементной базы радиоэлектронной связной аппаратуры.

## **1.3. Перечень основных тем, усвоение которых необходимо для изучения данных дисциплин**

В указанных выше дисциплинах основными темами являются:

- электричество и магнетизм, электромагнитное поле, волновые процессы;
- теория длинных линий, первичные и вторичные параметры передачи;

- теория волноводов, типы электромагнитных волн;
- параметры и характеристики проводников и диэлектриков в широком диапазоне частот.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИН

Содержание дисциплин подразделяется на следующие основные части:

- теория НС;
- конструкции и основные характеристики НС;
- теория электромагнитного влияния в НС;
- проектирование линий связи;
- устройство и параметры основных пассивных элементов, используемых в радиодиапазоне, в диапазонах СВЧ и КВЧ.

На лекциях рассматриваются основные вопросы: принципы анализа, расчета и проектирования НС, борьба с взаимными и внешними помехами и коррозией, проектирование, строительство и техническая эксплуатация НС.

На практических и лабораторных занятиях изучаются конструкции НС, методы расчета их основных параметров и характеристик, методы и аппаратура для измерения параметров передачи и взаимного влияния, пассивные радиокомпоненты техники связи.

### **2.1. Наименование и содержание разделов (тем) дисциплины «Направляющие системы телекоммуникаций»**

#### Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ

Тема 1.1. Цели и задачи курса. Содержание и последовательность изучения курса. Отчетность по курсу. Рекомендуемая литература. Основные понятия и определения.

Тема 1.2. Общие принципы построения сетей связи. Магистральные и зонные сети связи. Городские телефонные сети. Сети сельской телефонной связи и проводного вещания.

Тема 1.3. Типы направляющих систем передачи для магистральной, зонной и местной связи. Основные требования к направляющим системам, перспективы их развития.

#### Раздел 2. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА НАПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Тема 2.1. Основные уравнения электродинамики. Электромагнитные процессы в полупроводниках и диэлектриках.

Тема 2.2. Режимы передачи. Типы и классы электромагнитных волн.

Тема 2.3. Теория передачи по линиям связи в квазистационарном режиме. Первичные и вторичные параметры передачи. Неоднородные линии.

#### Раздел 3. ТЕОРИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Тема 3.1. Коаксиальные кабели. Основные характеристики, расчетные

соотношения, области применения. Оптимизация конструктивных размеров.

Тема 3.2. Симметричные кабели. Конструкция, основные характеристики, типы волн, частотный диапазон использования.

Тема 3.3. Металлические волноводы. Теория передачи E- и H-волн. Типы волн в прямоугольном и круглом волноводах. Дисперсионные характеристики. Области применения.

Тема 3.4. Полосковые линии передачи. Основные характеристики и области применения.

Тема 3.5. Волоконно-оптические линии связи. Основы теории и основные характеристики.

3.5.1. Развитие волоконно-оптической связи. Типы и конструкции оптических кабелей. Многомодовые и одномодовые оптические волокна.

3.5.2. Затухание оптических кабелей. Рабочие длины волн ВОЛС. Дальность связи и длина участка регенерации.

3.5.3. Дисперсия и пропускная способность оптических кабелей. Коэффициент распространения, фазовая и групповая скорость передачи, волновое сопротивление.

3.5.4. Общие принципы построения волоконно-оптических систем передачи. Технико-экономическая эффективность ВОЛС. Применение ВОЛС в Беларуси.

#### Раздел 4. ВЗАИМНЫЕ ВЛИЯНИЯ И ПОМЕХОЗАЩИЩЁННОСТЬ ЦЕПЕЙ В НАПРАВЛЯЮЩИХ СТРУКТУРАХ

Тема 4.1. Проблема электромагнитной совместимости. Основные параметры и методы исследования взаимных влияний.

Тема 4.2. Влияния в однородной симметричной цепи. Основное уравнение влияния. Основные параметры взаимных влияний.

Тема 4.3. Методы защиты цепей и трактов от взаимных влияний. Скрутка, симметрирование. Нормы на величину взаимных влияний.

#### Раздел 5. ЗАЩИТА СООРУЖЕНИЙ СВЯЗИ ОТ ВНЕШНИХ ВЛИЯНИЙ И КОРРОЗИИ

Тема 5.1. Физическая сущность и источники электромагнитного влияния на цепи связи. Классификация и виды внешних влияний (атмосферное электричество, линии электропередачи, электрифицированные железные дороги).

