

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»  
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_ А.Н. Марьенков

«02» июня 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ  
И.о.заведующего кафедрой ИБ

\_\_\_\_\_ Р.Ю. Демина

«02» июня 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

Составитель(и)

**Гурская Т.Г., к.т.н., доцент кафедры  
информационной безопасности;**

Направление подготовки /  
специальность

**09.03.02 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И  
ТЕХНОЛОГИИ**

Направленность (профиль) ОПОП

**БЕЗОПАСНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
СИСТЕМ**

Квалификация (степень)

**бакалавр**

Форма обучения

**Очно-заочная**

Год приёма

**2021**

Курс

**2**

Семестры

**3 /4**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**1.1. Целями освоения дисциплины (модуля) «Физические основы защиты информации»** являются углубление знаний студентов в конкретных областях радиофизики и акустики, необходимых для усвоения последующих общепрофессиональных и специальных дисциплин

### **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):**

- изучение основных свойств и параметров электромагнитных и акустических волн различных частотных диапазонов при распространении в идеальных и реальных средах;
- формирование представления о способах и устройствах возбуждения и приема волн, методах электромагнитного экранирования объектов;
- формирование знаний особенности акустики речи и восприятия звука человеком, основных акустических характеристик помещений, принципов звукоизоляции.

Программа предусматривает систематизацию знаний отдельных разделов математики и физики, необходимых для успешного изучения дисциплины.

В результате освоения дисциплины студенты должны:

#### **знать:**

- смысл физических понятий, физических величин, физических законов, принципов и постулатов, а также вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие физических основ защиты информации.

#### **уметь:**

- применять физические знания для решения физических задач; приводить примеры практического применения физических знаний; описывать фундаментальные опыты, оказавшие существенное влияние на развитие физических основ защиты информации; воспринимать и на основе полученных знаний самостоятельно оценивать информацию физического содержания; использовать новые информационные технологии для поиска, обработки и предъявления информации по физическим основам защиты информации.

#### **владеть:**

- методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей измерений и расчетов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

**2.1. Учебная дисциплина (модуль) «Физические основы защиты информации»** относится к вариативной части учебного плана направления подготовки 09.03.02 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ, Профиль БЕЗОПАСНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ 2021 года набора.

Изучение курса «Физические основы защиты информации» рассчитано на два семестра (3, 4 семестры) и предусматривает сдачу студентами экзаменов.

Общая трудоемкость дисциплины – 288 часов/ 8 ЗЕ.

**2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами (модулями):**

#### **1. Физика.**

В результате освоения этой дисциплины, студент должен:

знать:

– основные физические явления, законы, методы физического исследования, особенности физических эффектов и явлений, используемых для обеспечения информационной безопасности,

уметь:

– выявлять органическую связь между физикой, математикой, механикой при решении научно-производственных проблем, применять основные законы физики при решении прикладных задач; использовать особенности физических эффектов и явлений для обеспечения информационной безопасности;

владеть:

– навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов.

**2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и (или) практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем):**

1. Электроника и схемотехника.

Также дисциплина «Физические основы защиты информации» поможет студентам при написании бакалаврской работы.

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

а) профессиональных (ПК): ПК-1. Способен проводить научные исследования при разработке, внедрении и сопровождении информационных технологий и систем на всех этапах жизненного цикла

**Таблица 1 – Декомпозиция результатов обучения**

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать	Уметь	Владеть
ПК-1. Способен проводить научные исследования при разработке, внедрении и сопровождении информационных технологий и систем на всех этапах жизненного цикла	ВПК-1.1. Знать методы проведения научных исследований на всех этапах жизненного цикла программных средств	ВПК-1.2. Уметь рационально планировать и выполнять научные исследования на всех этапах жизненного цикла программных средств	ВПК-1.3. Владеть навыками планирования и проведения научных исследований на всех этапах жизненного цикла программных средств

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ»

Объем дисциплины (модуля) 8 з.е., 288 часов, 108 часов выделено на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции – 18, лабораторные работы – 36), 234 часа – на самостоятельную работу обучающихся.

**Таблица 2. Структура и содержание дисциплины (модуля)**

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Семест	Неделя семестр	Контактная работа (в часах)	Самостоя т. работа	Формы текущего контроля успеваемости (по
-------	-----------------------------	--------	----------------	-----------------------------	--------------------	--

				Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	<i>неделям семестра)</i> Форма промежуточной аттестации <i>(по</i> <i>семестрам)</i>
1	Физические поля объектов и проблемы защиты информации	3	1-6	6		6		36	Опрос по теме. Тестирование 1 Отчет по лабораторной работе 1. Контрольная работа 1
2	Основы теории физического поля		7-12	6		6		36	Опрос по теме. Тестирование 2 Отчет по лабораторной работе 2. Контрольная работа 2
3	Электромагнитные явления		13-18	6		6		36	Опрос по теме. Тестирование 3 Отчет по лабораторной работе 3. Контрольная работа 3. Защита реферата 1
	Итого за 3 семестр			18		18		90	ЭКЗАМЕН
4	Физические основы функциональных процессов в радиоэлектронных средствах	4	1-6			6		42	Опрос по теме. Тестирование 4 Отчет по лабораторной работе 4. Контрольная работа 4
5	Физические основы акустических явлений		7-12			6		42	Опрос по теме. Тестирование 5 Отчет по лабораторной работе 5. Контрольная работа 5
6	Физические эффекты в технических системах		13-18			6		42	Опрос по теме. Тестирование 6 Отчет по лабораторной работе 6. Контрольная работа 6. Защита реферата 2
	Итого за 4 семестр					18		126	
<b>ИТОГО</b>			<b>288</b>	<b>18</b>		<b>36</b>		<b>234</b>	<b>ЭКЗАМЕН</b>

Условные обозначения:

Л – занятия лекционного типа; ПЗ – практические занятия, ЛР – лабораторные работы; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа по отдельным темам

**Таблица 3. Матрица соотнесения тем/разделов учебной дисциплины/модуля и формируемых в них компетенций**

Темы, разделы дисциплины	Кол-во часов	Компетенции (указываются компетенции перечисленные в п.3)	$\Sigma$ общее количество компетенций
		ПК 1	
Физические поля объектов и проблемы защиты информации	48	+	1
Основы теории физического поля	48	+	1
Электромагнитные явления	48	+	1
Физические основы функциональных процессов в радиоэлектронных средствах	48	+	1
Физические основы акустических явлений	48	+	1
Физические эффекты в технических системах	48	+	1
<b>ИТОГО</b>	<b>288</b>		

### Содержание дисциплины

#### Физические поля объектов и проблемы защиты информации

Основные понятия и определения. Модель физического эффекта. Закономерности проявления ФЭ. Закономерности приложения ФЭ. Закономерности проявления результатов воздействий. Закономерности проявления ФЭ на одном физическом объекте. Физические основы технических систем. Модель в виде «черного ящика». Сущность процесса передачи информации. Характеристика физических полей объектов. Физические поля различной природы как носители информации. Электрическое поле. Магнитное поле. Электромагнитное поле. Акустическое поле. Физические проблемы защиты информации. Физические основы образования каналов утечки информации. Структура канала утечки информации. Классификация технических каналов утечки информации (ТКУИ). Роль ФЭ в образовании каналов утечки информации и создании технических средств ЗИ.

#### Основы теории физического поля

Элементы теории поля. Основы теории поля физические. Поток векторного поля и его физический смысл. Дивергенция векторного поля и ее физический смысл. Циркуляция векторного поля и ее физический смысл. Ротор векторного поля и его физический смысл. Градиент скалярного поля и его физический смысл. Волновые процессы. Общая классификация волн. Распределение волн по частоте. Гармонические волны и волновое уравнение. Основные определения. Уравнение плоской бегущей волны. Волновое уравнение. Волновые явления.

#### Электромагнитные явления

Основы электрического взаимодействия. Виды электрических полей, их сравнительная характеристика. Электростатическое поле, его характеристики и свойства.. Теорема Остроградского – Гаусса. Действие электрического поля на вещества. Проводники в электростатическом поле. Конденсаторы. Электрическое поле в проводнике. Правила Кирхгофа. Магнитные поля объектов. Электромагнитная индукция. Магнитное поле, его характеристики. Виды магнитных полей. Вектор магнитной индукции в точке однородного магнитного поля. Свойства линий магнитной индукции. Закон Био – Савара – Лапласа. Проявление магнитного поля. Силы Ампера и Лоренца. Свойства магнитного

поля. Электромагнитная индукция. Магнитные носители информации. Электромагнитные поля и волны. Вихревое электрическое поле, ток смещения. Плотность тока проводимости. Плотность тока смещения. Понятие электромагнитной волны, ее характеристики. Основные характеристики электромагнитной волны. Свойства электромагнитной волн. Перенос энергии электромагнитными волнами. Поля элементарных излучателей. Зоны излучателя. Экранирование полей электромагнитной природы. Экранирование электрических полей. Способы уменьшения емкостной связи между телами (элементами) А и Б. Экранирование магнитных полей. Электромагнитное экранирование. Общие принципы регистрации информативных характеристик полей. Измерение характеристик электромагнитного поля.

### **Физические основы функциональных процессов в радиоэлектронных средствах**

Понятия электрических цепей и радиоэлектронных средств (РЭС). Схемы замещения физических процессов в электрических цепях. Особенности электрических цепей переменного тока. Электромагнитные процессы в простейших цепях переменного тока. Физические процессы в колебательных контурах. Явление резонанса. Резонанс напряжений в последовательном контуре. Резонанс токов в параллельном контуре. Паразитные процессы в электрических цепях радиоэлектронных средств. Паразитная емкостная связь. Паразитная индуктивная связь. Паразитная гальваническая связь. Генерация электромагнитных колебаний. Свободные колебания в идеальном колебательном контуре. Сохранение энергии при гармонических колебаниях. Затухание свободных колебаний в реальном колебательном контуре. Вынужденные колебания в колебательном контуре. Устройства генерации синусоидальных колебаний. Паразитная генерация. Генерация электромагнитных волн. Физические процессы в распределенных цепях. Основные понятия теории длинных линий. Дифференциальные (телеграфные) уравнения длинной линии. Физический смысл решений телеграфных уравнений. Волновые процессы в линии с распределенными параметрами. Анализ изменения волн в пространстве и во времени. Режимы работы линии. Длинные линии в качестве колебательных систем. Процессы модуляции и демодуляции сигналов. Основы модуляции, представление сигналов. Виды модуляции. Математическое представление сигнала. Амплитудно-модулированные колебания. Частотно-модулированные колебания. Демодуляция. Пространственная и частотная селекции. Основы пространственной селекции. Частотная фильтрация. Классификация электрических фильтров по расположению полосы пропускания. Показатели частотных фильтров.

### **Физические основы акустических явлений**

Характеристика звуковых волновых процессов. Упругие волны, их характеристика. Характерные особенности звуковых волн. Линейные характеристики акустических волн. Энергетические характеристики акустических волн. Проявление волновых свойств в акустических полях. Инфразвук, ультразвук. Специфические особенности ультразвука. Основы акустики. Процесс образования и восприятия речевых сигналов. Основы акустики речи. Отличительные особенности образования согласных звуков. Основы акустики слуха. Специфика акустики помещений. Звукоизоляция и звукопоглощение.

### **Физические эффекты в технических системах**

Классификация ФЭ. Физические эффекты акустоэлектрического преобразователя. Индуктивные генераторные преобразователи. Емкостные и пьезоэлектрические преобразователи. Емкостные и пьезоэлектрические преобразователи. ФЭ акустооптического и преобразователя. ФЭ акустооптического и преобразователя. Классификация прямых оптико-электрических преобразователей. Фотоприемники. Преобразование инфракрасного излучения в видимое излучение.

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю):

При подготовке к лекционным занятиям необходимо воспользоваться учебно-методической литературой (основной) из п.8. Лекции необходимо проводить с использованием презентаций, созданных в Microsoft PowerPoint.

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо воспользоваться учебно-методической литературой (дополнительной) и информационно-справочными ресурсами из п.8.

### 5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Во время самостоятельной работы необходимо воспользоваться учебно-методической литературой из п.8 (основной), (дополнительной) и информационно-справочными ресурсами.

Таблица 4 – Содержание самостоятельной работы обучающихся

<i>Номер радела (темы)</i>	<i>Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Формы работы</i>
1.	Подготовка к опросу по теме. Подготовка к тестированию 1. Подготовка отчета по лабораторной работе 1. Подготовка к контрольной работе 1	36	Внеаудиторная, участие студентов в составлении тестов, изучение учебных пособий
2.	Подготовка к опросу по теме. Подготовка к тестированию 2. Подготовка отчета по лабораторной работе 2. Подготовка к контрольной работе 2	36	Внеаудиторная, участие студентов в составлении тестов, изучение учебных пособий
3.	Подготовка к опросу по теме. Подготовка к тестированию 3. Подготовка отчета по лабораторной работе 3. Подготовка к контрольной работе 3. Подготовка реферата 1	36	Внеаудиторная, участие студентов в составлении тестов, изучение учебных пособий
4.	Подготовка к опросу по теме. Подготовка к тестированию 4. Подготовка отчета по лабораторной работе 4. Подготовка к контрольной работе 4	42	Внеаудиторная, участие студентов в составлении

			тестов, изучение учебных пособий
5.	Подготовка к опросу по теме. Подготовка к тестированию 5. Подготовка отчета по лабораторной работе 5. Подготовка к контрольной работе 5	42	Внеаудиторная, участие студентов в составлении тестов, изучение учебных пособий
6.	Подготовка к опросу по теме. Подготовка к тестированию 6. Подготовка отчета по лабораторной работе 6. Подготовка к контрольной работе 6. Подготовка реферата 2	42	Внеаудиторная, участие студентов в составлении тестов, изучение учебных пособий

### 5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно – подготовка 2-х рефератов.

#### Правила оформления текста пояснительной записки реферата

На титульном листе прописываются: название университета, факультета, кафедры, название дисциплины, темы реферата, Ф.И.О. студента, номер группы, Ф.И.О. преподавателя и оставляется место для проставления оценки и подписи преподавателя. Внизу пишется город и год написания.

#### Текстовая часть

Изложение текста и оформление работы следует выполнять в соответствии с требованиями.

Текст ПЗ оформляется на одной стороне листа формата А4.

Основной текст набирается шрифтом *Times New Roman 12*, с выравниванием *по ширине*, абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту и равен *1,25 см*; строки разделяются *полуторным интервалом*.

Поля страницы: верхнее -2,5см, нижнее – 2,5 см, левое – 3,5 см, правое – 1,0 см.

Структурные элементы пояснительной записки **СОДЕРЖАНИЕ, ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ, ПРИЛОЖЕНИЕ** должны начинаться с нового листа.

Их заголовки оформляются *прописными буквами, шрифтом 14 Ж*, располагаются *в середине строки без точки в конце*. Дополнительный интервал после заголовка - 12 *пт*.

Основную часть работы разделяют на разделы, подразделы и, при необходимости, на пункты.

Каждый раздел необходимо начинать с нового листа. Разделы нумеруют арабскими цифрами в пределах всего текста. После номера и в конце заголовка раздела *точка не ставится*.

Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. *Переносы слов в заголовках не допускаются*.

Заголовки разделов оформляются *с прописной буквы, шрифтом 14 Ж*, с абзацного отступа *1,25 см*. Дополнительный *интервал после заголовка - 6 пт*.

(Если заголовок раздела занимает две и большее число строк, то интервал между этими строками – *полуторным*).

Подразделы нумеруются в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и порядкового номера подраздела, разделенных точкой. После номера подраздела точку не ставят.

Заголовки подразделов печатаются с абзацного отступа, *с прописной буквы шрифтом 12 Ж*, без точки в конце заголовка.

Дополнительный *интервал перед* заголовком подраздела – *6 пт*, *после* заголовка – *6 пт*.

Пункты нумеруются в пределах каждого подраздела. Номер пункта состоит из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точкой. После номера пункта точку не ставят.

Нельзя писать заголовок в конце страницы, если на ней не уместятся, по крайней мере, две строки текста, идущего за заголовком.

Пример оформления заголовков текста:

## **1 Разработка аппаратных средств**

**1.1**  
**1.2**  
**1.3** } **Нумерация пунктов первого раздела отчета**

## **2 Технические характеристики**

**2.1**  
**2.2**  
**2.3** } **Нумерация пунктов второго раздела отчета**

В пояснительной записке после титульного листа помещается лист **СОДЕРЖАНИЕ**, в котором указываются номера и наименования разделов, подразделов и приложений ТД с указанием номеров страниц, где они начинаются.

Разделы, подразделы записываются в содержании в точном соответствии с их наименованиями без сокращений *строчными буквами кроме первой прописной*.

### **Перечисления**

В тексте пояснительной записки перечисления производятся с абзацного отступа, каждое с новой строки с *дефисом*.

Примеры написания:

- текст пояснительной записки (ПЗ) (с рисунками, таблицами и т. п.);
- приложения;
- перечень терминов;
- перечень сокращений;
- перечень литературы.

При необходимости ссылки в тексте отчета на один из элементов перечисления вместо дефиса ставятся строчные буквы в порядке русского алфавита, начиная с буквы а (за исключением букв з, й, о, ч, ь, ы, ь).

Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

При необходимости дальнейшей детализации перечислений используются арабские цифры и строчные буквы русского алфавита, после которых ставятся скобки:

а)...

