

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 8 от «22» июня 2017 г.

Зав. кафедрой



\_\_\_/Р.З. Бахтизин

Согласовано:  
Председатель УМК физико-технического  
института



\_\_\_/М.Х. Балапанов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина \_\_\_\_\_ Общая теория связи, часть 2 \_\_\_\_\_  
(наименование дисциплины)

\_\_\_\_\_ базовая \_\_\_\_\_

(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

**программа бакалавриата**

Направление подготовки

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

(наименование ООП ВПО направления подготовки или специальности с указанием кода)

Профиль(и) подготовки

\_\_\_\_\_ Оптические системы и сети связи \_\_\_\_\_

Квалификация

\_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_

(указывается квалификация)

Разработчик (составитель)

Доцент, к.ф.-м.н.

(должность, ученая степень, ученое звание)



\_\_\_/ Шарипов Т.И.  
(подпись, Фамилия И.О.)

Для приема: 2017 г.

Уфа 2017 г.

Составитель / составители: Гоц С.С., д.ф.-м.н., Шарипов Т.И., к.ф.-м.н., доцент кафедры физической электроники и нанофизики БашГУ.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «22» июня 2017 г. № 8

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры физической электроники и нанофизики, протокол № 6 от «7» июня 2018 г.

Заведующий кафедрой



\_\_\_\_\_ / Р.З. Бахтизин /

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
  - 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
  - 4.3. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)*
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

## 1. Перечень планируемых результатов обучения дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», квалификация бакалавр.

**ОПК-6** - способность проводить инструментальные измерения, используемые в области инфокоммуникационных технологий и систем связи

**ПК-16** – готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований.

**ПК-17** – Способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики.

**ПК-18** - способность организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов.

Результаты обучения		Формируемые компетенции с указанием кода	Примечание
<b>Знания.</b> Необходимо знать:	Математические методы описания, расчетов и измерения физических характеристик сигналов, помех, информационных потоков и каналов связи	<b>ОПК-6, ПК-16</b>	
	Аналоговые и цифровые методы получения, передачи, приема и обработки сигналов (звуковых, электрических, радио-, оптических, видео- и т.п.) в информационных и телекоммуникационных системах	<b>ПК-17</b>	
	Основные методы оптимизации устройств, предназначенных для аналоговой и цифровой обработки сигналов	<b>ПК-16</b>	
	Основные методы помехоустойчивого кодирования, декодирования и компрессии дискретных сообщений	<b>ПК-16</b>	
	Начальные представления о методах защиты информации от несанкционированного доступа	<b>ПК-16</b>	
	Различные системы многоканальной передачи информации	<b>ПК-16</b>	
	Перспективы развития информационных технологий и систем связи	<b>ПК-17, ПК-18</b>	
<b>Умения</b>	Осуществлять математическое и компьютерное моделирование сигналов, помех, каналов связи, процессов кодирования и	<b>ОПК-6, ПК-16</b>	

	декодирования		
	Выполнять расчеты основных характеристик источников информации, каналов связи на основе теории вероятностей и статистических методов	<b>ПК-16</b>	
	Выполнять количественную и качественную оценку номинальных и предельных характеристик различных телекоммуникационных систем	<b>ПК-17</b>	
	Рассчитывать пропускную способность, помехоустойчивость и энергетическую эффективность аналоговых и дискретных каналов связи, различных методов кодирования и декодирования	<b>ПК-17</b>	
	Осуществлять работы по созданию новых и модернизации существующих систем связи	<b>ПК-17</b>	
	Выполнять технико-экономическое обоснования по созданию новых и модернизации существующих систем связи	<b>ПК-18</b>	
<b>Владения</b> (навыки, опыт деятельности)	Основами программирования в объеме, достаточном для составления моделей сигналов, помех, линейных и нелинейных преобразований сигналов, процессов кодирования и декодирования	<b>ОПК-6, ПК-16</b>	
	Методами решения математических задач по оптимизации процессов преобразования сигналов	<b>ПК-17</b>	
	Навыками проведения экспериментальных исследований функционирования датчиков информации, усилителей, модуляторов, модемов, кодеров, декодеров и других функциональных преобразователей	<b>ПК-18</b>	

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Общая теория связи» (ОТС) входит в базовую часть профессионального цикла дисциплин ФГОС-3+ для подготовки бакалавров и магистров направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по профилю «Оптические системы и сети связи». В учебном плане дисциплине «Общая теория связи» часть 2 присвоен индекс Б1.Б.17.2.