Тема 5.2. Расчёт опасных электрических и магнитных влияний. Нормы на опасные и мешающие влияния.

Тема 5.3. Аппаратура и способы защиты сооружений связи от внешних влияний. Схемы защиты, разрядники, предохранители, каскадная защита и молниеотводы, редуцирующие трансформаторы, устройства заземления.

Тема 5.4. Экранирование кабелей связи. Типы экранов. Принципы экранирования в широком диапазоне частот.

Тема 5.5. Коррозия кабельных оболочек. Виды коррозий. Аппаратура и способы защиты от процессов коррозии.

## Раздел 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ, ЗОНОВЫХ И МЕСТНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Тема 6.1. Проектирование магистральных и зональных сетей связи. Основные положения по составлению проекта. Выбор типа направляющей системы и аппаратуры. Оптимизация сетей связи.

Тема 6.2. Проектирование городских и сельских телефонных сетей. Распределение телефонной ёмкости по территории города. Выбор местоположения станции. Построение абонентских линий. Определение шкафных районов и места установки шкафов. Выбор типа кабеля и системы передачи.

## Раздел 7. СТРОИТЕЛЬСТВО И ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ СВЯЗИ

Тема 7.1. Кабельные и канализационные сооружения. Прокладка и симметрирование кабелей. Монтажные работы. Устройство заземлений. Постановка кабелей под давление.

Тема 7.2. Организация эксплуатационного обслуживания линий связи. Периодичность осмотров и профилактических проверок. Определение места и характера повреждений линии связи. Текущий и капитальный ремонт. Охрана труда и техника безопасности при эксплуатации линии связи.

### **2.2. Наименование и содержание разделов (тем) дисциплины «Направляющие системы и пассивные компоненты»**

#### Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ

Тема 1.1. Цели и задачи курса. Содержание и последовательность изучения курса. Отчетность по курсу. Рекомендуемая литература. Основные понятия и определения.

Тема 1.2. Общие принципы построения сетей связи. Магистральные и зональные сети связи. Городские телефонные сети. Сети сельской телефонной связи и проводного вещания.

Тема 1.3. Типы направляющих систем передачи для магистральной, зональной и местной связи. Основные требования к направляющим системам, перспективы их развития.

#### Раздел 2. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА НАПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Тема 2.1. Основные уравнения электродинамики. Электромагнитные процессы в полупроводниках и диэлектриках.

Тема 2.2. Режимы передачи. Типы и классы электромагнитных волн.

Тема 2.3. Теория передачи по линиям связи в квазистационарном режиме. Первичные и вторичные параметры передачи. Неоднородные линии.

## Раздел 3. ТЕОРИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Тема 3.1. Коаксиальные кабели. Основные характеристики, расчетные соотношения, области применения. Оптимизация конструктивных размеров.

Тема 3.2. Симметричные кабели. Конструкция, основные характеристики, типы волн, частотный диапазон использования.

Тема 3.3. Металлические волноводы. Теория передачи E- и H-волн. Типы волн в прямоугольном и круглом волноводах. Дисперсионные характеристики. Области применения.

Тема 3.4. Полосковые линии передачи. Основные характеристики и области применения.

Тема 3.5. Волоконно-оптические линии связи. Основы теории и основные характеристики.

3.5.1. Развитие волоконно-оптической связи. Типы и конструкции оптических кабелей. Многомодовые и одномодовые оптические волокна.

3.5.2. Затухание оптических кабелей. Рабочие длины волн ВОЛС. Дальность связи и длина участка регенерации.

3.5.3. Дисперсия оптических кабелей. Коэффициент распространения, фазовая и групповая скорость передачи, волновое сопротивление.

3.5.4. Общие принципы построения волоконно-оптических систем передачи. Технико-экономическая эффективность ВОЛС. Применение ВОЛС в Беларуси.

## Раздел 4. ПАССИВНЫЕ СВЧ-ЭЛЕМЕНТЫ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Тема 4.1. Пассивные элементы в планарных интегральных устройствах. Фильтры СВЧ на основе полосковых и диэлектрических резонаторов. Топологические схемы и характеристики.