- б)...;  
    1)...;  
    2)...;

в).

Примеры написания:

- 1) текст пояснительной записки (ПЗ) (с рисунками, таблицами и т. п.);
- 2) приложения;
- 3) перечень терминов;
- 4) перечень сокращений;
- 5) перечень литературы.

Примеры написания:

- а) текст пояснительной записки (ПЗ) (с рисунками, таблицами и т. п.);
- б) приложения;
- в) перечень терминов;
- г) перечень сокращений;
- д) перечень литературы.

### **Сокращения слов**

Сокращение слов в тексте, как правило, не допускается. Исключение составляют сокращения, общепринятые в русском языке: т. е. (то есть), и т. п. (и тому подобное), и т. д. (и так далее), и др. (и другие).

При необходимости применения специфических терминов или сокращений нужно дать их разъяснение при первом упоминании. Например «...создание систем автоматического проектирования (САПР)». В последующем тексте принятые сокращения пишутся без скобок.

### **Формулы**

Составной частью текста пояснительной записки являются математические формулы и соотношения. Формулы создаются в редакторе формул.

Формулы располагают в середине строки и выделяют из текста свободными строками.

Пример оформления расчетов:

Количество населения в заданном пункте и подчиненных окрестностях с учетом среднего прироста населения определяется по формуле (3.1):

$$N_t = N_0 \left( 1 + \frac{\Delta N}{100} \right)^t, \quad (3.1)$$

где  $N_0$  – число жителей на время проведения переписи населения, тыс. чел.;

$\Delta N$  – средний годовой прирост населения в данной местности, % (принимается 2...3%);

$t$  – период, определяемый как разность между назначенным годом перспективного проектирования и годом проведения переписи населения, год.

$$N_t = 32,6 \left( 1 + \frac{2}{100} \right)^8 = 38,2 \text{ тыс. чел.}$$

Расшифровка формулы, при необходимости, приводится непосредственно под формулой. В конце формулы ставится запятая, пояснение значений символов дают с новой строки в той последовательности, в какой они приведены в формуле.

Формулы нумеруются в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в этом разделе. Номер формулы в круглых скобках помещается в крайнем правом положении на строке.

Ссылка в тексте на формулу: «...в формуле (3.1)».

### Таблицы

Цифровой материал оформляется в виде таблиц. Таблицу следует располагать непосредственно после ссылки на нее.

Размеры таблиц выбираются произвольно, в зависимости от представляемого материала. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм

Таблица 2.1 – Наименование таблицы

					Заголовки граф Подзаголовки граф Строки (горизонтальные ряды)

Заголовки граф и строк таблицы должны начинаться с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком. Если подзаголовки граф имеют самостоятельное значение, то их начинают с прописной буквы.

Заголовки указывают в единственном числе. В конце заголовков и подзаголовков таблицы точки не ставят.

Разделять заголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается. Графу

«Номер по порядку» в таблицу включать не допускается.

Таблицы нумеруются в пределах раздела. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы в этом разделе. Номер и наименование таблицы следует помещать над таблицей слева через тире.

Пример оформления таблицы:

Таблица 3.1– Длина участков трассы

Протяженность участка проектируемой трассы, км	Тип кабеля
0,084	ДПС-04-24А06-7,0
0,167	ДПС-04-24А06-7,0
0,301	ДПС-04-24А06-7,0
0,779	ДПС-04-24А06-7,0
Общая длина кабеля: 1,331 км	ДПС-04-24А06-7,0

Примечание – Толщину линий таблицы задайте 1 пт.

Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другой лист. При этом в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию не проводят. Над второй частью слева пишут: «Продолжение Таблицы 2.1».

Продолжение Таблицы 2.1

Дата	Наименование	Стоимость

### Рисунки

Графический материал располагают, возможно, ближе к тексту, в котором о нём упоминается.

Все рисунки нумеруются в пределах раздела и должны иметь наименование, Номер рисунка и его наименование располагают под рисунком следующим образом:

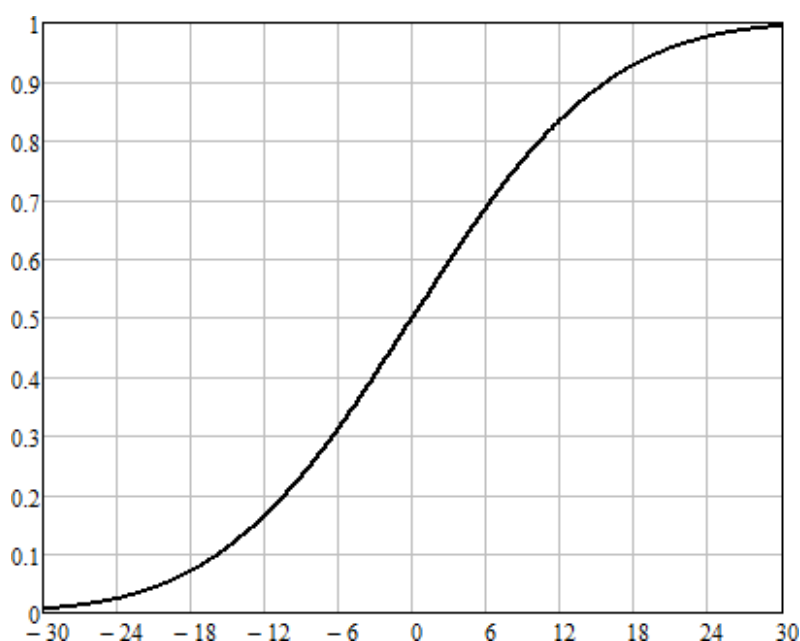


Рисунок 2.12 – Кривая коэффициента восприятия речи

Ссылка в тексте на рисунок: «...в соответствии с рисунком 4.3».

Если в разделе ВВЕДЕНИЕ есть рисунки, то они нумеруются как :

Рисунок В.1 – Название рисунка

### Список использованных источников

Список использованных источников приводится в конце пояснительной записки. Список использованных учебников, справочников, статей, стандартов и др. следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте работы и нумеровать арабскими цифрами без точки, печатать с абзацного отступа.

Список литературы должен быть составлен в алфавитном порядке. Список адресов серверов Internet указывается после литературных источников. При указании веб-адреса рекомендуется давать заголовок данного ресурса (заголовок веб-страницы).

При составлении списка литературы в алфавитном порядке следует придерживаться следующих правил:

- 1) законодательные акты и постановления правительства РФ;
- 2) специальная научная литература;
- 3) методические, справочные и нормативные материалы, статьи периодической печати.

Для многотиражной литературы при составлении списка указываются: полное название источника, фамилия и инициалы автора, издательство и год выпуска (для статьи – название издания и его номер). Полное название литературного источника приводится в начале книги на 2-3 странице.

Для законодательных актов необходимо указывать их полное название, принявший орган и дату принятия.

При указании адресов серверов Internet сначала указывается название организации, которой принадлежит сервер, а затем его полный адрес.

Примеры записей:

1 Глухов В. А. Исследование, разработка и построение системы электронной доставки документов в библиотеке: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Новосибирск, 2000. – 18 с.

2 Экономика и политика России и государств ближнего зарубежья : аналит. обзор, апр. 2007, Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений. – М. : ИМЭМО, 2007. – 39 с.

3 Фенухин В. И. Этнополитические конфликты в современной России: на примере Северо-Кавказского региона : дис. ... канд. полит. наук. – М., 2002. – с. 54–55.

4 Официальные периодические издания : электронный путеводитель / Рос. нац. б-ка, Центр правовой информации. [СПб], 200520076. URL: <http://www.nlr.ru/lawcenter/izd/index.html> (дата обращения: 18.01.2007).

5 Логинова Л. Г. Сущность результата дополнительного образования детей // Образование: исследовано в мире: междунар. науч. пед. интернет-журн. 21.10.03. URL: <http://www.oim.ru/reader.asp?номер=366> (дата обращения: 17.04.07).

6 Рынок тренингов Новосибирска: своя игра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nsk.adme.ru/news/2006/07/03/2121.html> (дата обращения: 17.10.08).

## Оформление приложений

Нумерация приложений осуществляется русскими буквами, кроме букв Ё, Й, Ъ, Ь, Ы, О.

В разделе СОДЕРЖАНИЕ название приложения оформляется следующим образом:

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Диаграмма классов

В самом приложении, слово **ПРИЛОЖЕНИЕ А** пишется жирным шрифтом по центру, на следующей строке пишется название приложения, по центру жирным шрифтом, например,

### **ПРИЛОЖЕНИЕ А** **Диаграмма классов**

Если приложение продолжается на следующей странице, то необходимо сверху по центру, нежирным шрифтом написать слова:

Продолжение Приложения А

**Если в приложении, например, в приложении А есть таблицы, то они нумеруются как:**

Таблица А.1– Название таблицы

Если в приложении есть рисунки, например, в приложении А, то они нумеруются как:

### Критерии оценки реферата:

– оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если студент представил реферат в соответствии с методическими указаниями, информация в реферате сформулирована обоснованно, логично и последовательно, применен творческий подход, учтены основные нормативно-правовые документы по информационной безопасности;

– оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если студент представил реферат в соответствии с методическими указаниями, информация в реферате сформулирована обоснованно, формулировки конкретные, приведены ссылки на нормативно-правовые документы по информационной безопасности, допущены некоторые неточности, имеется одна негрубая ошибка.

– оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если студент представил реферат в соответствии с методическими указаниями, информация в реферате сформулирована с нарушением логики, не полная, формулировка общая или неполная, имеются одна или две негрубые ошибки, приведены неверные ссылки на нормативно-правовые документы по информационной безопасности;

– оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если студент не представил реферат или выполнил ее неверно, без использования методических указаний, обоснования неверные, сделаны грубые ошибки, отсутствуют ссылки на нормативно-правовые документы по информационной безопасности.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине могут использоваться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров в рамках изучения дисциплины «Физические основы защиты информации» предусмотрено использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий.

### 6.1. Образовательные технологии

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах on-line в формах: видеолекций, лекций-презентаций, видеоконференции, собеседования в режиме чат, форума, чата, выполнения виртуальных практических и/или лабораторных работ и др.

Максимальный объем занятий обучающегося с применением электронных образовательных технологий не должен превышать 25%.

**Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
<i>Физические поля объектов и проблемы защиты информации</i>	<i>Обзорная лекция</i>	<i>Не предусмотрено</i>	<i>выполнение лабораторной работы</i>
<i>Основы теории физического</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Не</i>	<i>выполнение</i>

<i>поля</i>		<i>предусмотрено</i>	<i>лабораторной работы</i>
<i>Электромагнитные явления</i>	<i>Лекция</i>	<i>Не предусмотрено</i>	<i>выполнение лабораторной работы</i>
<i>Физические основы функциональных процессов в радиоэлектронных средствах</i>	<i>Обзорная лекция</i>	<i>Не предусмотрено</i>	<i>выполнение лабораторной работы</i>
<i>Физические основы акустических явлений</i>	<i>Лекция</i>	<i>Не предусмотрено</i>	<i>выполнение лабораторной работы</i>
<i>Физические эффекты в технических системах</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Не предусмотрено</i>	<i>выполнение лабораторной работы</i>

## 6.2. Информационные технологии

Название информационной технологии	Темы, разделы дисциплины	Краткое описание применяемой технологии
Использование возможностей Интернета в учебном процессе	1 - 6	Проведение входного, текущего и рейтингового контроля знаний учащихся (в системах дистанционного обучения)
Использование возможностей электронной почты преподавателя	1 - 6	Подготовка к защите отчетов и рефератов по лабораторным работам
Использование средств представления учебной информации	1 - 6	Использование мультимедийной презентации

При реализации различных видов учебной и внеучебной работы используются следующие информационные технологии:

- использование возможностей Интернета в учебном процессе (использование информационного сайта преподавателя (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление учащихся с оценками и т.д.));
- использование электронных учебников и различных сайтов (например, электронные библиотеки, журналы и т.д.) как источников информации;
- использование возможностей электронной почты преподавателя;
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий и практикумов, применение новых технологий для проведения очных (традиционных) лекций и семинаров с использованием презентаций и т.д.);
- использование интегрированных образовательных сред, где главной составляющей являются не только применяемые технологии, но и содержательная часть, т.е. информационные ресурсы (доступ к мировым информационным ресурсам, на базе которых строится учебный процесс);
- использование виртуальной обучающей среды (или системы управления обучением LMS Moodle «Электронное образование») или иных информационных систем, сервисов и мессенджеров]

### 6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

#### 6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013 , Microsoft Office Visio 2013	Офисная программа
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты

#### 6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем»: <https://library.asu.edu.ru>.
2. Электронный каталог «Научные журналы АГУ»: <http://journal.asu.edu.ru/>.
3. Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО «ИВИС»: <http://dlib.eastview.com/>
4. Электронно-библиотечная система elibrary. <http://elibrary.ru>
5. Справочная правовая система КонсультантПлюс: <http://www.consultant.ru>
6. Информационно-правовое обеспечение «Система ГАРАНТ»: <http://garant-astrakhan.ru>

### 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

#### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Физические основы защиты информации» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы

определяется последовательным освоением дисциплин (модулей) и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины (модуля) – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

**Таблица 6 – Соответствие разделов, тем дисциплины (модуля), результатов обучения по дисциплине (модулю) и оценочных средств**

№ п/п	Контролируемый раздел, тема дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1.	Физические поля объектов и проблемы защиты информации	ПК 1	Вопросы для обсуждения. Тестирование 1 Лабораторная работа 1 Контрольная работа 1
2.	Основы теории физического поля	ПК 1	Вопросы для обсуждения. Тестирование 2 Лабораторная работа 2. Контрольная работа 2
3.	Электромагнитные явления	ПК 1	Вопросы для обсуждения. Тестирование 3 Лабораторная работа 3. Контрольная работа 3 Реферат 1
4.	Физические основы функциональных процессов в радиоэлектронных средствах	ПК 1	Вопросы для обсуждения. Тестирование 4 Лабораторная работа 4. Контрольная работа 4
5.	Физические основы акустических явлений	ПК 1	Вопросы для обсуждения. Тестирование 5 Лабораторная работа 5. Контрольная работа 5
6.	Физические эффекты в технических системах	ПК 1	Вопросы для обсуждения. Тестирование 6 Лабораторная работа 6. Контрольная работа 6 Реферат 2

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

При решении комплексной ситуационной задачи можно использовать следующие критерии оценки:

**Таблица 7 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить

	примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

**Таблица 8 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задание

### 7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

#### Тема 1. Физические поля объектов и проблемы защиты информации

##### 1. Вопросы для обсуждения

1. Основные понятия и определения.
2. Модель физического эффекта.
3. Модель в виде «черного ящика».
4. Сущность процесса передачи информации.
5. Характеристика физических полей объектов
6. Физические проблемы защиты информации.
7. Физические основы образования каналов утечки информации.
8. Структура канала утечки информации.
9. Классификация технических каналов утечки информации (ТКУИ).

##### 2. Лабораторная работа 1

#### Комплект заданий для выполнения

#### лабораторной работы 1

### ИЗУЧЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО УСТРОЙСТВА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО РЕГИСТРАЦИЮ РАЗГОВОРОВ, ВЕДУЩИХСЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ

## 1 Цель работы

Целью работы является изучение работы лазера, изучение эффекта передачи речевой информации с помощью отраженного от поверхности оконного стекла лазерного излучения, а также изучение возможности противодействия съему такой информации с помощью звукопоглощающих материалов и конструкций.

## 2 Теоретическая часть

Лазерная разведка является одним из перспективных видов РЭР.

Лазеры были созданы в оптическом диапазоне электромагнитных волн, в который входят инфракрасные (0,75 - 1000 мкм), видимые (0,4 - 0,75 мкм) и ультрафиолетовые (0,1 - 0,4 мкм) волны. Еще в начале века было установлено, что в оптическом диапазоне волн мельчайшие частицы материи - молекулы и атомы - благодаря сложным процессам, происходящим в них, излучают электромагнитные волны и являются носителями энергии. Задача заключалась в том, чтобы найти способы управления и накопления электромагнитной энергии, излучаемой атомами и молекулами, имея в виду, что это излучение может происходить не непрерывно, а квантами и в широком оптическом диапазоне частот.

Советские ученые Н. Г. Басов и А. М. Прохоров впервые решили проблему индуцированного излучения в 1952 году, за что им и американскому ученому Ч.Таунсу была присуждена Нобелевская премия (1964 г.). Это открытие явилось началом в создании приборов, генерирующих инфракрасные, видимые и ультрафиолетовые лучи.

Приборы, работающие по новому принципу и генерирующие особые по свойствам лучи, были названы квантово-механическими генераторами оптического диапазона волн. Их называют также оптическими квантовыми генераторами, сокращенно - лазерами.

Рассмотрим работу гелий-неонового лазера непрерывного действия. Гелий-неоновые лазеры излучают монохроматический пучок мощностью до нескольких десятков милливатт, работают и в импульсном, и в непрерывном режимах, прочны и сравнительно безопасны в эксплуатации. Эти лазеры генерируют излучение и в видимой, и в инфракрасной областях спектра. В видимой области спектра длина волны их излучения приходится на красную часть спектра ( $\lambda = 632,8$  нм), в инфракрасной области спектра они генерируют излучение на длинах волн 1150 и 3390 нм. Приборы такого типа стали наиболее распространенным видом лазера.