Теоретической базой для успешного освоения курса ОТС являются основные сведения из естественнонаучных дисциплин: математики, информатики, физики, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, теории электрических цепей, электроники, аналоговой и цифровой схемотехники.

Целью преподавания дисциплины ОТС является изучение принципов передачи, приема, обработки и защиты информации в инфокоммуникационных системах. Целью 2 части курса ОТС является теоретическая подготовка студентов, которая должна обеспечивать понимание основ теории информации, методов цифровой обработки сигналов, принципов кодирования дискретной информации, основных методов защиты информации, основ построения, работы и путей совершенствования современных систем связи.

В результате изучения дисциплины ОТС у студентов должны сформироваться знания, навыки и умения, позволяющие самостоятельно проводить математический анализ физических процессов в аналоговых и цифровых устройствах формирования, преобразования и обработки сигналов, оценивать реальные и предельные возможности пропускной способности и помехоустойчивости информационных и телекоммуникационных систем.

Предусмотренные программой ОТС знания являются не только базой для последующего изучения специальных дисциплин, но имеют также самостоятельное значение для формирования специалистов по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Основными задачами освоения дисциплины ОТС является следующее:

- Знакомство с основными методами анализа и синтеза информационных систем, предназначенных для приема и передачи аналоговых и цифровых сообщений;
- Изучение влияния и методов защиты от помех при передаче аналоговых и дискретных сигналов;
- Изучение теории информации;
- Изучение методов защиты информации от несанкционированного доступа;
- Знакомство с методами оптимизации телекоммуникационных систем, направленное на повышение помехоустойчивости и эффективности передачи информации.

Вторая часть курса ОТС является продолжением и развитием первой части курса ОТС. В нем предполагается более глубокое изучение отдельных разделов ОТС, связанных с теорией информации, методов кодирования дискретных сообщений и цифровой обработки сигналов. При изучении указанных теоретических разделов особое внимание уделяется практическому инженерно-техническому состоянию и развитию средств связи.

Приступая к изучению курса ОТС, студенты должны свободно владеть основными понятиями и методами теории линейных и нелинейных электрических цепей, теории вероятностей, математического анализа, линейной алгебры, комбинаторики, информатики и вычислительной техники. Приступая к выполнению лабораторных и практических занятий по ОТС, студенты должны свободно владеть практическими навыками работы на современных персональных компьютерах в среде Linux, Windows, Office, должны знать хотя бы два алгоритмических языка высокого уровня (Pascal, Delphi, Basic, C++, ...), иметь навыки работы с электро- и радиоизмерительными приборами.

На лабораторных занятиях студенты приобретают навыки работы с радиоэлектронной аппаратурой, с измерительными приборами, с компьютерной техникой и периферийным оборудованием, прорабатывают и закрепляют учебный материал на конкретных практических задачах и примерах.

### **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции

**ОПК-6** - способность проводить инструментальные измерения, используемые в области инфокоммуникационных технологий и систем связи

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (начальный уровень)	Знать: 1. Способы проведения инструментальных измерений, используемых в области инфокоммуникационных технологий 2. Методы оптимизации устройств, предназначенных для аналоговой и цифровой обработки 3. Представления о методах защиты информации от несанкционированного доступа	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (базовый уровень)	Уметь: 1. Проводить инструментальные измерения, используемые в области инфокоммуникационных технологий 2. выполнять оптимизацию устройств, предназначенных для аналоговой и цифровой обработки сигналов	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
Третий этап (повышенный уровень)	Владеть: Основами проведения инструментальных измерений, используемых в области инфокоммуникационных технологий	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