Тема 4.2. Гибридные мостовые устройства диапазона СВЧ. Многоканальные делители (сумматоры мощности).

Тема 4.3. Направленные ответвители. Смесители диапазона СВЧ.

## Раздел 5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ПАССИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Тема 5.1. Классификация, обозначение, характеристики и область применения резисторов и наборов резисторов.

Тема 5.2. Классификация, обозначение, характеристики и область применения конденсаторов и конденсаторных сборок.

Тема 5.3. Классификация, обозначение, характеристики и область применения индуктивностей, фильтров на их основе.

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАЗДЕЛАМ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИН

Разделы 1–3 являются общими для дисциплин «Направляющие системы телекоммуникаций» и «Направляющие системы и пассивные компоненты», используется также общая учебно-методическая литература.

#### Раздел 1. Введение

Рассматриваются основные этапы развития, типы направляющих систем телекоммуникаций и линейно-кабельных сооружений связи. Определяются цели и задачи курса. Даются основные понятия и определения [1, с. 4–10; 2, с. 5–11].

#### Раздел 2. Электродинамика направляющих систем

Данный раздел посвящен общей теории распространения электромагнитных волн по различным типам линий связи. В основе анализа электромагнитных процессов в проводниках и диэлектриках лежат классические уравнения электродинамики – уравнения Максвелла. Важное место отводится изучению режимов передачи по направляющим системам, типам и классам электромагнитных волн. В квазистационарном режиме передачи вводятся и анализируются первичные и вторичные параметры передачи для однородных двухпроводных линий связи. Рассматриваются параметры передачи импульсных сигналов по НС. Анализируются процессы в неоднородных НС [1, с. 85–124; 2, с. 88–132].

#### Раздел 3. Теория направляющих структур

Рассматриваются основные типы направляющих структур: коаксиальные и симметричные кабели, волноводы и полосковые линии передачи. Изучаются их основные характеристики, расчетные соотношения для определения параметров передачи, области применения и частотный диапазон использования. Важное значение имеет анализ электрических процессов в направляющих системах. Анализируется структура электромагнитного поля. Рассматриваются поверхностный эффект, эффект близости и эффект действия окружающих металлических масс в электрических кабелях связи. В этом разделе изучаются типы и конструкции оптических кабелей. Рассмотрены многомодовые и одномодовые оптические волокна. Анализируются параметры и характеристики оптических кабелей: затухание, дисперсия, коэффициент распространения, фазовая и групповая скорость передачи, волновое сопротивление. В конце раздела изучаются общие принципы построения волоконно-оптических систем передачи [1, с. 125–167; 2, с. 132–178, 222–229; 13, с. 32–78].

Рассматриваемые ниже разделы 4,5 относятся к дисциплине «Направляющие системы и пассивные компоненты».



#### Раздел 4. Пассивные СВЧ-элементы в системах передачи информации

Изучаются пассивные элементы в планарных интегральных устройствах. Должны быть изучены следующие устройства диапазонов СВЧ и КВЧ: фильтры на основе полосковых и диэлектрических резонаторов, многоканальные делители (сумматоры) мощности, направленные ответвители, смесители [13; 14, с. 56–152; 15, с. 216–249].

#### Раздел 5. Электрические параметры и конструктивное исполнение пассивных компонентов

Этот раздел посвящен изучению резисторов и наборов резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности. Рассматриваются классификация, обозначение, характеристики и область применения этих элементов [3, с. 128–245, 281–309; 14, с. 38–144].

Рассматриваемые далее разделы 4-7 относятся к дисциплине «Направляющие системы телекоммуникаций».

#### Раздел 4. Взаимные влияния и помехозащищённость цепей в направляющих структурах

Этот раздел посвящен вопросам электромагнитной совместимости в кабельных цепях. Вводятся и анализируются основные параметры взаимных электромагнитных влияний. Рассмотрены взаимные влияния в однородных симметричных цепях связи. Уделяется внимание основным методам защиты цепей и трактов от взаимных влияний – скрутке, симметрированию НЧ- и ВЧ-кабелей [1, с. 237–272, 281–309; 2, с. 241–290, 300–334].