Принципиальная схема гелий-неонового лазера изображена на рисунке 1.1. Здесь 1 - газоразрядная стеклянная трубка диаметром несколько миллиметров и длиной от нескольких десятков сантиметров до 1,5 метра и более. Торцы трубки замкнуты плоскопараллельными пластинками, ориентированными под углом Брюстера к оси трубки. Для излучения, распространяющегося вдоль оси трубки, поляризованного в плоскости падения света на пластинки, коэффициент отражения от них равен нулю.

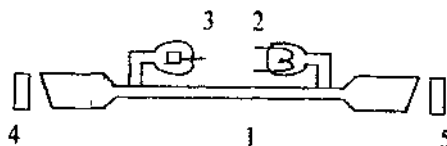


Рисунок 1.1

Давление гелия в трубке примерно равно 1 мм рт.ст., давление неона - 0,1 мм рт.ст. Трубка имеет катод 2, накаливаемый низковольтным источником питания, и цилиндрический пустотелый анод 3. Между катодом и анодом на трубку подается напряжение 1-2,5 кВ. Разрядный ток в ней равен нескольким десяткам миллиампер. Разрядная трубка гелий - неоновое лазера помещается между зеркалами 4 и 5.

Зеркала, обычно сферические, делаются с многослойными диэлектрическими покрытиями, имеющими высокие значения коэффициента отражения и почти не обладающими поглощением света.

При нагретом катоде трубки и включенном анодном напряжении трубка светится и в ней отчетливо виден газоразрядный столб розового цвета. По внешнему виду включенная трубка вполне аналогична газоразрядным неоновым рекламным трубкам. Если через спектроскоп наблюдать ненаправленное свечение этой трубки, то отчетливо видна совокупность многих спектральных линий неона, расположенных в различных областях видимого спектра, и желтые линии свечения гелия. При правильной ориентации через оба зеркала (но в особенности через зеркало с большим значением коэффициента пропускания) распространяются хорошо коллимированные интенсивные пучки монохроматического (красного) света с длиной волны 632,8 нм. Эти пучки возникают в результате генерации излучения гелий-неонового лазера.

Кратко рассмотрим процессы, которые обеспечивают инверсную заселенность уровней неона.

На рисунке 1.2 приведена упрощенная схема уровней энергии атома неона (справа). Излучению с длинами волн 632,8 нм и 1150 нм соответствуют переходы  $E_3 \rightarrow E_1$  и  $E_2 \rightarrow E_1$ . Помимо уровней  $E_4, E_3, E_2, E_1$ , атом неона имеет еще 28 состояний с энергиями меньше, чем  $E_3$  но они для нас несущественны.

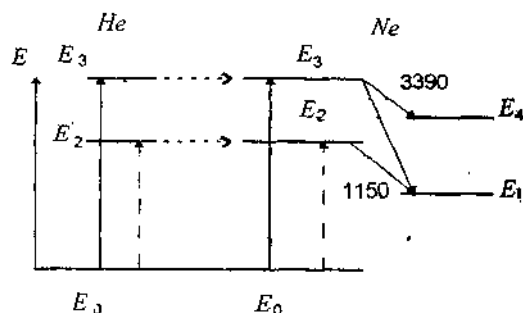


Рисунок 1.2- Энергетические уровни атомов гелия и неона

В результате столкновений с электронами газоразрядной плазмы часть атомов возбуждается, что отмечено на рисунке 1.2 вертикальными пунктирными стрелками. При определенных режимах разряда этот процесс оказывается достаточным для образования инверсной заселенности уровней  $E_2$  и  $E_1$ . Однако уровни  $E_3, E_1$  и  $E_3, E_4$  переходы между которыми отвечают  $\lambda = 632,8$  и  $\lambda = 3390$  нм, заселены не инверсно. Положение изменяется, если в разрядную трубку ввести гелий. Гелий обладает двумя долгоживущими (метастабильными) состояниями  $E_2, E_3$ , показанными на левой части; эти состояния возбуждаются при столкновениях с электронами, и ввиду большой длительности их существования концентрация метастабильных атомов гелия в разряде очень велика. Энергия  $E_3, E_2$  метастабильных состояний гелия очень близка к энергиям  $E_3, E_2$  неона, что благоприятно для передачи энергии возбуждения от гелия к неону при их столкновениях. Эти процессы показаны горизонтальными стрелками.

В результате концентрация атомов неона, находящихся на уровнях  $E_3, E_2$ , резко увеличивается, и возникает инверсная заселенность уровней  $E_3$  и  $E_1$ , а разность заселенностей уровней  $E_1$  и  $E_2$  увеличивается в несколько раз. Таким образом, добавление гелия к неону (примерно в пропорции 5:1-10:1) весьма существенно для генерации в гелий-неоновом лазере. Точные количественные исследования показали, что степень пространственной когерентности  $\gamma_{12}$  излучения гелий-неонового лазера почти равна единице. Например, некогерентная часть потока  $1 - \gamma_{12}$  оказалась порядка  $10^{-3}$  для тех точек поперечного сечения пучка, где интенсивность составляет 0,1% от максимальной, а для точек на оси порядка  $10^{-5}$ . Благодаря высокой когерентности гелий-неоновый лазер служит превосходным источником непрерывного монохроматического излучения для исследования всякого рода интерференции и интерференционных явлений.

Многочисленные варианты гелий-неонового лазера нашли применение в системах лазерной связи, голографии, в акустоскопии и многих других областях техники.

При использовании лазерного излучения для прослушивания разговоров, ведущихся в помещениях, лазерный пучок используется для сканирования (в режиме отражения) поверхности стекла, участки которой испытывают микроперемещения, сопровождающиеся распространением акустической волны.

Опишем простейший случай распространения в помещении плоской монохроматической упругой волны. Амплитуда звукового давления и скорость колебаний в этом случае не зависят от расстояния, пройденного волной [2].

Типовое решение волнового уравнения для таких волн, распространяющихся в положительном направлении, для скорости колебания

$$v = v_m \exp[i(\Omega t - \bar{k}r)], \quad (1.1)$$

где  $v = \frac{dU}{dt}$  - скорость колебаний частиц воздуха;

$U$  - смещение частиц воздуха под действием звукового давления;

$v_m$  - амплитуда скорости колебаний частиц;

$\Omega$  - угловая частота колебаний,  $\Omega = 2\pi f$ ;

$f$  - частота звука;

$k$  - волновое число,  $k = \frac{\Omega}{c}$ ;

$c$  - скорость распространения звука;

$r$  - радиус-вектор.

Выражение для звукового давления такой волны может быть написано в виде:

$$p = p_m \exp[i(\Omega t - \bar{k}r)], \quad (1.2)$$

Преломление звуковой волны на границе раздела воздух - стекло приведет к тому, что в зависимости от соотношения удельных акустических сопротивлений обеих сред часть энергии перейдет из одной среды в другую. Звуковая волна, распространяясь в стекле, может быть описана уравнением движения упругой среды.

Использование закона Р. Гука для изотропного твердого тела (стекла), устанавливающего связь между напряжением ( $\sigma_{ij}$ ) и деформацией  $\left(\xi = \frac{dU}{dx}\right)$ , показало, что деформация в упругой плоской волне является функцией одной координаты (например,  $x$ ) и времени.

Для анализа распространения упругих волн можно обратиться к общим уравнениям движения упругой среды:

$$p\ddot{U}_i = \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j}, \quad (1.3)$$

где  $\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j}$  - сила внутренних напряжений среды,

$U$  - ускорение,

$p$  - плотность среды.

Описание плоской монохроматической упругой волны в стекле для вектора смещения такой волны имеет вид:

$$U_i = U_i^0 \exp[i(\bar{k}x - \Omega_c t)], \quad (1.4)$$

где  $\Omega_c$  - круговая частота.

Подстановкой (1.4) в (1.3) для компонент вектора смещения  $U$ , были получены следующие выражения:

$$\begin{cases} \frac{\partial U_1}{\partial x^2} - \frac{1}{c_l^2} \cdot \frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2} = 0, \\ \frac{\partial U_2}{\partial x^2} - \frac{1}{c_t^2} \cdot \frac{\partial^2 U_2}{\partial t^2} = 0, \\ \frac{\partial U_3}{\partial x^2} - \frac{1}{c_t^2} \cdot \frac{\partial^2 U_3}{\partial t^2} = 0, \end{cases} \quad (1.5)$$

$$\text{где } c_l = \sqrt{\frac{E'(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}},$$

$$c_t = \sqrt{\frac{E'}{2\rho(1+\nu)}},$$

$E'$  - модуль Юнга,  $E' = \frac{1}{S_{ij}}$ ,

$S_{ij}$  - коэффициент упругой податливости,

$\nu$  - коэффициент Пуассона.

Это волновые уравнения в одном измерении,  $C_l$  и  $C_t$ , - скорости распространения волны. Причем из уравнений (1.5) следует, что скорость распространения волны оказывается различной для компонента  $U_1$  и компонентов  $U_2$  и  $U_3$ . Таким образом, упругая волна в стекле представляет собой по существу три независимо распространяющиеся в одном направлении волны, в одной из которых ( $U_1$ ) смещение направлено вдоль распространения волны, а в двух других ( $U_2$  и  $U_3$ ) смещение частиц стекла происходит в плоскости, перпендикулярной направлению распространения. Первая волна, продольная, распространяется со скоростью  $c_l$ , а вторая и третья - поперечные, распространяются с одинаковой скоростью  $c_t$ , причем  $c_l > c_t$ .

Полученное соотношение справедливо для волн, распространяющихся в среде, неограниченной во всех направлениях.

Поскольку съем информации осуществляется с оконного стекла, поверхность которого ограничена, толщина стекла мала по сравнению с размерами в двух других направлениях, длина акустической волны велика по сравнению с толщиной стекла, за модель следует принять уравнения деформации тонкой пластинки. Сами деформации считаются малыми, критерием малости деформации является малость смещений точек пластины по сравнению с ее толщиной.

Было получено выражение для полной свободной энергии ( $F_{nl}$ ) деформированной пластинки в виде:

$$F = \frac{E'h^3}{24(1+\nu^2)} \iint \left\{ \left( \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} \right) + 2(1-\nu) \left[ \left( \frac{\partial^2 \xi}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} \right] \right\} dx dy \quad (1.6)$$

где  $h$  - толщина пластинки;

$\xi$  - смещение точек по поверхности вдоль координаты  $Z$ , деформация.

Выражение (1.6) получено из условия, что плоскость  $x, y$  совпадает с плоскостью недеформированной пластинки, компоненты смещения точек в плоскости  $x, y$  являются величинами второго порядка малости по сравнению с  $\xi$  и могут быть положены равными нулю. Вектор смещения точек нейтральной поверхности:

$$U_x = U_y = 0, \quad U_z = \xi(x, y), \quad (1.7)$$

Нас интересует форма, принимаемая пластинкой под влиянием приложенных сил, величина  $\xi$  является смещением точек пластинки, рассматриваемой как поверхность при ее изгибании.

Уравнение равновесия пластинки, изгибаемой действующими на нее внешними силами:

$$D\Delta^2\xi = P, (1.8)$$

где  $P$  - внешняя сила, отнесенная к единице площади поверхности пластинки и направленная по нормали к ней;

$\Delta$  - двухмерный оператор Лапласа;

$D$  - жесткость пластинки.

$$D = \frac{E'h^3}{12(1-\nu^2)}, (1.9)$$

Граничные и краевые условия для уравнения (1.8) весьма сложны. Для случая, когда пластинка имеет круглую форму и края ее заделаны, эти условия значительно упрощаются, и определена деформация:

$$\xi = \frac{f}{8\pi D} \left[ \frac{1}{2}(R^2 - r^2) - r^2 \ln \frac{R}{r} \right], (1.10)$$

где  $f$  - приложенная сила;

$R$  - радиус пластинки.

Так, для  $R = 0,15$  м,  $h = 0,025$  м,  $r = 0,5$  м, давления  $0,05$  Па получено  $\xi = 1,35 \cdot 10^{-5}$  м. Такая деформация соответствует амплитуде давления нормального разговора на расстоянии  $1$  м от пластинки.

Волны, распространяющиеся в тонких пластинках, существенно отличаются от волн, распространяющихся в неограниченной среде. В пластинках имеют место волны изгиба, при которых колебания происходят в направлении, перпендикулярном плоскости пластинки, и сопровождаются ее изгибом. Причем частота свободных колебаний пластинки пропорциональна квадрату волнового вектора, скорость распространения волн изгиба по пластинке пропорциональна волновому вектору, а не постоянна, как для волн в

неограниченной трехмерной среде:  $c = \left[ \frac{E'h^3}{3\rho(1-\nu^2)} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot k, (1.11)$

где  $c$  - групповая скорость в изотропной среде, совпадающая с направлением волнового вектора.

Частота волн изгиба пластинки соответствует частоте вынуждающей силы, т.е. плоская монохроматическая волна акустического поля помещения вызывает периодические, с частотой  $f = 2\pi\Omega$ , упругие деформации  $\xi(\Omega)$  поверхности стекла. Из-за микродеформаций поверхности изменяется с частотой звука угол падения (и отражения) сканирующего лазерного пучка.

Возможно предположить, что отраженный лазерный пучок из-за периодических изменений угла отражения, попадая на вход фотоумножителя, то в большей, то в меньшей степени перекрывает площадь входного окна фотоумножителя, тем самым изменяя падающий на фотокатод входной поток света, который далее преобразуется в развертку электронного луча.

Установка перед фотоумножителем объектива позволяет сфокусировать отраженный лазерный пучок таким образом, что размер пятна на входе фотоумножителя становится в несколько ( $\sim$  в 5...6) раз меньше площади его входного окна. С изменением звукового сигнала пятно не смещается на ней. Однако и в этом случае на экране осциллографа фиксируется информация о звуке, переданная отраженным лазерным пучком.

Определим, изменение каких параметров отраженного лазерного излучения может передавать информацию об акустическом поле.

Опыты Винера и Айвса, связанные с фотографическим действием и фотоэлектрическим эффектом, показали, что они связаны с электрическим вектором

электромагнитной волны. Если исходить из электронных представлений, то это легко понять: большинство процессов, наблюдаемых в веществе под действием света, связаны с его воздействием на электроны. Так, при фотоэффекте происходит вырывание электронов из освещаемого металла. Так как электроны представляют собой электрические заряды, то сила, действующая на них, определяется, в первую очередь, электрическим полем, т.е. электрическим вектором электромагнитной волны, а действие магнитного вектора непосредственно не сказывается.

Из вышесказанного вытекает следующая вероятная последовательность преобразований информации о звуковом поле:

$$\rho(\Omega) \rightarrow \xi(\Omega) \rightarrow \varphi(\Omega) \rightarrow R(\Omega) \rightarrow E_{omp}(\Omega, \omega) \rightarrow I(\Omega, \omega) \rightarrow U(\Omega) \rightarrow P(\Omega)$$

где  $\varphi(\Omega)$  - угол падения (отражения) лазерного пучка;

$E_{omp}(\Omega, \omega)$  - вектор напряженности электрического поля отраженного пучка;

$\omega$  - круговая частота лазерного излучения;

$I(\Omega, \omega)$  - интенсивность отраженного пучка;

$U(\Omega)$  - переменное напряжение звуковой частоты;

$P(\Omega)$  - звуковое давление на выходе динамика.

Известно, что излучение лазера является поляризованным. В общем случае эта поляризация эллиптическая. В отличие от геометрических законов, амплитуды отраженной и преломленной волн зависят от поляризации падающей волны. Законы, определяющие направление распространения волн, одни и те же при любой поляризации.

Запишем известные выражения для падающей, отраженной и преломленной волн:

$$\begin{aligned} E_i \exp[i(\omega t - k_i \bar{r} \bar{S}_i)] & k_i = \frac{\omega}{U_i} = \frac{\omega}{C} n_1, \\ E_r \exp[i(\omega t - k_r \bar{r} \bar{S}_r)] & k_r = \frac{\omega}{U_r} = \frac{\omega}{C} n_1, \\ E_d \exp[i(\omega t - k_d \bar{r} \bar{S}_d)] & k_d = \frac{\omega}{U_d} = \frac{\omega}{C} n_2, \end{aligned} \quad (1.12)$$

где  $C$  - скорость свет;

$\omega, U_j$  - частоты и скорости волн;

$E_j$  - амплитуды волн;

$n_1, n_2$  - показатели преломления граничных сред;

$S_j$  - единичные векторы, лежащие в плоскости падения (нормаль к плоскости раздела сред),  $j = [i, r, d]$ .

Известны формулы Френеля, дающие соотношения между амплитудами падающей, отраженной и преломленной волн вектора напряженности электрического поля. Они получены исходя из разложения амплитуд на компоненты  $E_{\parallel}$  и  $E_{\perp}$ , лежащие соответственно в плоскости падения и перпендикулярной к ней плоскости отражения:

$$\bar{E}_j = \bar{E}_{j\perp} + \bar{E}_{j\parallel}. \quad (1.13)$$

Формулы Френеля позволяют решить задачу отражения и преломления света произвольной поляризации.

$$R_{\perp} = \frac{\bar{E}_{r\perp}}{\bar{E}_{i\perp}} = -\frac{\sin(\varphi - \psi)}{\sin(\varphi + \psi)}, \quad (1.14)$$

$$R_{\parallel} = \frac{\bar{E}_{r\parallel}}{\bar{E}_{i\parallel}} = -\frac{\text{tg}(\varphi - \psi)}{\text{tg}(\varphi + \psi)}, \quad (1.15)$$

где  $\varphi$  - угол падения и отражения;  $\psi$  - угол преломления.