**ПК-16** – готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (начальный уровень)	Знать: 1. Математические методы описания, расчетов и измерения физических характеристик сигналов, помех, информационных потоков и каналов связи 2. Основные методы оптимизации устройств, предназначенных для аналоговой и цифровой обработки сигналов 3. Основные методы помехоустойчивого кодирования, декодирования и компрессии дискретных сообщений 4. Начальные представления о методах защиты информации от несанкционированного доступа 5. Различные системы многоканальной передачи информации	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (базовый уровень)	Уметь: 1. Осуществлять математическое и компьютерное моделирование сигналов, помех, каналов связи, процессов кодирования и декодирования 2. Выполнять расчеты основных характеристик источников информации, каналов связи на основе теории вероятностей и статистических методов	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
Третий этап (повышенный уровень)	Владеть: Основами программирования в объеме, достаточном для составления моделей сигналов, помех, линейных и	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные	Владеет, допускает незначительные	Владеет в совершенстве

	нелинейных преобразований сигналов, процессов кодирования и декодирования;		ошибки	ошибки	
--	--	--	--------	--------	--

**ПК-17** – Способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Не удовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (начальный уровень)	Знать: 1. Аналоговые и цифровые методы получения, передачи, приема и обработки сигналов (звуковых, электрических, радио-, оптических, видео- и т.п.) в информационных и телекоммуникационных системах 2. Перспективы развития информационных технологий и систем связи	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (базовый уровень)	Уметь: 1. Выполнять количественную и качественную оценку номинальных и предельных характеристик различных телекоммуникационных систем 2. Рассчитывать пропускную способность, помехоустойчивость и энергетическую эффективность аналоговых и дискретных каналов связи, различных методов кодирования и декодирования	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
Третий этап (повышенный уровень)	Владеть: Методами анализа и обработки экспериментальных результатов, расчетов их погрешностей.	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

**ПК-18** - способность организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов.

Этап (уровень)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3	4	5

освоения компетенции	(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	«Не удовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Первый этап (начальный уровень)	Знать: 1. Перспективы развития информационных технологий и систем связи	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (базовый уровень)	Уметь: Выполнять технико-экономическое обоснования по созданию новых и модернизации существующих систем связи	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
Третий этап (повышенный уровень)	Владеть: Навыками проведения экспериментальных исследований функционирования датчиков информации, усилителей, модуляторов, модемов, кодеров, декодеров и других функциональных преобразователей	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10 баллов) и за ответы обучаемого на экзамене – максимум 30 баллов.

Шкала перевода баллов рейтинга в пятибалльную шкалу итоговой оценки по дисциплине:

- от 0 до 44 баллов – «неудовлетворительно»
- от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;
- от 60 до 79 баллов – «хорошо»;
- от 80 до 110 баллов – «отлично».

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать: 1. Математические методы описания, расчетов и измерения физических характеристик сигналов, помех, информационных потоков и каналов связи 2. Основные методы оптимизации устройств, предназначенных для аналоговой и цифровой обработки сигналов 3. Основные методы помехоустойчивого кодирования, декодирования и компрессии дискретных сообщений 4. Начальные представления о методах защиты информации от несанкционированного доступа 5. Различные системы многоканальной передачи информации 6. Аналоговые и цифровые методы получения, передачи, приема и обработки сигналов (звуковых, электрических, радио-, оптических, видео- и т.п.) в информационных и телекоммуникационных системах 7. Перспективы развития информационных технологий и систем связи 8. Перспективы развития информационных технологий и систем связи	ОПК-6, ПК-16, ПК-17, ПК-18	Аудиторные и домашние задания, собеседование и коллоквиумы по теоретическому материалу,
2-й этап Умения	Уметь: 1. Осуществлять математическое и компьютерное моделирование сигналов, помех, каналов связи, процессов кодирования и декодирования 2. Выполнять расчеты основных характеристик источников информации, каналов связи на основе теории вероятностей и	ОПК-6, ПК-16, ПК-17, ПК-18	Отчеты по лабор. работам, собеседование, коллоквиум