#### Раздел 5. Защита сооружений связи от внешних влияний и коррозии

Рассматриваются физическая сущность и источники внешнего электромагнитного влияния на цепи связи (атмосферное электричество, линии электропередачи, электрофицированные железные дороги). Следует уделить внимание расчёту опасных электрических и магнитных влияний, изучить нормы на опасные и мешающие влияния. Рассматриваются аппаратура и способы защиты сооружений связи от внешних влияний (схемы защиты, рязрядники, предохранители, методы каскадной защиты, молниеотводы, устройства заземления и др.). При изучении процессов коррозии кабельных оболочек следует уделить внимание причинам появления этого процесса, видам коррозий, а также аппаратуре и способам защиты от процессов коррозий [1, с. 310–369; 2, с. 335–401; 9, с. 78–169; 10, с. 35–126].

#### Раздел 6. Проектирование магистральных, зонавых и местных сетей связи

Этот раздел посвящен проектированию магистральных, зонавых и местных сетей связи. Рассматриваются основные положения по составлению проекта, выбор типа направляющей системы и аппаратуры, принципы оптимизации сетей связи [1, с. 370-395; 2, с. 401-438].

#### Раздел 7. Строительство и основы технической эксплуатации линейных сооружений связи

Рассматривается организация строительства и технической эксплуатации сооружений связи, и в частности особенности строительства кабельных и канализационных сооружений, прокладки и симметрирования кабелей, выполнения монтажных работ, устройство заземлений, постановка кабелей под давление. Важное значение имеет организация эксплуатационного обслуживания линий связи, связанная с периодичностью проведения осмотров и профилактических проверок, с определением места и характера повреждений линии связи. Следует обратить внимание на особенности проведения текущего и капитального ремонта, а также на вопросы охраны труда и техники безопасности при эксплуатации линии связи [1, с. 395–483; 2, с. 439–537].

#### 4. ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Измерение параметров линий связи с помощью прибора Р5-5.
2. Измерение собственного и рабочего затухания цепей связи прибором П-321.
3. Исследование методов защиты кабельных линий связи от опасных и мешающих влияний.
4. Измерение затухания волоконно-оптических кабелей.
5. Измерение параметров линий связи с помощью прибора Р5-10.
6. Измерение дисперсии волоконно-оптических кабелей.
7. Исследование эффективности экранирования кабельных экранов.
8. Исследование характеристик и параметров газонаполненных разрядников.

#### 5. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

В соответствии с учебным планом студенты должны написать контрольную работу. Контрольная работа выполняется в тетради, на обложке которой указываются наименование предмета, фамилия, имя, отчество студента, номер группы и курса, домашний адрес.

При оформлении работы вначале приводится текст задачи, номер выполняемого варианта, исходные данные, а затем ее решение. В процессе расчетов следует записать полную формулу с указанием использованного учебного пособия, а затем произвести необходимые преобразования и обязательно подстановку числовых данных. При этом надо учитывать, что в некоторых формулах размерность подставляемых данных отличается от системы СИ. Данные для расчета выбираются из представленных ниже таблиц в соответствии с номером варианта. Например, при решении первой задачи с вариантом расчета 111 исходные данные будут выглядеть следующим образом: рассчитываются пара-

метры коаксиального кабеля с кордельно-бумажной изоляцией на частоте 10 кГц, парной скрутки с толщиной проводников и изоляции 0,32 и 0,25 мм соответственно; электрофизические параметры  $\epsilon_{эф} = 1,3...1,4$ ;  $tg\delta = 55 \cdot 10^{-4}$ . Аналогично выбираются данные и для других задач.

## Часть № 1

### Задача № 1

Определить первичные и вторичные параметры передачи симметричного кабеля (параметры кабеля представлены в табл. 1, 2).