Поскольку амплитуда вектора напряженности электрического поля падающего пучка  $E_i$  не изменяется, а углы  $\varphi$  и  $\psi$  в акустическом поле помещения зависят от  $\Omega$ , коэффициент Френеля  $R$  также будет зависеть от  $\Omega$ . Следовательно, вектор напряженности электрического поля отраженного пучка может быть записан в виде:

$$E_r = [E_{i\perp} R_{\perp}(\Omega) + E_{i\parallel} R_{\parallel}(\Omega)] \exp[i(\omega t - k_r r - \bar{S}_r)]. \quad (1.16)$$

Изменение амплитуды вектора во времени означает вариацию интенсивности пучка. Энергия света для отраженной волны, покидающая единицу площади поверхности в единицу времени, выразится соотношением:

$$I_r = \frac{cn_1}{8\pi} [E_{r\perp}^2(\Omega) + E_{r\parallel}^2(\Omega)] \cos \varphi. \quad (1.17)$$

Из выражения (1.17) следует, что изменение интенсивности отраженного лазерного пучка за счет изменения амплитуды  $E_r(\Omega)$  несет информацию об акустическом поле помещения.

Работа фотоумножителя связана с его реакцией на изменение входного потока света. Причем

$$d\Phi = I \sigma_{nl} \cos \varphi d\Omega_T. \quad (1.18)$$

где  $d\Phi$  - изменение светового потока;  $\sigma_{nl}$  - площадь окна фотоумножителя;  $\varphi$  - угол между нормалью к плоскости окна и направлением потока;  $d\Omega_T$  - изменение телесного угла.

Из формулы (1.18) следует, что изменение потока связано как с изменением интенсивности из-за вариации  $E_r$ , так и с изменением диаграммы направленности из-за изменения  $\cos \varphi$ . Расчеты показали, что эти компоненты представляют собой величины одного порядка, сравнимы по абсолютной величине между собой.

Таким образом, для создания противодействия такому съему информации необходимо разрабатывать методы, позволяющие уменьшить до нуля  $R$  путем создания на стекле специального слоя покрытия.

Для создания препятствия для прослушивания разговоров, ведущихся в помещении, с помощью лазерного излучения возможно использование звукопоглощающих материалов и конструкций перед оконным стеклом в помещении.

Коэффициенты поглощения материалов зависят от частоты. Одни материалы имеют большее поглощение на низких, другие - на высоких, третьи - на средних частотах. Ряд материалов имеет немонотонную зависимость коэффициента поглощения от частоты. Все это позволяет подбирать общее поглощение в помещении оптимальной величины во всем диапазоне частот. Для предотвращения прослушивания в качестве звукопоглощающего материала перед окном можно использовать пористые поглощающие материалы. На рисунке 1.3 приведены частотные характеристики коэффициентов поглощения пористых материалов: 1 - драпировка на окне, 2 - драпировка на расстоянии 10 см от окна.

Коэффициентом поглощения материала называется отношение поглощенной энергии звуковой волны  $I$  к падающей энергии  $I_{пад}$  на поверхности этого материала:

$$\alpha = \frac{I}{I_{пад}}.$$

Для поглощающего материала с размером, сравнимым с длиной звуковой волны, коэффициент поглощения зависит от соотношения между ними. Коэффициент поглощения портьеры с небольшими размерами по сравнению с длиной звуковой волны больше, чем портьеры с большими размерами. Поэтому лучшее звукопоглощение в помещении обеспечивается, если иметь ряд узких портьер, чем одну широкую (при равной общей ширине).

Из графиков видно, что пористые звукопоглощающие материалы дают преимущественное поглощение в области высоких частот (>1000 Гц) и очень неэффективны в нижней части частотного диапазона.

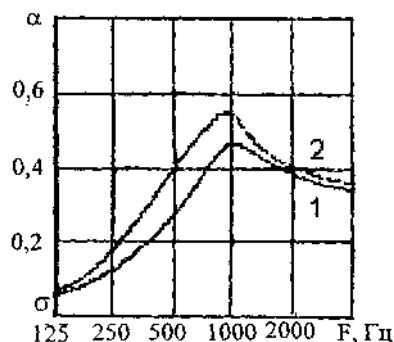


Рисунок 1.3 - Частотные характеристики коэффициента поглощения пористых материалов

В данном случае может быть использована такая конструкция поглощающего материала как резонансные поглотители, одним из видов которых является мембранный поглотитель - натянутый холст, прикрывающий окно. Максимум поглощения получается на резонансных частотах. Для натянутого холста с силой  $P$  резонансные частоты;

$$f_k = \frac{k}{2l} \sqrt{\frac{F}{\rho t b}},$$

где  $\rho$  - плотность материала холста;  
 $l, b, t$  - длина, ширина и толщина полотна;  
 $k$  - порядок резонансной частоты.

Так, полотно размером 2x1 м, толщиной  $2 \cdot 10^{-4}$ , плотностью  $200 \text{ г/м}^3$ , натянутое с силой 1.6 Н, дает первую резонансную частоту 50 Гц, соответственно вторую 100 Гц и т.д. Резонансные поглотители эффективны в области частот <1000Гц.

### 3 Описание лабораторной установки

Лабораторная установка для изучения физического эффекта передачи с помощью лазерного пучка информации о звуковой частоте и для изучения влияния звукопоглощающих материалов приведена на рисунке 1.4.

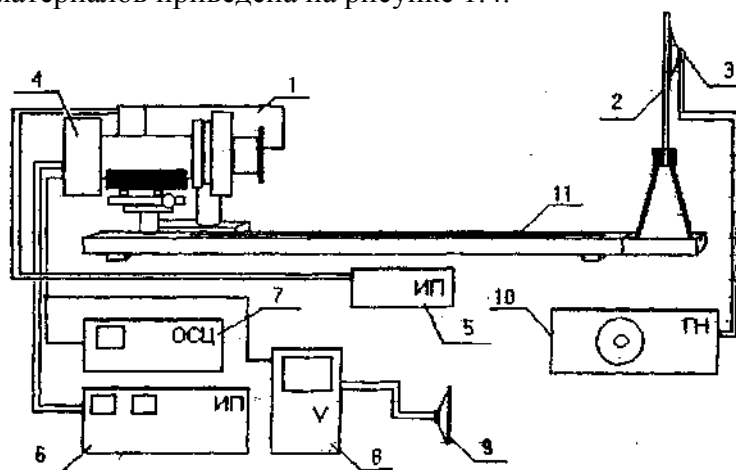


Рисунок 1.4

#### Установка содержит:

Гелий-неоновый лазер, закрепленный на оптической скамье;

Рейтер с закрепленной в нем стеклянной пластинкой;  
Рейтер с закрепленным динамиком, подключенным к генератору звуковой частоты;  
Фотоумножитель;  
Блок питания лазера;  
Источник постоянного тока для питания фотоумножителя;  
Осциллограф;  
Усилитель;  
Динамик;  
Генератор низкочастотный ГЗ.

#### **4 Задание для выполнения работы**

Данные: с генератора на динамик подается гармонический сигнал звуковой частоты: 1) 70 Гц, 2) 200 Гц, 3) 500 Гц

Рассчитать величину деформации пластинки, если давление, действующее на нее, соответствует обычной человеческой речи. Рассчитать коэффициенты Френеля и напряжённость электрического поля отраженного пучка лазера при изменении угла падения на 10%, на 1 %, если напряжённость электрического поля падающего пучка составляет 10 В/м.

#### **Требования к отчету**

Отчет должен содержать рисунок лабораторной установки, ее описание. Графически отобразить частотные характеристики коэффициента поглощения пористых материалов. Привести результат теоретических расчетов.

### **3. Контрольная работа 1**

#### **Вопросы к контрольной работе № 1**

1. Модель физического эффекта. Закономерности проявления ФЭ.
2. Физические основы технических систем. Модель в виде «черного ящика».
3. Сущность процесса передачи информации.
4. Характеристика физических полей объектов.
5. Физические поля различной природы как носители информации.
6. Электрическое поле. Магнитное поле. Электромагнитное поле. Акустическое поле.
7. Физические проблемы защиты информации.
8. Физические основы образования каналов утечки информации.
9. Структура канала утечки информации.
10. Классификация технических каналов утечки информации (ТКУИ).

#### **4. Тест 1**

#### **Вопросы теста 1 по теме 1**

**Банк тестовых заданий размещен на сайте центра цифрового обучения**  
**<http://moodle.asu.edu.ru>**

1. Выберите правильный вариант ответа. Количество энергии, проходящей в 1 единицу времени через 1 единицу площади перпендикулярно направлению распространения  
Интенсивность звука  
Громкость звука  
Отражение звука
2. Вставьте пропущенные слова. Совокупность физического поля, несущего конфиденциальную информацию, и технического средства нарушителя для регистрации этого поля определяется как технический канал утечки информации.

3. Выберите правильный вариант ответа. Область физики, в которой исследуются упругие колебания и волны от самых низких частот (условно от 0 Гц) до предельно высоких (10<sup>12</sup>–10<sup>13</sup> Гц), процессы их возбуждения и распространения, взаимодействие их с веществом и разнообразные применения

акустика

отражение

упругая волна

электричество

4. Вставьте пропущенные слова. Скрытно устанавливаемое техническое средство осуществления угрозы информации – это закладное устройство.

5. Вставьте пропущенные слова. Материально-информационное преобразование вещества, при котором физическое воздействие на объект приводит к возникновению какого-то физического поля или действия – это физический эффект.

6. Выберите правильный вариант ответа. Векторная физическая величина, характеризующая электрическое поле в данной точке и численно равная отношению силы  $F$ , действующей на неподвижный точечный заряд, помещённый в данную точку поля, к величине этого заряда  $q$  - это

электрическая индукция

Электростатический потенциал

электромагнитный потенциал

Напряжённость электрического поля

7. Выберите правильный вариант ответа. Векторная физическая величина, равная разности вектора магнитной индукции  $B$  и вектора намагничённости  $M$

Напряжённость магнитного поля

Напряжение электрического поля

Разность потенциалов

Напряжённость электрического поля

## **Тема 2. Основы теории физического поля**

### ***1. Вопросы для обсуждения***

- 1) Поток векторного поля и его физический смысл.
- 2) Дивергенция векторного поля и ее физический смысл.
- 3) Циркуляция векторного поля и ее физический смысл.
- 4) Ротор векторного поля и его физический смысл.
- 5) Градиент скалярного поля и его физический смысл.
- 6) Волновые процессы.
- 7) Общая классификация волн.
- 8) Гармонические волны и волновое уравнение
- 9) Уравнение плоской бегущей волны. Волновое уравнение.
- 10) Волновые явления.

### ***3. Лабораторная работа 2***

## **Комплект заданий для выполнения лабораторной работы 2**

### **Тема ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТА МАСКИРОВКИ**

#### **Введение**

Передача информации по системам вещания, телефонной связи, звукозаписи и воспроизведения звука предназначена для человека. Поэтому для правильного проектирования и эксплуатации этих систем необходимо знать свойства слуха человека.

Орган слуха человека является своеобразным приемником звука, резко отличающимся от приемников звука, создаваемых человеком. Ухо человека обладает свойствами частотного анализатора, дискретным восприятием по частотному и динамическому диапазонам. Так аналоговый звуковой сигнал превращается в последовательность электрических импульсов двоичного типа. Все эти операции осуществляются во внутреннем ухе, в улитке. В улитке находится базилярная мембрана, состоящая из большого числа волокон, слабо связанных между собой. Вдоль основной мембраны расположены нервные окончания, каждое из которых возбуждается от прикосновения к ним волокон основной мембраны, посылая в слуховой центр мозга электрические импульсы.

Там эти импульсы подвергаются сложному анализу, в результате которого человек определяет передаваемое сообщение. Воспринимаемый слухом частотный диапазон ограничен снизу частотой 16...20 Гц, а сверху - частотой 20000 Гц.

### Цель работы

Целью данной лабораторной работы является изучение восприятия человеком звука по амплитуде и частоте: определение порога слышимости в условиях тишины и в условиях шумов и помех.

### Теоретическая часть

Если волокно основной мембраны при своих колебаниях не достигает до ближайшего к нему нервного окончания, то человек такой звук не слышит. Но как только при увеличении амплитуды колебаний волокна оно коснется нервного окончания, произойдет это раздражение. Нервное окончание сразу же начнет посылать электрические импульсы в слуховой центр мозга, и звук будет услышан. Этот скачкообразный переход из слышимого состояния в неслышимое и обратно называют порогом слышимости. Абсолютное значение слухового ощущения на пороге слышимости мало, но все же имеет вполне конечное значение. Порог слышимости зависит от частоты. На рисунке 2.1 приведены эти зависимости, причем по оси ординат отложены уровни звукового давления.

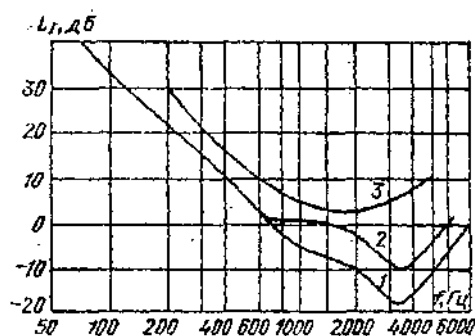


Рисунок 2.1 - Частотная зависимость уровней порога слышимости

1 - для бинаурального слушания, когда давление создается множеством источников звука, беспорядочно расположенных в горизонтальной плоскости вокруг головы (диффузный порог);

2 - для бинаурального слушания, когда давление создается источником звука, расположенным на некотором расстоянии перед слушателем (фронтальный порог);

3 - для моноурального слушания, когда давление в ушной раковине создается с помощью телефона (порог по давлению).

Часто приходится иметь дело с различными зависимостями порога слышимости от частоты. Разница между ними обусловлена различием в условиях измерений порога: для бинаурального слушания, когда давление создается множеством источников звука, расположенных в горизонтальной плоскости вокруг головы, для бинаурального слушания,

когда давление создается источником звука, расположенным на некотором расстоянии перед слушателем, для моноурального слушания, когда давление в ушной раковине создается с помощью телефона.

Эффект маскировки. В условиях шума и помех можно не услышать даже громкий разговор, т.е. в условиях шума и помех порог слышимости для приема слабого звука возрастает. Это повышение порога слышимости называют маскировкой. Величина маскировки определяется величиной повышения порога слышимости для принимаемого звукового сигнала

$$M = L_{n.c.u} - L_{n.c.m}, \quad L_{n.c.u} = 10 \lg \frac{I_{ш}}{I_0}; \quad L_{n.c.m} = 10 \lg \frac{I_T}{I_0}.$$

где  $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ ;  $L_{n.c.u}$ ,  $L_{n.c.m}$  - уровни порога слышимости в тишине и при помехах.

Низкочастотные тона сильнее маскируют высокочастотные, чем наоборот. На рисунке 2.2 приведены кривые маскировки для ряда частот и уровней тонов.

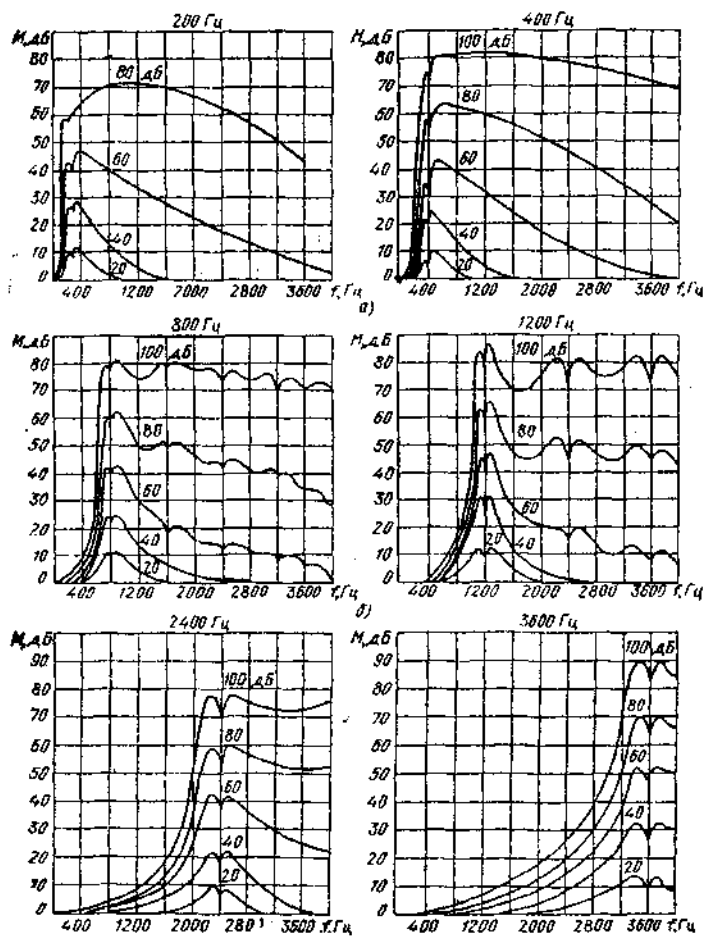


Рисунок 2.2 - Кривые маскировки для ряда частот и их уровней

По оси абсцисс отложена частота маскируемого тона, по оси ординат - величина маскировки (параметр кривых - уровень ощущения маскирующего тона; вверху каждого графика указана частота маскирующего тона).