	<p>статистических методов</p> <p>3. Выполнять количественную и качественную оценку номинальных и предельных характеристик различных телекоммуникационных систем</p> <p>4. Рассчитывать пропускную способность, помехоустойчивость и энергетическую эффективность аналоговых и дискретных каналов связи, различных методов кодирования и декодирования</p>		
<p>3-й этап</p> <p>Владеть навыкам и</p>	<p>Владеть:</p> <p>1. Методами анализа и обработки экспериментальных результатов, расчетов их погрешностей.</p> <p>2. Навыками проведения экспериментальных исследований функционирования датчиков информации, усилителей, модуляторов, модемов, кодеров, декодеров и других функциональных преобразователей</p>	<p>ОПК-6, ПК-16, ПК-17, ПК-18</p>	<p>экзамен</p>

### 4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

#### Вопросы к текущему и рубежному контролю по теоретическому материалу

1. Непрерывные и дискретные сообщения. Определение источника, дискретного канала связи (ДКС), кодирования и декодирования. Двоичные, многоуровневые и многопозиционные дискретные коды. Примеры математического описания ДКС.  $m$ -ичный симметричный канал связи без памяти. Двоичный по входу симметричный канал без памяти со стиранием. Двоичный канал с аддитивным шумом.
2. Частное количество информации. Мера количества информации, выдаваемой источником. Энтропия дискретного случайного сигнала. Основные свойства энтропии. Примеры определения энтропии двоичных информационных процессов. Аддитивность энтропии. Избыточность сообщений. Производительность и информационная скорость источника.
3. Условная энтропия как мера количества информации, теряемой при передаче сообщений в расчете на один символ. Свойства условной энтропии.
4. Количество информации, передаваемой по дискретному каналу связи. Взаимная информация. Основные свойства характеристики взаимной информации.
5. Пропускная способность дискретного канала связи. Свойства характеристики пропускной способности. Примеры вычисления пропускной способности дискретных каналов связи ( $m$ СК без памяти, 2СК без памяти, двоичный по входу канал со стиранием. Двоичный канал с памятью и аддитивным шумом.
6. Оценка средней длины канальных символов, приходящихся на один символ источника сообщений. Теорема о кодировании дискретного источника. Теорема о кодировании в канале без помех.
7. Требования к соотношению между производительностью источника и пропускной способностью канала. Основная теорема Шеннона.
8. Потенциальные возможности непрерывных каналов связи. Методы математического описания непрерывных каналов связи. Мера количества информации, передаваемой по непрерывному каналу связи. Основные свойства меры взаимной информации в непрерывных каналах связи.
9. Дифференциальная энтропия. Расчет дифференциальной энтропии для белого гауссовского шума. Дифференциальная энтропия случайной величины с произвольной статистикой.
10. Пропускная способность непрерывного канала связи с помехой в виде белого гауссовского шума.

Расчет на ЭВМ зависимости пропускной способности непрерывного канала связи от отношения сигнал/шум и полосы пропускания при наличии аддитивной помехи в виде белого гауссовского шума.