Таблица 1  
Электрофизические параметры и толщина изоляции для симметричных кабелей

Первая цифра номера варианта	Изоляция	Толщина изоляции, мм	$\epsilon_{эф}$	Вторая цифра номера варианта			
				1	2	3	4
				$tg\delta \cdot 10^{-4}$ на частоте, кГц			
				f=10	f=100	f=250	f=550
1	Кордельно-бумажная	0,25	1,3...1,4	55	113	160	280
2	Кордельно-полистирольная	0,28	1,2...1,3	3	7	12	20
3	Полиэтиленовая	0,32	1,9...2, 1	2	6	8	14
4	Пористо-полиэтиленовая	0,4	1,4...1,5	3	8	12	20
5	Балонно-полиэтиленовая	0,42	1,2...1,3	2	6	8	12

Найти также их составляющие:  $R_0$  – сопротивление по постоянному току;  $R_{п.э}$  – сопротивление за счет поверхностного эффекта;  $R_{бл}$  – сопротивление за счет эффекта близости;  $L_{мп}$  – межпроводниковую индуктивность;  $L_{вп}$  – внутрипроводниковую индуктивность;  $\alpha_m$  – затухание за счет потерь в металле;  $\alpha_d$  – затухание за счет потерь в диэлектрике.

Таблица 2

Диаметры групп и проводников для различных типов скрутки

Третья цифра номера варианта	Скрутка	Расчетный диаметр	Материал проводника	Диаметр проводника, мм
1	Парная $d_{\text{п}}$	$1,71 \cdot d_1$	Медь	0,32
2	Звездная $d_3$	$2,41 \cdot d_1$	Алюминий	0,4
3	Двойная парная $d_{\text{д.п}}$	$2,72 \cdot d_1$	Медь	0,5
4	Двойная звездная $d_{\text{д.з}}$	$3,98 \cdot d_1$	Алюминий	0,6

Задача № 2

Определить первичные и вторичные параметры передачи коаксиального кабеля, взяв его параметры из табл. 3 и 4.

Таблица 3

Характеристики и параметры коаксиальных кабелей

Первая цифра номера варианта	Тип изоляции	$\epsilon_{\text{эф}}$	Вторая цифра номера варианта			
			1	2	3	4
			$\text{tg}\delta \cdot 10^{-4}$ на частоте, МГц			
			$f = 1$	$f = 5$	$f = 10$	$f = 60$
1	Полиэтиленовая (шайбовая)	1,13	0,5	0,5	0,7	0,8
2	Полиэтиленовая (спираль)	1,1	0,4	0,4	0,5	0,6
3	Баллонно-полиэтиленовая	1,22	0,5	0,6	0,6	0,7
4	Пористо-полиэтиленовая	1,5	2	3	3	4

5	Кордельно-стирофлексная	1,19	0,7	0,8	1,0	1,2
---	-------------------------	------	-----	-----	-----	-----

Таблица 4

Материал и размеры проводников

Третья цифра номера варианта	Материал проводника	Диаметры внутреннего и внешнего проводников, мм
1	Медь / медь	2,6/9,5
2	Медь / алюминий	1,2/4,6
3	Алюминий / алюминий	1,2/4,6
4	Алюминий / медь	1,8/6,6

Задача № 3

Определить параметры передачи: критическую частоту, критическую длину волны, волновое сопротивление, затухание, фазовую и групповую скорости, коэффициент фазы цилиндрического волновода с параметрами, приведенными в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Размеры волновода, мода и частота, на которой определяются расчетные характеристики и параметры

Первая цифра номера варианта	Диаметр волновода, см	Вторая цифра номера варианта, вид моды				
		1	2	3	4	5
		E <sub>01</sub>	E <sub>10</sub>	E <sub>11</sub>	H <sub>01</sub>	H <sub>02</sub>
		Частота сигнала, ГГц				
1	8	21	28	33	44	27
2	9	19	37	24	18	28
3	7	24	18	35	17	20
4	6	34	28	35	27	29
5	6,5	32	29	45	37	39

Таблица 6

Материал, из которого изготовлен волновод

Третья цифра номера варианта	Материал проводника	$\sigma \cdot 10^7$ , См/м
1	Медь	5,7
2	Серебро	6,6

3	Алюминий	3,81
4	Медь	5,7
5	Медь	5,7

#### Задача № 4

Определить параметры передачи: числовую апертуру, критическую частоту и длину волны, волновое сопротивление, нормированную частоту, количество мод, затухание (собственное), дисперсию, фазовую скорость для волоконного световода с параметрами, приведенными в табл. 7 и 8.