При разности частот около нескольких десятков герц величина маскировки начинает уменьшаться из-за биений, и при равенстве частот она имеет локальный минимум. Точно такие же локальные минимумы наблюдаются и на частотах, кратных частоте маскирующего тона.

#### Описание лабораторной установки

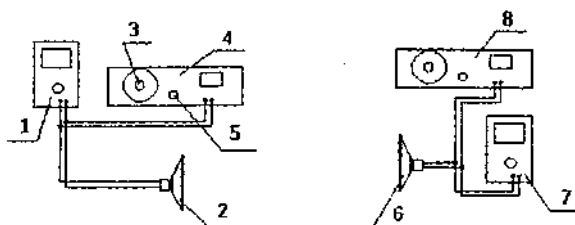


Рисунок 2.3

В состав лабораторной установки входит:

1. Измеритель уровня интенсивности звука или уровня звукового давления;
2. Динамик (1);
3. Ручка регулирования частоты генератора;
4. Тональный генератор;
5. Ручка регулирования амплитуды тонального сигнала;
6. Динамик (2);
7. Измеритель уровня интенсивности маскирующего тона;
8. Второй тональный генератор или шумовой генератор.

#### Задание для выполнения работы

Данные: частота основного тона  $f_0=100$  Гц, диапазона изменения: от 100 Гц до 1200 Гц через 200 Гц; от 1200 Гц до 2800 Гц через 400 Гц.

Построить кривую порога слышимости.

Данные: частота маскирующего тона  $f_m=400$  Гц, уровень 80 дБ; частота основного тона 1200 Гц. Найти минимальный уровень для тона 1200 Гц, который может быть услышан на фоне мешающего (маскирующего) тона.

Данные: частота маскирующего тона  $f_m=2400$  Гц, уровень 80 дБ. частота основного тона 1200 Гц. Найти минимальный уровень для тона 2400 Гц, который может быть услышан на фоне мешающего (маскирующего) тона.

#### Требования к отчету

Отчет должен содержать описание лабораторной установки и три графика: кривая порога слышимости в тишине, кривые маскировки для тонов  $f_m=100$  Гц и  $f_m=2500$  Гц.

#### 4. Контрольная работа 2

##### Вопросы к контрольной работе № 2

1. Элементы теории поля. Основы теории поля физические.
2. Поток векторного поля и его физический смысл.
3. Дивергенция векторного поля и ее физический смысл.
4. Циркуляция векторного поля и ее физический смысл.
5. Ротор векторного поля и его физический смысл.
6. Градиент скалярного поля и его физический смысл.
7. Волновые процессы. Общая классификация волн.
8. Распределение волн по частоте.
9. Гармонические волны и волновое уравнение. Основные определения.
10. Уравнение плоской бегущей волны.
11. Волновое уравнение.
12. Волновые явления.

#### 4. Тест 2

**Вопросы теста 2 по теме 2**  
**Банк тестовых заданий размещен на сайте центра цифрового обучения**  
**<http://moodle.asu.edu.ru>**

1. Запись информации на носителя в виде физических полей осуществляется посредством процесса  
демодуляции  
модуляции  
отражения  
интерференции волн
  
2. Поток вектора поля сквозь замкнутую поверхность прямо пропорционален количеству источников поля внутри поверхности, т.е. в объеме, ограниченном этой поверхностью - это теорема  
Даламбера  
Остроградского-Гаусса  
Стокса  
Лапласа
  
3. Время, за которое осуществляется полный цикл колебаний  
скорость распространения волны в данной среде  
период колебаний  
частота колебаний  
длина волны
  
4. Циркуляция вектора силы поля по замкнутому контуру, являющемуся границей некоторой поверхности, равна потоку ротора этого вектора через поверхность, ограниченную этой кривой, в направлении нормали - это теорема  
Стокса  
Остроградского-Гаусса  
Лапласа  
Даламбера
  
5. Векторный дифференциальный оператор над векторным полем – это  
ротор  
дивергенция  
градиент  
статор
  
6. В теории поля работу, определяемую как сумма (интеграл) произведений перемещений на проекции вектора силы поля на направление этих перемещений по всей замкнутой траектории, принято называть  
циркуляцией  
градиентом  
ротором  
дивергенцией
  
7. По геометрии волны делятся  
одномерные  
сферические  
продольные  
спиральные

линейные

### Тема 3. Электромагнитные явления

#### 1. Вопросы для обсуждения

- 1) Основы электрического взаимодействия. Виды электрических полей, их сравнительная характеристика.
- 2) Электростатическое поле, его характеристики и свойства.
- 3) Теорема Остроградского – Гаусса.
- 4) Действие электрического поля на вещества.
- 5) Проводники в электростатическом поле.
- 6) Конденсаторы.
- 7) Магнитные поля объектов.
- 8) Электромагнитная индукция.
- 9) Закон Био – Савара – Лапласа.
- 10) Силы Ампера и Лоренца.
- 11) Электромагнитные поля и волны.
- 12) Вихревое электрическое поле, ток смещения.
- 13) Понятие электромагнитной волны, ее характеристики.
- 14) Поля элементарных излучателей. Зоны излучателя. Экранирование полей электромагнитной природы.
- 15) Экранирование электрических полей.
- 16) Экранирование магнитных полей.
- 17) Электромагнитное экранирование.

#### 2. Лабораторная работа 3

## Комплект заданий для выполнения лабораторной работы 3 СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИГНАЛОВ

### 1. Цель работы

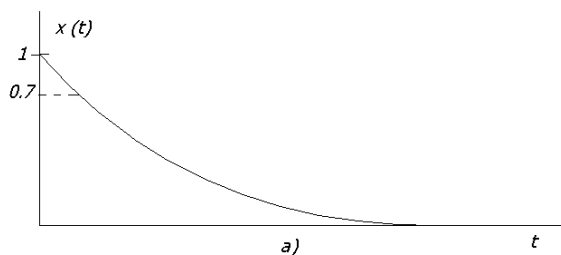
Целью данной работы является овладение навыками спектрального анализа сигналов.

### 2. Теоретическая часть

#### 2.1. Математическое описание сигналов

Под сигналом понимают физический процесс, отображающий некоторую информацию или сообщение. Математически сигнал описывается функцией определенного типа.

Аналоговые сигналы (АС) описываются непрерывной (или кусочно-непрерывной) функцией  $x_a(t)$ , причем сама функция и аргумент  $t$  могут принимать любые значения на некоторых интервалах времени. Пример АС:  $x_a(t) = Ae^{-\alpha t}$ ,  $A=1$ ,  $\alpha > 0$ , вещественно,  $0 \leq t$ , приведен на рис.3.1.а.



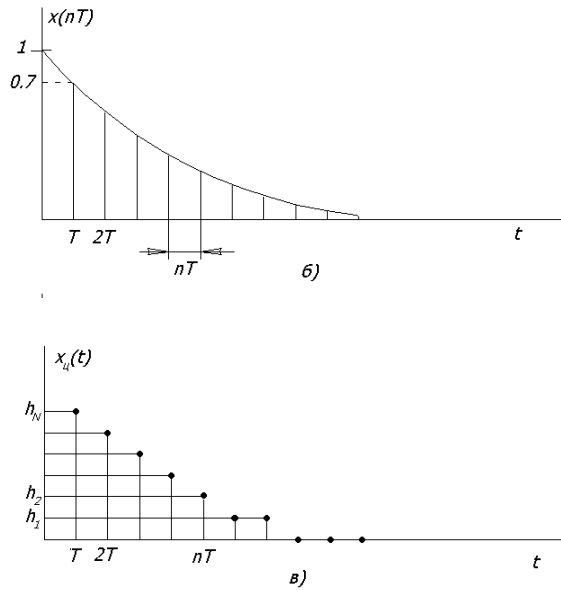


Рис. 3.1.

Аналоговые сигналы используются, например, в телефонии, радиовещании, телевидении.

Дискретные сигналы (ДС) описываются решетчатыми функциями – последовательностями –  $x(nT)$ , где  $T=const$  – интервал дискретизации,  $n$  – целое,  $n=0, 1, 2, \dots$ ; сама функция  $x(nT)$  может в дискретные моменты  $nT$  принимать произвольные значения на некотором интервале. Эти значения функции называются выборками, или отсчетами функции. На рис.3.1.б приведено графическое изображение ДС  $x(nT)=e^{\alpha nT}$ ,  $\alpha < 0$ , вещественно,  $n=0, 1, 2, \dots$ . Примером применения дискретных сигналов являются системы с амплитудно-импульсной модуляцией. Последовательность  $x(nT)$  может быть и конечной, состоящей из определенного конечного числа отсчетов:  $x(0)=1$ ,  $x(T)=-2$ ,  $x(2T)=3$ ; конечную последовательность можно записать в форме  $x(nT)=\{1, -2, 3\}$ .

Цифровые сигналы (ЦС) представляют собой квантованные по уровню дискретные сигналы и описываются квантованными решетчатыми функциями (квантованными последовательностями)  $x_{ц}(nT)$ , принимающими в дискретные моменты  $nT$  лишь конечный ряд дискретных значений – уровней квантования  $h_1, h_2, \dots, h_N$ . Пример квантованного дискретного сигнала приведен на рис.3.1.в. Связь между решетчатой функцией  $x(nT)$  и квантованной решетчатой функцией  $x_{ц}(nT)$  определяется нелинейной функцией квантования  $x_{ц}(nT)=F_{к}(x(nT))$ . Существуют различные способы выбора функции квантования. В простейшем случае, когда используется квантование с постоянным шагом  $\Delta h=h_i-h_{i-1}=const$ , функция квантования имеет вид

$$x_{ц}(nT) = F_{к}(x(nT)) = \begin{cases} h_1 & \text{при } x(nT) \leq \frac{h_2 + h_1}{2}, \\ h_i & \text{при } \frac{h_i + h_{i-1}}{2} < x(nT) \leq \frac{h_{i+1} + h_i}{2}, \\ h_N & \text{при } \frac{h_N + h_{N-1}}{2} < x(nT). \end{cases} \quad (3.1)$$

Каждый из уровней квантования кодируется числом, обычно используются двоичные символы 0, 1, и квантовые отсчеты  $x_{ц}(nT)$  кодируются двоичными числами с  $m$  разрядами. Число уровней квантования  $N$  и наименьшее число разрядов  $m$  двоичных чисел, кодирующих эти уровни, связаны соотношением

$$m = \text{int}(\log_2 N), \quad (3.2)$$

где  $\text{int}(A)$  – наименьшее целое число, не меньшее числа  $A$ .

## Примеры дискретных сигналов

Рассмотрим некоторые широко используемые в теории цифровой обработки сигналов последовательности.

1. Сдвиг последовательности  $x(nT)$  по оси  $nT$ : последовательность  $y(nT)=x(nT-kT)$  образуется при сдвиге последовательности  $x(nT)$  на  $k$  отсчетов вправо (при  $k > 0$ ) или влево (при  $k < 0$ ).

2. Дискретная дельта-функция (единичный импульс) определяется соотношением

$$\delta(nT - kT) = \begin{cases} 0 & \text{при } n \neq k \\ 1 & \text{при } n = k \end{cases}. \quad (3.3)$$

3. Аналитическая запись последовательности. Из определения дискретной  $\delta$ -функции следует, что любая последовательность  $x(nT)$  может быть записана в виде

$$x(nT) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(kT)\delta(nT - kT), \quad (3.4)$$

так как все члены суммы при  $k \neq n$  равны нулю.

4. Единичная последовательность определяется соотношением

$$u_0(nT - kT) = \begin{cases} 0 & \text{при } n < k \\ 1 & \text{при } n \geq k \end{cases}. \quad (3.5)$$

5. Экспоненциальная последовательность определяется соотношением  $x(nT)=e^{\alpha nT}$ , где в общем случае  $\alpha=\sigma+j\omega$  - комплексное число. При  $\omega=0$   $\alpha=\sigma$  - вещественное и  $x(nT)=e^{\sigma nT}=c^n$  - вещественная степенная последовательность.

6. Периодической называют последовательность  $x(nT)$ , удовлетворяющую условию  $x(nT)=x(nT+mNT)$ , где  $m$  и  $N$  - целые числа,  $m=1, 2, 3, \dots$ ;  $NT$  (или  $N$ ) - период последовательности. Периодическую последовательность достаточно задать на интервале одного периода. При выходе в результате сдвига из интервала одного периода какого-то отсчета точно такой же отсчет входит в интервал с другого его конца. Такой сдвиг называется круговым. Заметим еще, что сдвиг периодической последовательности  $x(nT)$  с периодом  $N$  на  $k' > N$  отсчетов нельзя отличить от сдвига на  $(k')_{\text{mod } N}=k < N$  отсчетов.

## 2.2. Получение спектра сигнала

Спектром временной зависимости (функции)  $x(t)$  называется совокупность ее гармонических составляющих (гармоник), образующих ряд Фурье.

Спектральный анализ периодических функций заключается в нахождении коэффициентов  $a_k, b_k$  ряда Фурье

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos 2\pi k f_1 t + b_k \sin 2\pi k f_1 t), \quad (3.6)$$

где  $f_1$ -частота повторения (или частота первой гармоники),  $k$ -номер гармоники.

Коэффициенты ряда Фурье определяются выражениями

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T y(t) \cos 2\pi k f_1 t dt, \quad (3.7)$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T y(t) \sin 2\pi k f_1 t dt, \quad (3.8)$$

где  $T=1/f_1$ -период повторения периодической функции  $x(t)$ .

Для описания аналоговых и дискретных сигналов в частотной области используется аппарат преобразования Фурье. Спектром  $X_a(j\omega)$  аналогового сигнала  $x_a(t)$  называют прямое преобразование Фурье

$$X_a(j\omega) = \int_0^{\infty} x_a(t) e^{-j\omega t} dt. \quad (3.9)$$

В свою очередь, согласно обратному преобразованию Фурье

$$x_a(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X_a(j\omega) e^{j\omega t} d\omega. \quad (3.10)$$

Пара преобразований для решетчатой функции (дискретной последовательности)  $x(nT)$  имеет вид:

$$X(e^{j\omega T}) = \Phi\{x(nT)\} = \sum_{n=0}^{\infty} x(nT) e^{-j\omega nT}; \quad (3.11)$$

$$x(nT) = \Phi^{-1}\{X(e^{j\omega T})\} = \frac{T}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{T}}^{\frac{\pi}{T}} X(e^{j\omega nT}) d\omega, \quad (3.12)$$

где  $X(e^{j\omega T})$  называют спектром дискретного сигнала.

*Свойства спектров дискретных сигналов.*

1. Из (3.11) следует, что спектр  $X(e^{j\omega T})$  дискретной последовательности является периодической функцией по частоте  $\omega$  с периодом, равным частоте дискретизации:

$$\omega_D = \frac{2\pi}{T}; \quad X(e^{j\omega T}) = X(e^{j(\omega+k\frac{2\pi}{T})T}), \quad k=1, 2, 3, \dots$$

Ясно, что также периодическим

по частоте с периодом  $\omega_D = \frac{2\pi}{T}$  являются модуль спектра  $|X(e^{j\omega T})|$  и фаза – аргумент  $\arg X(e^{j\omega T})$ .

Кроме того, для вещественных последовательностей  $x(nT)$ , как следует из (3.11),

$$|X(e^{j\omega T})| = |X(e^{-j\omega T})|,$$

$$\arg X(e^{j\omega T}) = -\arg X(e^{-j\omega T}),$$

т.е. модуль спектра вещественной последовательности является четной функцией, а аргумент – нечетной функцией частоты.

2. Очевидно свойство линейности преобразований Фурье.

3. При сдвиге спектра  $X(e^{j\omega T})$  последовательности  $x(nT)$  по оси частот вправо на величину  $\omega_1$  получаем спектр  $Y(e^{j\omega T}) = X(e^{j(\omega-\omega_1)T})$ . Этому спектру согласно (3.12) соответствует последовательность  $y(nT) = e^{j\omega_1 nT} x(nT)$ , и, следовательно, сдвиг спектра по оси частот соответствует умножению последовательности  $x(nT)$  на последовательность  $e^{j\omega_1 nT}$ .

4. При сдвиге дискретного сигнала  $x(nT)$  вправо (т.е. при задержке по времени сигнала) на  $n_1$  отсчетов получаем сигнал  $y(nT) = x(nT - n_1 T)$  и согласно (3.11) спектр задержанного сигнала

$$Y(e^{j\omega T}) = e^{-j\omega n_1 T} X(e^{j\omega T}). \quad (3.13)$$

5. Дискретный сигнал  $x(nT)$  и модуль его спектра  $|X(e^{j\omega T})|$  связаны следующей зависимостью (теорема Парсеваля)

$$\sum_{n=0}^{\infty} |x(nT)|^2 = \frac{T}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{T}} |X(e^{j\omega T})|^2 d\omega \quad (3.14)$$

## Теорема Котельникова

Аналоговый сигнал дискретизируется при помощи дискретизатора, т.е. амплитудно-импульсного элемента, реагирующего на дискретные равноотстоящие значения входного сигнала в моменты  $t=nT$ ,  $n=0, 1, 2, \dots$ . На выходе дискретизатора образуется последовательность выборок  $x(nT) \approx x_a(t)|_{t=nT}$ . Наоборот восстановление аналогового сигнала  $x_a(t)$  по его дискретному представлению – последовательности выборок  $x(nT)$  – сводится к использованию различных интерполяционных процедур.