11. Определение процедуры кодирования в широком и узком смысле слова. Примеры кодирования сообщений. Кодеры и декодеры. Кодеки.
12. Классификация основных методов кодирования. Примитивное или безызбыточное кодирование. Экономное кодирование или сжатие данных. Помехоустойчивое или избыточное кодирование.
13. Принципы экономного кодирования источников дискретных сообщений без потери и с частичной потерей информации. Префиксные коды. Метод укрупнения алфавита.
14. Методы сжатия звуковых сообщений с частичной потерей информации. Информационная оценка звуковых сообщений. Психоакустическая модель слуха.
15. Сжатие информации в цифровой проводной телефонии. Компандеры и экспандеры сигналов.
16. Сжатие информации в цифровой мобильной телефонии. Вокодеры.
17. Основы кодирования неподвижных и подвижных изображений. Оценка цифрового потока, формируемого при передаче подвижных изображений. Стандарты JPEG и MPEG.
18. Теорема о среднем количестве последовательности канальных символов, приходящихся на один символ источника сообщений.
19. Алгоритм Шеннона-Фано построения неравномерных префиксных кодов. Пример компьютерной программы, реализующей один – два метода неравномерного кодирования.
20. Теоретико-информационная концепция криптозащиты сообщений в телекоммуникационных системах. Криптография. Криптоанализ. Симметричные и асимметричные системы криптозащиты информации. Блочные и потоковые системы криптозащиты информации.
21. Понятие о помехоустойчивом кодировании. Определение канальных (избыточных) блочных кодов. Скорость канального кода. Связь скорости кода с его избыточностью.
22. Расчет вероятности оптимального декодирования для блочных кодов с фиксированной длиной. Оценка верхней границы ошибки. Экспоненты вероятностей ошибок. Эквивалентная ошибка в расчете на 1 бит.
23. Коды с гарантированным обнаружением и исправлением ошибок. Расстояние Хэмминга, вектор (образец) ошибок и вес Хэмминга для избыточных кодов. Кратность вектора ошибок.
24. Минимальное кодовое расстояние для избыточного кода. Декодирование по минимуму расстояния Хэмминга. Пример компьютерной программы для вычисления межсимвольного расстояния.
25. Связь между обнаружительной способностью избыточного кода и минимальным кодовым расстоянием.
26. Функция кратности ошибок. Расчет вероятности ошибок при передаче сообщения длиной  $n$  для mCK без памяти.
27. Теорема о количестве гарантированно исправляемых ошибок и теорема о количестве гарантированно обнаруживаемых и исправляемых ошибок для избыточных кодов.
28. Теорема о количестве исправляемых ошибок и стираний для избыточного кода.
29. Линейные блочные двоичные коды. Порождающая матрица линейного кода.
30. Каноническая матричная форма записи линейных кодов. Систематические линейные коды. Информационные и проверочные символы.
31. Проверочная матрица и синдром для линейных систематических кодов. Понятие о синдромном декодировании принятого кода. Схема для вычисления синдрома.
32. Важнейшие классы линейных двоичных кодов. Коды с общей проверкой на четность. Коды Хэмминга. M - последовательности.
33. Полиномиальные коды. Синдромные полиномы.
34. Циклические линейные коды. Порождающий многочлен циклического типа. Задание порождающего многочлена с помощью своих корней. Коды Боуза-Чоухури-Хоквингейма (БЧХ).
35. Алгоритмы исправления ошибок линейными кодами. Мажоритарные методы декодирования, как метод уменьшения объема проверок при декодировании сообщений.
36. Кодирование в каналах с памятью. Процедура перемежения символов. Технология Discrete Multi Tone DMT.
37. Системы с решающей и информационной обратной связью. Адаптивные системы связи.
38. Декодирование с мягким и жестким решением.
39. Сверточные (решетчатые) коды. Основные преимущества сверточных кодов перед блочными. Схемы для формирования сверточных кодов.
40. Рекуррентный алгоритм декодирования Витерби (AB) (на примере мягкого декодирования).
41. Функциональные схемы одноканальных и многоканальных аналоговых и цифровых систем передачи информации. Разделение каналов по времени и по частоте.
42. Основные виды искажений (12 видов) при цифровой обработке сигналов. Спектр дискретизированного во времени сигнала. Спектральные окна. Искажения, связанные с дискретизацией сигнала во времени. Эффект «наложения частот» (элайзинг) и методы его устранения.
43. Искажения, связанные с квантованием сигнала по уровню. Линейные и функциональные квантователи сигналов в системах связи. Шумы квантования и методы их уменьшения. Компрессия сигналов по амплитуде.