Таблица 7

Размеры волновода, мода и частота, на которой определяются расчетные характеристики и параметры

Первая цифра номера варианта	Диаметр сердечника, мкм	Вторая цифра номера варианта, вид моды				
		1	2	3	4	5
		$E_{01}$	$H_{02}$	$EH_{11}$	$HE_{22}$	$EH_{21}$
		Длина волны, мкм				
1	50	0,88	0,84	0,86	0,87	0,89
2	52	1,54	1,37	1,49	1,56	1,28
3	54	1,53	1,34	1,35	1,36	1,53
4	51	1,34	1,54	1,51	1,55	1,53
5	64	0,86	0,84	0,83	0,85	0,88

Таблица 8

Параметры волоконно-оптического кабеля

Третья цифра номера варианта	Длина кабеля, км	Показатель преломления сердцевины	Показатель преломления оболочки	$K_p$ , дБ/км (мкм) <sup>4</sup>	$tg\delta \cdot 10^{-4}$	Тип волоконного световода
1	17	1,5	1,47	1,1	1	Градиентный
2	19	1,52	1,49	1,3	1,5	Ступенчатый
3	14	1,54	1,51	1,5	1,8	Градиентный
4	26	1,58	1,53	1,4	1,6	Ступенчатый

5	18	1,54	1,52	1,2	1,4	Градиентный
---	----	------	------	-----	-----	-------------

### Задача № 5

Определить параметры передачи: волновое сопротивление, коэффициент затухания, скорость распространения для несимметричной микрополосковой линии передачи с учетом дисперсии и без учета дисперсии. Полосковые проводники изготовлены из меди. Исходные данные представлены в табл. 9 и 10.

Таблица 9

Параметры и характеристики микрополосковой линии

Первая цифра номера варианта	Ширина полоскового проводника, мм	Толщина подложки, мм	$\text{tg}\delta$
1	1	0,85	$1,7 \cdot 10^{-4}$
2	0,5	0,6	$1,5 \cdot 10^{-4}$
3	0,25	1,4	$4 \cdot 10^{-4}$
4	2	0,75	$1 \cdot 10^{-4}$
5	1,5	0,5	$1,4 \cdot 10^{-4}$

Таблица 10

Параметры и характеристики микрополосковой линии

Вторая цифра номера варианта	Материал подложки	$\epsilon_r$	Третья цифра номера варианта			
			1	2	3	4
			Частота, ГГц			
1	Поликор	9,6	0,5	0,5	0,7	0,8
2	Ситалл (С32-1)	9,8	0,4	0,4	0,5	0,6
3	Фторопласт (ФАФ-4)	2,6	0,5	0,6	0,6	0,7
4	Арилокс (ФЛАН-2,8)	2,8	2	3	3	4
5	Стирол (СТ-3)	3,1	0,7	0,8	1,0	1,2

### Часть № 2

### Задача № 6

Определить значения электромагнитных связей и переходного затухания

между цепями симметричного кабеля. Необходимо определить следующие параметры: величину магнитной связи  $m$ , активные составляющие электрической и магнитной связей  $g$  и  $r$ , значения электромагнитных связей на ближнем и дальнем концах  $N_{12}$  и  $F_{12}$ , переходные затухание и защищенность строительной длины кабеля на ближнем и дальнем концах –  $A_{0с.д}$ ,  $A_{1с.д}$ ,  $A_{3с.д}$ , переходные затухания и защищенность на усилительном участке –  $A_{0у.у}$ ,  $A_{1у.у}$ ,  $A_{3у.у}$ . Значения исходных параметров: коэффициента затухания  $\alpha$ , волнового сопротивления  $Z_{в}$ , строительной длины кабеля  $s$ , длины усилительного участка  $L$ , величины ёмкостной связи  $k$  – задаются табл. 11 и 12.

Таблица 11

Параметры симметричного кабеля

Первая цифра номера варианта	Коэффициент затухания $\alpha$ , дБ/км	Волновое сопротивление $Z_{в}$ , Ом	Строительная длина кабеля $s$ , км
1	5	75	0,1
2	6,5	100	0,2
3	7,25	150	0,25
4	8	50	0,05
5	4,5	85	0,15

Таблица 12

Параметры симметричного кабеля

Вторая цифра номера варианта	Длина усилительного участка $L$ , км	$k$ , пФ/сд	Третья цифра номера варианта			
			1	2	3	4
			Частота, кГц			
1	15	9,6	50	52	55	49
2	17	9,8	35	37	39	41
3	20	2,6	34	69	66	70
4	8	2,8	29	37	39	48
5	12	3,1	56	58	38	67

### Задача № 7

Определить величину продольной ЭДС, наводимой в кабеле связи за счёт опасного магнитного влияния. Значения исходных параметров: величины влияющего тока  $I$ , параметров  $\sigma_3$ , и  $\mu_3$ , длины участка сближения  $l$ , коэффициента экра-



нирования кабельной линии  $S_k$ , коэффициента экранирования за счёт троса или других предметов  $S_T$  – задаются табл. 13–15. Сделать вывод, сравнив величину ЭДС с предельно допустимыми значениями напряжения для кабелей городской местной связи.