При выполнении некоторых условий, определяемых теоремой отсчетов (теоремой Котельникова), операции дискретизации и восстановления взаимно обратны. Согласно этой теореме: если аналоговый сигнал  $x_a(t)$  имеет ограниченный (финитный) спектр  $X_a(j\omega)$ , т.е. такой, что  $X_a(j\omega)=0$  при  $|\omega|>\omega_0$  (условное изображение модуля спектра дано на рис.2.а), то такой сигнал можно однозначно представить последовательностью выборок  $x(nT)$ ,  $n=0, 1, 2, \dots$  при  $T = \frac{2\pi}{\omega_D}$ , где  $\omega_D=2\pi f \geq 2\omega_0$ .

При этом

$$x_a(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT) \frac{\sin \omega_0(t - nT)}{\omega_0(t - nT)}, \quad (3.15)$$

откуда следует, что сигнал  $x_a(t)$  можно получить, если пропустить последовательность  $x(nT)$  через идеальный (физически не реализуемый) аналоговый фильтр нижних частот с частотой среза  $\omega_c = \frac{\pi}{T}$  и с амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ)  $|K(j\omega)|=T$  в полосе пропускания.

Спектр  $X(e^{j\omega T})$  последовательности  $x(nT)$ , полученной в результате дискретизации с частотой  $\omega_D = \frac{2\pi}{T}$  аналогового сигнала  $x_a(t)$ , и спектр  $X_a(j\omega)$  последнего связаны соотношением

$$X(e^{j\omega T}) = \frac{1}{T} \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_a(j(\omega + k\omega_D)) \quad (3.16)$$

т.е. спектр последовательности  $x(nT)$  равен с точностью до множителя  $\frac{1}{T}$  сумме спектров соответствующего сигнала  $x_a(t)$ , смещенных по оси частот на все возможные значения частоты, кратные частоте дискретизации  $\omega_D = \frac{2\pi}{T}$ .

На рис.3.1.б и в приведено условное изображение модуля спектра  $|X(e^{j\omega T})|$  дискретного сигнала  $x(nT)$  соответственно для случаев  $\omega_D \geq 2\omega_0$  и  $\omega_D < 2\omega_0$ . В первом случае спектр дискретного сигнала совпадает в интервале  $|\omega| \leq |\omega_0|$  со спектром аналогового сигнала, а во втором случае имеет место явление наложения спектров, при этом спектр дискретизированного сигнала не совпадает в интервале  $|\omega| \leq |\omega_0|$  с исходным спектром аналогового сигнала.

Таким образом, если аналоговый сигнал  $x_a(t)$  обладает финитным спектром  $X_a(j\omega)$  с частотой среза  $\omega_0$ , то он может быть без потери информации представлен последовательностью  $x(nT)$ , полученной в результате дискретизации АС с частотой

$$\omega_D \geq 2\omega_0. \quad (3.17)$$

Наоборот, по дискретному сигналу  $x(nT)$  может быть согласно (3.15) восстановлен аналоговый сигнал  $x_a(t)$ .

Во многих случаях спектр  $X_a(j\omega)$  аналогового сигнала  $x_a(t)$  не содержит частоту  $\omega=0$ , а сосредоточен в некоторой полосе  $0 \neq \omega_{\min} \leq \omega \leq \omega_{\max} < \infty$ ; таким является, например, спектр радиосигналов, модулированных по амплитуде или фазе. В этих случаях для точного представления аналогового сигнала последовательностью выборок условия (3.17) приводит к завышенным значениям необходимой частоты дискретизации; между тем достаточно выбрать частоту дискретизации  $\omega_D = \frac{2\pi}{T}$ , удовлетворяющую равенствам

$$\frac{2\omega_{\max}}{q} \leq \omega_D \leq \frac{2\omega_{\min}}{q-1} \quad (3.18)$$

где  $q=1, 2, \dots, E_{\text{ц}}\left[\frac{\omega_{\max}}{\omega_{\max} - \omega_{\min}}\right]$ , причем запись  $E_{\text{ц}}[A]$  означает «целая часть числа  $A$ ».

Если частота дискретизации выбрана недостаточно высокой и (2.18) не удовлетворяется, то имеют место наложения смещенных спектров и в результате спектр  $X(e^{j\omega T})$  дискретного сигнала в диапазоне  $\left[-\frac{\omega_D}{2}, \frac{\omega_D}{2}\right]$  отличается от спектра аналогового сигнала  $X_a(j\omega)$ , т.е. дискретизация аналогового сигнала приводит к потере информации.

### 2.3. Дискретное преобразование Фурье

Пусть  $x(nT)$  – периодическая последовательность с периодом  $NT$  (период  $-N$  отсчетов) т.е.  $x(nT) = x(nT + mNT)$ ,  $m$  – целое. Дискретным преобразованием Фурье (ДПФ) называют пару взаимно-однозначных преобразований:

$$X(k) = X(k\Omega) = \sum_{n=0}^{N-1} x(nT) e^{-jkn\Omega T}, \quad k=0, 1, 2, \dots, N-1; \quad (3.19)$$

$$x(n) = x(nT) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k\Omega) e^{jkn\Omega T}, \quad n=0, 1, 2, \dots, N-1; \quad (23.20)$$

где  $\Omega = \frac{2\pi}{NT}$  – основная частота преобразования (бин ДПФ), причем (3.19) определяет прямое ДПФ, а (2.20) – обратное ДПФ. Дискретное преобразование Фурье  $X(k)$ , как и сама последовательность  $x(n)$ , является периодической функцией по аргументу  $k$  с периодом  $N$ . ДПФ может быть использовано и для представления последовательности  $x(nT)$  конечной длины  $N$ , определенной при  $n=0, 1, 2, \dots, N-1$  и равной нулю вне интервала  $[0, N-1]$ . Действительно такую последовательность можно рассматривать как один период соответствующей периодической последовательности и использовать преобразования (3.19), (3.20).

Заметим, что если сравнить спектр конечного дискретного сигнала, определяемый формулой (3.11) (с учетом того, что  $x(nT)=0$  при  $n<0$  и  $n>N-1$ ), и ДПФ этого же сигнала (3.19), то очевидно, что ДПФ представляет собой  $N$  отсчетов спектра взятых на периоде с интервалом дискретизации по частоте, равным  $\Omega = \frac{2\pi}{NT}$ . Поэтому свойства ДПФ аналогичны, приведенным выше, свойствам спектров.

### 2.4. Быстрое преобразование Фурье (БПФ)

Дискретное преобразование Фурье  $X(k)$  конечной последовательности  $x(nT)$ ,  $n=0, 1, 2, \dots, N-1$  определяется согласно (3.19), (3.20):

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(nT)W_N^{nk}, \quad k=0, 1, 2, \dots, N-1; \quad (3.21)$$

$$x(nT) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)W_N^{-nk}, \quad n=0, 1, 2, \dots, N-1, \quad (23.22)$$

где  $W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ ,

причем  $W_N$  является периодической последовательностью с периодом  $N$ , так как  $W_N^{(nk+mN)} = W_N^{nk}$ ,  $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ . Непосредственное вычисление ДПФ (3.21) при комплексных значениях  $x(nT)$  требует для каждого значения  $k$  ( $N-1$ ) умножений и ( $N-1$ ) сложений комплексных чисел или  $4(N-1)$  умножений и ( $2N-2$ ) сложений действительных чисел, а для всех  $N$  значений  $k=0, 1, 2, \dots, N-1$  требуется примерно  $N^2$  умножений и  $N^2$  сложений комплексных чисел. Таким образом, для больших значений  $N$  (порядка нескольких сотен или тысяч) прямое вычисление ДПФ требует выполнения весьма большого числа арифметических операций умножения и сложения, что затрудняет реализацию вычисления в реальном масштабе времени процессов и спектров.

Быстрым преобразованием Фурье называют набор алгоритмов, реализация которых приводит к существенному уменьшению вычислительной сложности ДПФ. Исходная идея алгоритмов состоит в том, что  $N$ -точечная последовательность разбивается на две более короткие, например на две  $(N/2)$ -точечные последовательности, вычисляются ДПФ для этих более коротких последовательностей и из этих ДПФ конструируется ДПФ исходной последовательности. Для двух  $(N/2)$ -точечных последовательностей требуется примерно  $(N/2)^2 \cdot 2 = N^2/2$  умножений комплексных чисел, т.е. число умножений (а так же сложений) уменьшается примерно в 2 раза. Аналогично вместо вычисления ДПФ  $(N/2)$ -точечной последовательности можно вычислить ДПФ для двух  $(N/4)$ -точечных последовательностей и таким образом вновь сократить требуемое количество операций умножения и сложения. Если  $N=2^v$ ,  $v>0$  и целое, то процесс уменьшения размера ДПФ может быть продолжен до тех пор, пока не останутся только 2-точечные ДПФ. При этом общее число этапов вычисления ДПФ будет равно  $v=\log_2 N$  раз, а число требуемых операций для вычисления  $N$ -точечной ДПФ будет порядка  $Nv$ , т.е. уменьшается примерно в  $\frac{N}{\log_2 N}$  раз. Так при  $N=1000$  для прямого вычисления ДПФ согласно (2.21) требуется

примерно  $N^2=10^6$  операций комплексных умножений и сложений, а при использовании алгоритмов БПФ таких операций требуется всего порядка  $10^4$ , т.е. объем вычислений сокращается примерно на два порядка.

Существуют различные алгоритмы БПФ, например, широко распространены алгоритм с прореживанием по времени, в котором требуется перестановка отсчетов входной последовательности  $x(nT)$  и алгоритм с прореживанием по частоте, в котором требуется перестановка отсчетов выходной последовательности  $X(k)$ . В обоих алгоритмах БПФ требуется примерно  $M \log_2 N$  операций (комплексных умножений) и оба алгоритма могут быть реализованы по способу с замещением, используя только один массив ячеек памяти.

### 3. Порядок выполнения работы

Необходимо графически произвести анализ спектров различных видов сигналов:

- 1) синусоидальных колебаний;
- 2) прямоугольных колебаний со смещением;

- 3) прямоугольных колебаний без смещения;
- 4) белого шума.

Необходимо графически изобразить модуль спектра  $|X(e^{j\omega T})|$  дискретного сигнала  $x(nT)$  соответственно для случаев  $\omega_d \geq 2\omega_0$  и  $\omega_d < 2\omega_0$ .

#### 4. Требования к отчету

Отчет по работе должен содержать:

1. Название и цель работы;
2. Основные формулы;
3. Результаты моделирования в виде рисунков исходных сигналов и их спектров;
4. Выводы.

#### 5. Контрольные вопросы

1. В чем заключается различие дискретного и цифрового сигналов?
2. В чем заключается суть спектрального анализа сигналов?
3. Назовите основные различия обычного и дискретного преобразования Фурье.
4. Что такое быстрое преобразование Фурье (БПФ)?
5. Что такое спектр сигнала?
6. Какими основными свойствами обладают спектры сигналов?

#### 3. Контрольная работа 3

##### Вопросы к контрольной работе № 3

1. Основы электрического взаимодействия. Виды электрических полей, их сравнительная характеристика.
2. Электростатическое поле, его характеристики и свойства. Теорема Остроградского – Гаусса.
3. Действие электрического поля на вещества. Проводники в электростатическом поле. Конденсаторы.
4. Электрическое поле в проводнике. Правила Кирхгофа.
5. Магнитные поля объектов. Электромагнитная индукция.
6. Магнитное поле, его характеристики. Виды магнитных полей. Вектор магнитной индукции в точке однородного магнитного поля.
7. Свойства линий магнитной индукции.
8. Закон Био – Савара – Лапласа. Проявление магнитного поля. Силы Ампера и Лоренца.
9. Свойства магнитного поля. Электромагнитная индукция.
10. Магнитные носители информации.
11. Вихревое электрическое поле, ток смещения. Плотность тока проводимости. Плотность тока смещения.
12. Понятие электромагнитной волны, ее характеристики. Основные характеристики электромагнитной волны. Свойства электромагнитной волн.
13. Перенос энергии электромагнитными волнами. Поля элементарных излучателей. Зоны излучателя.
14. Экранирование полей электромагнитной природы. Экранирование электрических полей.
15. Способы уменьшения емкостной связи между телами (элементами) А и Б. Экранирование магнитных полей. Электромагнитное экранирование.
16. Общие принципы регистрации информативных характеристик полей. Измерение характеристик электромагнитного поля.

#### 4. Тест 3

**Вопросы теста 3 по теме 3**  
**Банк тестовых заданий размещен на сайте центра цифрового обучения**  
**<http://moodle.asu.edu.ru>**

1. Выберите правильный вариант ответа. Векторное поле, ротор которого равен нулю в любой точке, оно называется потенциальным (безвихревым) и может быть представлено как градиент некоторого скалярного поля (т.е. потенциала)  
Электростатическое поле  
Электрическое поле  
Магнитное поле  
Электромагнитное поле
2. Выберите правильный вариант ответа. Величина, пропорциональная скорости изменения переменного электрического поля в диэлектрике или вакууме, - это  
ток смещения  
ток проводимости  
ток перемещения  
полный ток
3. Выберите правильный вариант ответа. Вид экранирования с использованием вихревых токов, который обеспечивает одновременное ослабление как магнитных, так и электрических полей  
электромагнитное  
электростатическое  
динамическое  
электрическое
4. Выберите правильный вариант ответа. Вихревые индукционные токи, возникающие в проводниках при изменении пронизывающего их магнитного поля - это  
токи Фуко  
Токи Фарадея  
Токи Гаусса  
Токи Араго
5. Выберите правильный вариант ответа. Возникновение ЭДС в проводящем контуре при изменении в нем силы тока - это явление  
самоиндукции  
магнитной индукции  
электромагнитной индукции  
возникновения магнитного потока

**5. Реферат 1**

**Тематика рефератов (3 семестр)**

1. Физические поля различной природы как носители информации об объектах
2. Потенциальные (статические) силовые поля. Закон Ньютона-Кулона.
3. Напряженность, потенциал поля и связь между ними.
4. Поток вектора напряженности, дивергенция. Принцип суперпозиции.
5. Взаимные превращения электрических и магнитных полей. Электромагнитное поле - форма материи.

6. Принципы классификации физических полей как носителей информации. Понятия о методиках измерения характеристик физических полей и о концептуальных подходах извлечения из них информации об излучающих объектах
7. Электрический заряд тел, дискретность заряда, закон сохранения. Электростатическое поле, силовые линии.
8. Электрический ток, условия возникновения и его характеристики. Электрическая цепь постоянного тока. Электропроводность проводников
9. Магнитные силовые поля. Магнитное взаимодействие токов, закон Ампера.
10. Движение заряженных частиц в электростатических и магнитных полях.
11. Магнитный поток. Явление самоиндукции. Индуктивность.
12. Намагничивание вещества. Магнитные восприимчивость и проницаемость.
13. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.
14. Гирромагнитные эффекты. Магнитная цепь.
15. Полный электрический ток
16. Дивергенция плотности тока проводимости. Непрерывность полного тока.
17. Физический смысл, условия применимости, полнота и совместность системы уравнений Максвелла.
18. Формулировка закона сохранения энергии и понятие потока электромагнитной энергии.
19. Плоская синусоидальная волна. Длина волны, фазовая скорость, волновое число.

#### **Перечень вопросов к экзамену (3 семестр)**

1. Модель физического эффекта. Закономерности проявления ФЭ.
2. Физические основы технических систем. Модель в виде «черного ящика».
3. Сущность процесса передачи информации.
4. Характеристика физических полей объектов.
5. Физические поля различной природы как носители информации.
6. Электрическое поле. Магнитное поле. Электромагнитное поле. Акустическое поле.
7. Физические проблемы защиты информации.
8. Физические основы образования каналов утечки информации.
9. Структура канала утечки информации.
10. Классификация технических каналов утечки информации (ТКУИ).
11. Поток векторного поля и его физический смысл.
12. Дивергенция векторного поля и ее физический смысл.
13. Циркуляция векторного поля и ее физический смысл.
14. Ротор векторного поля и его физический смысл.
15. Градиент скалярного поля и его физический смысл.
16. Волновые процессы.
17. Общая классификация волн. Распределение волн по частоте.
18. Гармонические волны и волновое уравнение. Основные определения.
19. Уравнение плоской бегущей волны.
20. Волновое уравнение. Волновые явления.
21. Основы электрического взаимодействия.
22. Виды электрических полей, их сравнительная характеристика.
23. Электростатическое поле, его характеристики и свойства.
24. Теорема Остроградского – Гаусса.
25. Действие электрического поля на вещества.
26. Проводники в электростатическом поле. Конденсаторы.
27. Электрическое поле в проводнике. Правила Кирхгофа.
28. Магнитные поля объектов.
29. Электромагнитная индукция.
30. Магнитное поле, его характеристики. Виды магнитных полей.
31. Свойства линий магнитной индукции.

32. Закон Био – Савара – Лапласа.
33. Проявление магнитного поля.
34. Силы Ампера и Лоренца.
35. Свойства магнитного поля.
36. Электромагнитная индукция. Магнитные носители информации.
37. Вихревое электрическое поле, ток смещения.
38. Плотность тока проводимости. Плотность тока смещения.
39. Понятие электромагнитной волны, ее характеристики.
40. Основные характеристики электромагнитной волны.
41. Свойства электромагнитной волн.
42. Перенос энергии электромагнитными волнами.
43. Поля элементарных излучателей. Зоны излучателя.
44. Экранирование полей электромагнитной природы.
45. Экранирование электрических полей.
46. Способы уменьшения емкостной связи между телами (элементами) А и Б.
47. Экранирование магнитных полей.
48. Электромагнитное экранирование.
49. Общие принципы регистрации информативных характеристик полей.
50. Измерение характеристик электромагнитного поля.

#### **Тема 4. Физические основы функциональных процессов в радиоэлектронных средствах**

##### ***1. Вопросы для обсуждения***

- 1) Понятия электрических цепей и радиоэлектронных средств (РЭС).
- 2) Схемы замещения физических процессов в электрических цепях.
- 3) Особенности электрических цепей переменного тока.
- 4) Электромагнитные процессы в простейших цепях переменного тока.
- 5) Физические процессы в колебательных контурах.
- 6) Явление резонанса.
- 7) Паразитные процессы в электрических цепях радиоэлектронных средств.
- 8) Генерация электромагнитных колебаний.
- 9) Свободные колебания в идеальном колебательном контуре.
- 10) Паразитная генерация.
- 11) Генерация электромагнитных волн.
- 12) Физические процессы в распределенных цепях.
- 13) Основные понятия теории длинных линий.
- 14) Процессы модуляции и демодуляции сигналов.
- 15) Пространственная и частотная селекции.
- 16) Классификация электрических фильтров по расположению полосы пропускания.

##### ***2. Лабораторная работа 4***

#### **Комплект заданий для выполнения лабораторной работы 4 ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКУСТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ**

##### **Задание:**

1. Изучить используемые для перехвата акустического канала технические средства:
  - Миниатюрные микрофоны
  - Микрофоны направленного действия: параболические, трубчатые, плоские акустические фазированные решетки, органного типа, градиентные.
  - Диктофоны

2. Изучить технические средства подавления каналов перехвата информации: генераторов шума WNG-023, Гном-3М, ANG-2000, Шумотрон-3, R-200L, ХАОС, Форум, для подавления диктофонов – Буран -4, Шторм, Шумотрон
3. Изучить технические средства обнаружения утечки информации по прямому акустическому каналу:
  - Визуальный метод контроля -комплект досмотровых зеркал Поиск-2, волоконно-оптические эндоскопы ЭТ-10-1,2, ЭТ-4-1,1.
  - Контроль с использованием технических средств. Цель – установление наличия закладных устройств и их локализация. Примеры: ST-0110, ST-031 «Пирания», NR-900EM, TRD-800, Обь.
4. изучить акустовибрационный канал и используемые технические средства:
  - Стетоскопы,
  - вибрационные датчики:
  - Молот (на стену), Серп (на раму), Копейка (на стекло), КПВ-2 (для стен и перекрытий), КПВ-8 (универсальный), РК 775.
5. изучить средства противодействия перехвату информации по акустовибрационному каналу
  - Вибрационное шумление: VNG-006DM, Заслон, Кабинет, Шторм, SI-3001, Шорох-2, VNG -012GL, Барон-Ю, ВВ 301...
  - Мобильные системы шумления помещений: Фон-В. Порог-2М.
  - Контроль состояния виброакустического канала может осуществляться: нелинейный детектор Октава. Широкодиапазонный спектральный коррелятор OSCOR OS-5000, аппаратно-программный комплекс виброакустических измерений VNK-012GL, акустический зонд-стетоскоп ALP-700.
  - Датчики пожарной и охранной сигнализации: СИ-1, РИД-1.
6. изучить средства противодействия перехвату информации по акустоэлектрическому каналу:
  - высокочувствительные усилители низкой частоты, например. ПКУ-6М, АА-012GL
  - генерация низкочастотных сигналов по электрическим цепям с целью создания помех, препятствующих выделению информационного (электрического) сигнала. Пример: генераторы ВВ 301, Барон-Ю
  - применение фильтров в двухпроводных линиях. Пример: фильтр Гранит-8
7. изучить акусторадиоэлектронный канал и используемые технические средства:
  - РМК ОП
  - РМК
  - ГМК 140
8. изучить технические средства обнаружения радиомикрофонов
  - NR-900 EM
  - Дельта
  - OSCOR OSC-500
  - СРМ-700
9. изучить технические средства подавления радиомикрофонов:
  - СКОРПИОН
  - VNG-012GL
  - Пелена-3
  - RS 1100
10. изучить акустопараметрический канал и используемые технические средства:
  - ANG-2000
  - Крона 6000М
  - АПК «ПОИСК-О
  - XPLOREER-FM
  - АУ-3

- Winradio 3100i-DSP
  - IC-R8500
  - GM 300
  - GP 340
  - MICOM
11. Технические средства обнаружения утечки информации по параметрическому каналу
- LBD-50
  - RCC-2000
  - ST 031 «Пиранья»
  - МАНГУСТ
12. Технические средства подавления утечки информации по параметрическому каналу
- VNG-012GL
  - ГРОМ-3И-4
  - ФСП-1Ф-7А
  - SI-8001
  - SEL SP-21B2 «Спектр»
  - SEL SP-1 7/D
13. Изучить акустооптический канал и используемые технические средства:
- лазерные системы НКГ GD-7800, РК-1035SS
  - Для создания вибрационных колебаний стекол могут быть использованы приборы: VNT-2 , VN-GL
14. Технические средства обнаружения утечки информации по акустооптическому каналу:
- сканирующий спектральный коррелятор, управляемый портативным микрокомпьютером OSCOR-5000, который предназначен для выявления технических средств съема информации, работающих в ИК-диапазоне;
  - универсальный прибор для обнаружения различных устройств скрытого съема информации СРМ-700, обеспечивающий обнаружение источников ИК-излучения;
  - универсальный поисковый прибор ST 031 Р «Пиранья», который обеспечивает обнаружение ИК-излучения, и ряд других.

и заполнить таблицу 1

Таблица 1

№ п/п	Название технического средства	Назначение	Технические характеристики	Значение технических характеристик	Функциональные возможности	Цена

### Требования к отчету:

1. Отчет должен содержать титульный лист с названием лабораторной работы и Ф.И.О. студента;
2. Заполненную таблицу 1.
3. Список использованной литературы и интернет-источников.

### 3. Контрольная работа 4

#### Вопросы к контрольной работе № 4

1. Понятия электрических цепей и радиоэлектронных средств (РЭС). Схемы замещения физических процессов в электрических цепях.
2. Особенности электрических цепей переменного тока.
3. Электромагнитные процессы в простейших цепях переменного тока.

4. Физические процессы в колебательных контурах. Явление резонанса.
5. Резонанс напряжений в последовательном контуре. Резонанс токов в параллельном контуре.
6. Паразитные процессы в электрических цепях радиоэлектронных средств. Паразитная емкостная связь. Паразитная индуктивная связь. Паразитная гальваническая связь.
7. Генерация электромагнитных колебаний. Свободные колебания в идеальном колебательном контуре.
8. Сохранение энергии при гармонических колебаниях. Затухание свободных колебаний в реальном колебательном контуре.
9. Вынужденные колебания в колебательном контуре. Устройства генерации синусоидальных колебаний.
10. Паразитная генерация. Генерация электромагнитных волн.
11. Физические процессы в распределенных цепях. Основные понятия теории длинных линий.
12. Дифференциальные (телеграфные) уравнения длинной линии. Физический смысл решений телеграфных уравнений.
13. Волновые процессы в линии с распределенными параметрами. Анализ изменения волн в пространстве и во времени.
14. Режимы работы линии. Длинные линии в качестве колебательных систем.
15. Процессы модуляции и демодуляции сигналов. Основы модуляции, представление сигналов. Виды модуляции. Математическое представление сигнала.
16. Амплитудно-модулированные колебания. Частотно-модулированные колебания.
17. Демодуляция.
18. Пространственная и частотная селекции. Основы пространственной селекции. Частотная фильтрация.
19. Классификация электрических фильтров по расположению полосы пропускания. Показатели частотных фильтров.

#### **4. Тест 4**

#### **Вопросы теста 4 по теме 4**

**Банк тестовых заданий размещен на сайте центра цифрового обучения**

**<http://moodle.asu.edu.ru>**

1. Выберите правильный вариант ответа. Изменение сигнала, при котором скачкообразно меняется амплитуда несущего колебания  
амплитудная манипуляция  
импульсная модуляция  
амплитудная модуляция  
амплитудная демодуляция
2. Выберите правильный вариант ответа. Колебание, амплитуда которого изменяется во времени по какому-либо закону  
амплитудно-модулированное колебание  
частотно-модулированное колебание  
амплитудно-модулирующее колебание  
периодическое колебание
3. Выберите правильный вариант ответа. Колебание, у которого мгновенная частота изменяется по закону модулирующего сигнала  
частотно-модулированное колебание  
амплитудно-модулированное колебание  
гармоническое колебание

периодическое колебание

4. Выберите правильный вариант ответа. Модуляция, в которой гармоническая несущая модулируется непрерывными управляющими (информационными) сигналами
- аналоговая
  - импульсная
  - цифровая
  - модулированная
5. Отношение периода следования импульсов к их продолжительности
- скважность
  - добротность
  - мощность
  - помехоустойчивость

### **Тема 5. Физические основы акустических явлений**

#### **1. Вопросы для обсуждения**

- 1) Характеристика звуковых волновых процессов.
- 2) Упругие волны, их характеристика.
- 3) Линейные характеристики акустических волн. Энергетические характеристики акустических волн.
- 4) Проявление волновых свойств в акустических полях.
- 5) Инфразвук, ультразвук.
- 6) Основы акустики.
- 7) Основы акустики речи.
- 8) Основы акустики слуха.
- 9) Специфика акустики помещений.
- 10) Звукоизоляция и звукопоглощение.

#### **2. Лабораторная работа 5**

#### **Комплект заданий для выполнения лабораторной работы 5**

#### **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАНАЛОВ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ**

##### **Задание:**

1. Изучить используемые для предотвращения утечки информации по телефонной линии технические средства:
  - Скремблеры серии SCR-M1.2 фирмы «Маском».
  - Скремблеры «Орех А» Грот, Грот-М (для работы с мини-АТС),
  - Референт Basic (специализированный телефонный аппарат).
  - с цифровым кодированием, например «Референт-basik»
  - для ограничения опасных сигналов «Корунд», «Гранит-VIII, МП-1», МП-1 (для аналоговых телефонных аппаратов); МП-1ЦА (для цифровых с автономным питанием); МП-1ЦЛ (для цифровых с питанием от мини-АТС).
  - Для зашумления телефонной линии используют изделия «Барьер», «Барьер-3», «Барьер-4», «SP- 17Т», «Прокруст-2000»
  - Для уничтожения средств съема информации, гальванически подключенных к линии телефонной связи, используют ряд средств, например приборы Vuqroaster, Кобра.
2. Для проверки наличия подключенных к линии устройств для съема информации используются:
  - 1) индикаторы посторонних электрических сигналов (ПС4-5, Сканер-3, РТ-ОЗО),

- 2)локаторы проводных линий (Вектор, АТ-2Т);
  - 3) детекторы сигналов (ДЕС-Ш);
  - 4) указатель пары (трассоискатель), представляющий собой генератор тестового сигнала, позволяющий обнаруживать дополнительные ответвления от основной линии (ULAN, УП-6);
  - 5) анализаторы телефонных линий (ТПУ-5, Фаворит, SP-18Т, ULAN, LBD-50, АТ-2). Они позволяют проводить измерение параметров линий:
    - сопротивление линии (последовательно подключенные устройства с сопротивлением более 100 Ом);
    - параллельно подключенные устройства с сопротивлением не менее 4 мОм);
    - сопротивление изоляции кабеля;
    - переходные затухания в кабеле;
  - 6) испытатели кабельных линий P5-A, P 5-8, P5-10, «Отклик» и др., позволяющие выявлять неоднородности линий;
  - 7) контроллеры телефонных линий (КТЛ-400)
  - 8) малогабаритные устройства, обеспечивающие постоянную индикацию состояния телефонной сети. Это, например, прибор ТСМ-1
  - 9) программно-аппаратный комплекс многофункционального назначения комплекс «Крона-5»
3. Изучить используемые для предотвращения утечки информации по цепям электропитания
- сетевые фильтры, например ФСП1 Ф-7А, ФСП-3Ф- ША, ЛФС-40-1Ф, ФП-10 и др.
  - Защита электросети от утечки информации может быть осуществлена с помощью генераторов шума: Соната-С1, SP-41, SP-41С, Цикада-С, Скит-С
4. Анализ проходящих по электрическим цепям сигналов осуществляется с помощью различных приборов:
- РТ-30 (приемник-обнаружитель для проводных коммуникаций),
  - АТ-2Т (локатор электрических цепей),
  - RS1000L (поисковый многофункциональный комплекс),
  - Рейс-105Р (портативный цифровой рефлектометр),
  - LBD-50 (анализатор проводных коммуникаций),
  - ST-031 «Пиранья» (универсальный поисковый прибор).
5. Средства контроля цепей заземления для предотвращения утечки информации
- анализатор проводных линий (LBD-50, PPL-2 и др.)

и заполнить таблицу 1

Таблица 1

№ п/п	Название технического средства	Назначение	Техническое характеристики	Значение технических характеристик	Функциональные возможности	Цена

**Требования к отчету:**

1. Отчет должен содержать титульный лист с названием лабораторной работы и Ф.И.О. студента;
2. Заполненную таблицу 1.
3. Список использованной литературы и интернет-источников.

**3. Контрольная работа 5**

### Вопросы к контрольной работе № 5

1. Характеристика звуковых волновых процессов.
2. Упругие волны, их характеристика.
3. Характерные особенности звуковых волн.
4. Линейные характеристики акустических волн.
5. Энергетические характеристики акустических волн.
6. Проявление волновых свойств в акустических полях.
7. Инфразвук, ультразвук. Специфические особенности ультразвука.
8. Основы акустики. Процесс образования и восприятия речевых сигналов.
9. Основы акустики речи. Отличительные особенности образования согласных звуков.
10. Основы акустики слуха.
11. Специфика акустики помещений.
12. Звукоизоляция и звукопоглощение.

#### 4. Тест 4

### Вопросы теста 5 по теме 5

Банк тестовых заданий размещен на сайте центра цифрового обучения  
<http://moodle.asu.edu.ru>

1. Выберите правильный вариант ответа. В акустике отношение интенсивности отраженной волны к интенсивности падающей называют коэффициентом отражения звуковой волны  
уровнем интенсивности звуковой волны  
коэффициентом затухания звуковой волны  
уровнем акустического давления
2. Выберите правильный вариант ответа. В твердых телах звуковые волны могут быть  
продольными  
поперечными  
бегущими  
упругими  
плоскими
3. Выберите правильный вариант ответа. Возникновение в жидкости массы пульсирующих пузырьков, заполненных паром, газом или их смесью - это эффект  
кавитации  
дифракции  
наполнения  
наложения
4. Выберите правильный вариант ответа. Волна, создаваемая протяженным источником  
цилиндрическая  
плоская  
сферическая  
эллиптическая

5. Выберите правильный вариант ответа. Геометрическое место точек, до которого к некоторому моменту времени дошел колебательный процесс, называется  
 волновым фронтом  
 волновой поверхностью  
 фазовым фронтом  
 двухволновым фронтом

### Тема 6. Физические эффекты в технических системах

#### 1. Вопросы для обсуждения

- 1) Классификация ФЭ.
- 2) Физические эффекты акустоэлектрического преобразователя.
- 3) Индуктивные генераторные преобразователи.
- 4) Емкостные и пьезоэлектрические преобразователи.
- 5) Емкостные и пьезоэлектрические преобразователи.
- 6) ФЭ акустооптического преобразователя.
- 7) ФЭ акустооптического преобразователя.
- 8) Классификация прямых оптико-электрических преобразователей.
- 9) Фотоприемники.
- 10) Преобразование инфракрасного излучения в видимое излучение.

#### 2. Лабораторная работа 6

### Комплект заданий для выполнения лабораторной работы 6 ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ

#### Задание:

1. Изучить используемые для скрытого наблюдения технические средства:
  - прибор ночного видения,
  - Бинобль ночного видения фирмы Noctron
  - Телекамера ночного видения «ЛИНКС-120»
  - Телекамера ночного видения «ЛИНКС-20».
  - Телекамера ночного видения «СИ ЛИНКС».
2. системы обнаружения оптических устройств.
  - 1) Лазерная телевизионная система обнаружения оптических устройств «Мираж».
  2. Локатор оптических устройств (компания «Транскрипт»).
  3. приборы для обнаружения работающих микровидеокамер, например VCF-2000 «IRIS»,

и заполнить таблицу 1

Таблица 1

№ п/п	Название технического средства	Назначение	Техническое характеристики	Значение технических характеристик	Функциональные возможности	Цена

#### Требования к отчету:

1. Отчет должен содержать титульный лист с названием лабораторной работы и Ф.И.О. студента;

2. Заполненную таблицу 1.
3. Список использованной литературы и интернет-источников.