Таблица 13

Параметры симметричного кабеля

Первая цифра номера варианта	Влияющий ток I, кА	Расстояние между линией связи и ЛЭП, м	Параметр $\sigma_3$ , См/м
1	5	75	0,1
2	6,5	100	0,2
3	7,25	150	0,25
4	8	50	0,05
5	4,5	75	0,15

Таблица 14

Параметры линии связи

Вторая цифра номера варианта	Коэффициент экранирования кабельной линии $S_k$	Длина участка сближения I, м
1	0,75	75
2	0,65	100
3	0,78	150
4	0,8	50
5	0,675	75

Таблица 15

Параметры линии связи

Третья цифра номера варианта	Коэффициент экранирования за счёт троса или других предметов $S_T$	Параметр $\mu_3$ ,
1	0,75	1,8
2	0,65	2,9
3	0,78	3,4
4	0,8	5
5	0,675	6

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гроднев И.И., Верник С.М. Линии связи. – М.: Радио и связь, 1988. – 538 с.
2. Гроднев И.И., Верник С.М., Кочановский Л.Н. Линии связи. – М.: Радио и связь, 1995. – 488 с.
3. Рычина Т.А., Зеленский А.В. Устройства функциональной электроники и электрорадиоэлементы: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1989. – 325 с.
4. Грызлов А.Д., Дубровин Е.П. Линейные сооружения ГТС. – М.: Связь, 1976. – 143 с.
5. Гроднев И.И., Ларин Ю.Т., Теумин И. И. Оптические кабели – М: Энергоиздат, 1991. – 174 с.
6. Демидчик В.И. Электродинамика СВЧ: Учеб. пособие для вузов. – Мн.: Университетское, 1992. – 225 с.
7. Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1988. – 440 с.
8. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Высш. шк., 1992.
9. Михайлов М.И., Разумов Л.Д., Соколов С.А. Защита кабельных линий от опасных и мешающих влияний. – М.: Связь, 1978. – 264 с.
10. Никольский К.К. Коррозия и защита от нее подземных металлических сооружений связи. – М.: Радио и связь, 1984. – 208 с.
11. Брискер А.С., Руга А.Д., Шарле Д.Л. Городские телефонные кабели. – М.: Радио и связь, 1984. – 304 с.
12. СТБ ГОСТ Р 50889-99. Сооружения местных телефонных сетей. Термины и определения.
13. ГОСТ 18238-72. Линии передачи СВЧ. Термины и определения.
14. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств / Под ред. И.И. Вольмана. – М.: Радио и связь. 1982. – 328 с.
15. Справочник по элементам полосковой техники /Под ред. А.Л. Фельдштейна. – М.: Радио и связь. 1979. – 336 с.

Учебное издание

**Мищенко Валерий Николаевич**

Методическое пособие к практическим занятиям  
по дисциплинам «Направляющие системы телекоммуникаций»  
и «Направляющие системы и пассивные компоненты»  
для студентов специальностей  
45 01 01 «Многоканальные системы телекоммуникаций»,  
45 01 02 «Радиосвязь, радиовещание и телевидение»,  
45 01 03 «Сети и устройства телекоммуникаций»  
всех форм обучения

Редактор Т.А. Лейко  
Корректор Н.В. Гриневич

---

Подписано в печать 04.01.2005.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Печать ризографическая.	Усл. печ. л. 1,28.
Уч.-изд. л. 1,2.	Тираж 150 экз.	Заказ 537.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
Лицензия на осуществление издательской деятельности №02330/0056964 от 01.04.2004.  
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности №02330/0133108 от 30.04.2004.  
220013, Минск, П. Бровки, 6