### **3. Контрольная работа 6**

#### **Вопросы к контрольной работе № 6**

1. Классификация ФЭ.
2. Физические эффекты акустоэлектрического преобразователя.
3. Индуктивные генераторные преобразователи.
4. Емкостные и пьезоэлектрические преобразователи.
5. ФЭ акустооптического преобразователя.
6. Классификация прямых оптико-электрических преобразователей.
7. Фотоприемники.
8. Преобразование инфракрасного излучения в видимое излучение.

15. Звуковые волны, имеющие частоту выше воспринимаемых человеческим ухом (выше 20000 Гц)  
инфразвук  
гиперзвук  
звук  
ультразвук

#### **4. Тест 6**

#### **Вопросы теста 6 по теме 6**

**Банк тестовых заданий размещен на сайте центра цифрового обучения  
<http://moodle.asu.edu.ru>**

1. Выберите правильный вариант ответа. Изменение намагниченности магнетика под действием механических деформаций

эффект Виллари  
эффект магнитострикции  
эффект Холла  
фотоэффект

2. Выберите правильный вариант ответа. Изменение электропроводности полупроводников под действием квантов излучения оптического диапазона - это

внутренний фотоэффект  
внешний фотоэффект  
эффект Виллари  
сложный внутренний эффект

3. Выберите правильный вариант ответа. Индукционная система, электрический контур которой перемещается в магнитном поле, порожденном внешним по отношению к контуру источником МДС

электродинамический преобразователь  
акустический преобразователь  
электрический преобразователь  
электрокинетический преобразователь

испускание электронов из твердого тела

4. Выберите правильный вариант ответа. Испускание электронов из твердого тела – фотокатода, в вакуум под действием квантов ИК-излучения - это

- внешний фотоэффект
- внутренний фотоэффект
- эффект Холла
- простой внутренний эффект

5. Выберите правильный вариант ответа. К какому классу относятся необратимые приемники звука, принцип действия которых основан на применении электрического сопротивления чувствительного элемента под действием механических деформаций приложенного воздействия звуковым полем

- тензорезистивный преобразователь
- акустоэлектрический преобразователь

- электрокинетический преобразователь
- пьезоэлектрический преобразователь

## **5. Реферат 2**

### **Тематика рефератов (4 семестр)**

1. Поляризация волн. Реальные сигналы, волновой пакет. Групповая скорость.
2. Дисперсия. Энергия волны, вектор Пойнтинга. Неплоские волны, рассеяние энергии.
3. Индикаторы электромагнитных излучений. Радиочастотомеры
4. Радиоприемные устройства
5. Основные свойства электромагнитных волн. Шкала электромагнитных волн и особенности различных частотных диапазонов.
6. Особенности ближней и дальней зоны от излучателя электромагнитных волн. Влияние ионосферы и Земли на распространение радиоволн.
7. Основные характеристики волноводов. Оптическая связь.
8. Движение электромагнитной энергии вдоль линии передачи.
9. Лазеры, виды и характеристика
10. Эквивалентная схема и уравнения двухпроводной линии передачи. Первичные и вторичные параметры двухпроводной линии.
11. Принципы и реализация электромагнитного экранирования приборов и помещений, его эффективность. Требования к экранам и их характеристики.
12. Характеристики звукового поля. Источники и приемники звука.
13. Распространение звука в различных средах
14. Речевой сигнал, его физические и информационные характеристики и параметры
15. Звуковое поле в помещениях.
16. Акустические характеристики и параметры помещений.
17. Звукоотражающие и звукопоглощающие материалы и конструкции.
18. Понятие звукоизоляции помещений, характеристики звукоизоляции

### **Перечень вопросов к экзамену (4 семестр)**

1. Понятия электрических цепей и радиоэлектронных средств (РЭС).
2. Схемы замещения физических процессов в электрических цепях.
3. Особенности электрических цепей переменного тока.

4. Электромагнитные процессы в простейших цепях переменного тока.
5. Физические процессы в колебательных контурах.
6. Явление резонанса. Резонанс напряжений в последовательном контуре.
7. Резонанс токов в параллельном контуре.
8. Паразитные процессы в электрических цепях радиоэлектронных средств.
9. Паразитная емкостная связь.
10. Паразитная индуктивная связь.
11. Паразитная гальваническая связь.
12. Генерация электромагнитных колебаний.
13. Свободные колебания в идеальном колебательном контуре.
14. Сохранение энергии при гармонических колебаниях.
15. Затухание свободных колебаний в реальном колебательном контуре.
16. Вынужденные колебания в колебательном контуре.
17. Устройства генерации синусоидальных колебаний.
18. Паразитная генерация.
19. Генерация электромагнитных волн.
20. Физические процессы в распределенных цепях.
21. Основные понятия теории длинных линий.
22. Дифференциальные (телеграфные) уравнения длинной линии.
23. Физический смысл решений телеграфных уравнений.
24. Волновые процессы в линии с распределенными параметрами.
25. Анализ изменения волн в пространстве и во времени.
26. Режимы работы линии.
27. Длинные линии в качестве колебательных систем.
28. Процессы модуляции и демодуляции сигналов.
29. Основы модуляции, представление сигналов.
30. Виды модуляции. Математическое представление сигнала.
31. Амплитудно-модулированные колебания.
32. Частотно-модулированные колебания.
33. Демодуляция.
34. Пространственная и частотная селекции. Основы пространственной селекции.
35. Частотная фильтрация.
36. Классификация электрических фильтров по расположению полосы пропускания.
37. Показатели частотных фильтров.
38. Характеристика звуковых волновых процессов.
39. Упругие волны, их характеристика.
40. Характерные особенности звуковых волн.
41. Линейные характеристики акустических волн.
42. Энергетические характеристики акустических волн. Проявление волновых свойств в акустических полях.
43. Инфразвук, ультразвук. Специфические особенности ультразвука.
44. Основы акустики. Процесс образования и восприятия речевых сигналов.
45. Основы акустики речи. Отличительные особенности образования согласных звуков. Основы акустики слуха.
46. Специфика акустики помещений. Звукоизоляция и звукопоглощение.
47. Классификация ФЭ. Физические эффекты акустоэлектрического преобразователя. Индуктивные генераторные преобразователи.
48. Емкостные и пьезоэлектрические преобразователи. ФЭ акустооптического преобразователя.
49. Классификация прямых оптико-электрических преобразователей. Фотоприемники.
50. Преобразование инфракрасного излучения в видимое излучение.

**Таблица 9 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов**

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ПК-1. Способен проводить научные исследования при разработке, внедрении и сопровождении информационных технологий и систем на всех этапах жизненного цикла				
1.	Задание закрытого типа	Основу приборов ночного видения составляет 1. акустооптический преобразователь 2. электронно-оптический преобразователь 3. фотонный приемник оптического излучения 4. фотоэмиссионный прибор	2	2
2.		Устройство, изменяющее параметры несущего сигнала в соответствии с изменениями передаваемого (информационного) сигнала, называется 1. датчик 2. преобразователь 3. прибор 4. модулятор	4	2
3.		Модуляция воздушного потока за счет колебаний голосовых связок, что используется при образовании гласных звуков и звонких согласных 1. импульсный источник 2. артикуляция 3. турбулентный шум 4. процесс фонации	4	2
4.		Локализация акустического поля в замкнутом пространстве (помещении) 1. Звукоизоляция 2. Диффузия звука 3. Звукопоглощение 4. звукозатухание	1	2
5.		Какие эффекты позволяют получить непосредственную функциональную связь между изменением воздействия исходной физической величины и электрическими, магнитными и другими свойствами и параметрами вещества Внешние эффекты Технические эффекты	3	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		Внутренние эффекты Физические эффекты		
6.	Задание открытого типа	Дать определение «Физическое явление»	совокупность процессов материально-информационного преобразования веществ, при котором не происходит изменений их состава и образование новых веществ, а изменяется только агрегатное состояние веществ, сопровождающееся скачкообразным изменением свободной энергии, энтропии, плотности и других основных физических свойств.	2
7.		Дать определение «Электромагнитная помеха»	нежелательное физическое явление или воздействие физических полей и их модификаций от внешнего или внутреннего источника, которое нарушает нормальную работу технических средств, или вызывает ухудшение технических характеристик и параметров этих средств	2
8.		Дать определение акустики	Наука о звуке, изучающая физическую природу звука и проблемы, связанные с его возникновением, распространением, восприятием и воздействием	2
9.		Дать определение утечки	несанкционированный процесс переноса информации от	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			источника к несанкционированному пользователю	
10.		Дать определение «канал утечки»	Физический путь переноса информации от ее источника к несанкционированному пользователю	2

Полный комплект оценочных материалов по дисциплине (модулю) (фонд оценочных средств) хранится в электронном виде на кафедре, утверждающей рабочую программу дисциплины (модуля), и в Центре мониторинга и аудита качества обучения.

#### **7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

##### **Методические рекомендации по выполнению лабораторных и контрольных работ, проведению экзамена**

###### **Отчет по лабораторной работе**

Отчет по лабораторной работе представляется в электронном виде. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. В случае, если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от max до min являются:

- отсутствие списка использованной литературы,
- небрежное выполнение,
- отсутствие выводов.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- неверных результатов расчета.

В отчете по выполненной лабораторной работе должны быть указаны:

- тема лабораторной работы,
- пакет документов в соответствии с темой лабораторной работы,
- использованная литература.

###### **Критерии оценки лабораторных работ:**

– оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если студент продемонстрировал глубокие знания теоретического материала и умение их применять, обоснованно изложил свои мысли, сделал необходимые выводы;

– оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если студент продемонстрировал глубокие знания теоретического материала и умение их применять, обоснованно изложил свои мысли, сделал необходимые выводы, допущены некоторые неточности, имеется одна негрубая ошибка;

– оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если студент ответил на вопросы преимущественно верно, имеются затруднения в формулировке выводов, имеются одна или две негрубые ошибки;

– оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если студент не дал ответы на поставленные вопросы, обоснования неверные, либо дан верный ответ без его обоснования, сделаны грубые ошибки, отсутствуют знания по основам физики.

### **Контрольные работы**

Контрольная работа состоит из 2-х заданий.

Основаниями для снижения оценки за задание являются:

- ошибки в объяснениях и комментариях при верно выполненном задании;
- неполный ответ для теоретических заданий;
- небрежное выполнение;
- многократное переписывание контрольной работы.

Задание не может быть засчитано, если:

- даны два неверных ответа на теоретические вопросы.

### **Критерии оценки контрольных работ:**

– оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если студент продемонстрировал глубокие знания теоретического материала и умение их применять, обоснованно изложил свои мысли, сделал необходимые выводы;

– оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если студент продемонстрировал глубокие знания теоретического материала и умение их применять, обоснованно изложил свои мысли, сделал необходимые выводы, допущены некоторые неточности, имеется одна негрубая ошибка;

– оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если студент ответил на вопросы преимущественно верно, имеются затруднения в формулировке выводов, имеются одна или две негрубые ошибки;

– оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если студент не дал ответы на поставленные вопросы, обоснования неверные, либо дан верный ответ без его обоснования, сделаны грубые ошибки.

### **Критерии оценки теста:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если он умеет безошибочно самостоятельно обрабатывать и интерпретировать данные при решении задач, как в стандартной, так и в нестандартной формулировке;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если он умеет безошибочно самостоятельно обрабатывать и интерпретировать данные при решении задач в стандартной ситуации или за верное решение 75% - 89% заданий теста;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он умеет при решении задач обрабатывать данные с опорой на справочные материалы и помощь преподавателя, верно выполняя при этом 60% - 74% работы.

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не умеет правильно обрабатывать данные, выполнил менее 60% заданий теста.

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если тест студента оценен не ниже чем «удовлетворительно»;

- оценка «не зачтено», если тест оценен ниже чем «удовлетворительно».

### **Экзамен**

Экзамен заключается в письменном ответе на 2 теоретических вопроса и устном собеседовании по каждому теоретическому вопросу.

Основаниями для снижения оценки за теоретический вопрос являются:

- небрежное выполнение;

- неполный ответ;
- наличие мелких неточностей или незначительных искажений фактов;
- неточные объяснения при собеседовании;
- отсутствие ответов на заданные при собеседовании вопросы.

Оценивание студентов на экзамене осуществляется в соответствии с требованиями и критериями 100-балльной шкалы. Учитываются как результаты текущего контроля, так и знания, навыки и умения, непосредственно показанные студентами в ходе экзамена.

В соответствии с балльно-рейтинговой системой БАРС по дисциплине отводится 100 баллов (40 баллов на текущие формы контроля, 10 баллов на бонусы и 50 баллов отводится на экзамен),

Оценивание студентов на экзамене осуществляется в соответствии с требованиями и критериями 100-балльной шкалы. Учитываются как результаты текущего контроля, так и знания, навыки и умения, непосредственно показанные студентами в ходе экзамена.

Критерии оценок на экзамене:

40-50 баллов – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

35-39 баллов – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

25-34 балла – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

20-24 балла – студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновать некоторые выводы.

15-19 баллов – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала. 1

1-14 баллов – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки. 1

0 баллов – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.

6-9 баллов – студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

1-5 баллов – студент имеет лишь частичное представление о теме. 0 баллов – нет ответа.

**Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю) в каждом семестре**

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
<b>Основной блок</b>				
1.	<i>Ответ на занятия</i>	3/3	9	По расписанию
2.	<i>Выполнение лабораторной работы</i>	3/3	9	
3.	<i>Выполнение контрольной работы</i>	3/3	9	
4.	<i>Тест</i>	3/3	9	
5.	<i>Реферат</i>	1/4	4	
<b>Всего</b>			<b>40</b>	-

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
<b>Блок бонусов</b>				
6.	<i>Посещение занятий без пропусков</i>	1	3	
7.	<i>Своевременное выполнение всех заданий</i>	1	3	
8.	<i>Активность студента на занятии</i>	1	4	
<b>Всего</b>			<b>10</b>	-
<b>Дополнительный блок</b>				
9.	<i>Экзамен</i>		50	
<b>Всего</b>			<b>50</b>	-
<b>ИТОГО</b>			<b>100</b>	-

**Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)**

Показатель	Балл
<i>Опоздание на занятие</i>	- 1
<i>Нарушение учебной дисциплины</i>	- 1
<i>Неготовность к занятию</i>	- 2
<i>Пропуск занятия без уважительной причины</i>	- 2

**Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)**

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале
90–100	5 (отлично)
85–89	4 (хорошо)
75–84	
70–74	
65–69	3 (удовлетворительно)
60–64	
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)

При реализации дисциплины (модуля) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **8.1. Основная литература**

1. Физические основы получения информации учеб. пособие / Р.А. Ахмеджанов, А.И. Чередов. - М. : УМЦ ЖДТ, 2013. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785999400789.html> (ЭБС «Консультант студента»).
2. Физические основы электроники : полевые приборы / Диденко С.И. - М. : МИСиС, 2016. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/MIS066.html> (ЭБС «Консультант студента»).
3. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом : учебник / Иванов Н.И. - М. : Логос, 2008. - (Новая университетская библиотека). - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987042860.html> (ЭБС «Консультант студента»).

4. Основы формирования, передачи и приема цифровой информации : учебное пособие / В.И. Лузин, Н.П. Никитин, В.И. Гадзиковский. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2014. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785321019610.html> (ЭБС «Консультант студента»).

## 8.2. Дополнительная литература

1. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник / Иванов Н.И. - М. : Логос, 2008. - (Новая университетская библиотека). - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987042860.html> (ЭБС «Консультант студента»).
2. Шалимова, К.В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. - 4-е изд. ; стер. - СПб. : Лань, 2010. - 400 с. (9 экз.)
3. Епифанов, Г.И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г. И. Епифанов. - 3-е изд. ; испр. - СПб. : Лань, 2010. - 288 с. : ил. - Учебники для вузов (24 экз.)
4. Садердинов, А. А. Информационная безопасность предприятия: учеб. пособие для вузов / А. А. Садердинов, В. А. Трайнев, А. А. Федулов. - 2-е изд. - М.: Дашков и К, 2005. - 336 с. (45 экз.)
5. Морозова, Н.Ю. Электротехника и электроника : доп. М-вом образования РФ в качестве учебника для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / Н. Ю. Морозова. - 2-е изд. ; стереотип. - М. : Академия, 2009. - 256 с. - (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-7695-6095-8 : 250-47 (12 экз.)
6. Савельев, И.В. Курс общей физики: в 4-х т. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц : доп. Научно-метод. советом по физике М-ва образования и науки РФ в качестве учеб. пособия для студентов вузов, обучающихся по техн. и спец. / под общ. ред. В.И. Савельева. - 2-е изд. ; стер. - М. : Кнорус, 2012. - 366, [2] с. - ISBN 978-5-406-02590-1 (Т. 3) : 449-40. (2 экз.)
7. Новиков, Ю.Н. Основные понятия и законы теории цепей, методы анализа процессов в цепях : рек. УМО по ун-тскому политехн. образованию в качестве учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений..."Техническая физика" / Ю. Н. Новиков. - 3-е изд. ; испр. и доп. - СПб.-М.-Краснодар : Лань, 2011. - 368 с. : ил. - (Учеб. для вузов. Спец. лит.). - ISBN 978-5-8114-1184-9 : 749-98. (1 экз.)

## 8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

1. **Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента».** Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог в настоящее время содержит около 15000 наименований. [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru).

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Учебные аудитории, библиотеки АГУ, компьютерные классы, мультимедийные аудитории, лаборатории для проведения физических экспериментов.

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление

обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).