Компандеры и экспандеры.

44. Искажения, связанные с конечным временем одной выборки (одного отсчетного значения). Апертурное время и методы его уменьшения. Устройства выборки и хранения.
45. Искажения, связанные с конечным временем одной анализируемой или передаваемой реализации. Краевые эффекты и методы их уменьшения. Методы уменьшения или предотвращения появления краевых искажений в цифровой телефонии.
46. «Эффект частотокола» при цифровой обработке сигналов. «Разрешенные» и «запрещенные» частоты при вычислении спектра дискретизированного во времени сигнала.
47. Восстановление непрерывного сигнала по дискретизированной последовательности. Полиномиальная интерполяция и экстраполяция сигналов. Схемы, реализующие полиномиальную интерполяцию нулевого и первого порядков.
48. Цифровые фильтры (ЦФ). Рекурсивные и нерекурсивные ЦФ. Порядок ЦФ. Z-преобразование. Комплексный коэффициент передачи трансверсального ЦФ. Пример расчета АЧХ и ФЧХ трансверсальных ЦФ первого и второго порядков.
49. Рекурсивные цифровые фильтры (ЦФ). Каноническая схема рекурсивного ЦФ. Комплексный коэффициент передачи рекурсивного ЦФ. Пример расчета АЧХ и ФЧХ рекурсивного ЦФ первого порядка.
50. Алгоритм дискретного преобразования Фурье. Пример компьютерной программы.
51. Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Примеры использования БПФ в технике связи.

## Лабораторная работа № 1

### Моделирование на ЭВМ АМ сигналов

1. Какие математические операции выполняются в программе № 1 при вычислении отсчетных значений АМ сигнала? Ответ проиллюстрировать соответствующим фрагментом программы.
2. Какие функции выполняют объявленные в программе массивы данных  $a[i]$ ,  $b[i]$ ?
3. Что представляет собой модулирующий сигнал в программе № 1 ? Из каких спектральных компонент состоит модулирующий сигнал в исходной программе №1 ?
4. Каким образом можно изменить частоту несущей в программе №1 ?
5. Как в программе задается глубина модуляции и амплитуда несущей?
6. Что представляет собой алгоритм вычисления отсчетных значений полярно модулированного сигнала (программа № 2) ?
7. Какие модулирующие сигналы используются при получении полярно модулированного сигнала (см. программу № 2) ? Чем модулирующие сигналы отличаются друг от друга ?
8. Какие изменения произойдут с полярно модулированным сигналом при его непосредственной передаче в эфир? Как избежать этих изменений сигнала ?
9. Почему значения периодов несущей и модулирующих сигналов указаны в условных единицах времени? В каком случае значения периодов сигналов могут быть указаны в конкретных единицах времени?
10. ДЗ-1. Внести изменения в компьютерную программу № 1, чтобы были заданы значения:
11. частоты несущей  $F_C$ ,
12. частоты модулирующего сигнала  $F_m$ ,
13. частоты дискретизации  $F_d$ .
14. разметка оси абсцисс в единицах времени.
15. ДЗ-2. На основе программы № 1 предложить программу для получения балансной АМ модуляции и программу для восстановления несущей АМ сигнала. Продемонстрировать влияние неточностей подбора частоты восстанавливаемой несущей (задано отклонение на 1-2%) на форму огибающей восстановленного АМ сигнала.
16. Объяснить звуковые эффекты, происходящие в радиоканале БАМ при неточном восстановлении несущей в приемнике.

## Лабораторная работа № 2

### Исследование спектров АМ сигналов

1. Какой метод спектрального анализа АМ сигналов используется в работе ? Какие еще методы спектрального анализа известны Вам ?
2. С какой целью при вычислении спектра АМ сигнала используют две квадратурные компоненты  $a[i]$ ,  $b[i]$ , хотя одна из этих компонент до преобразования Фурье обнуляется ?
3. Какие математические операции выполняются в программе при вычислении отсчетных значений АМ сигнала? Какие функции выполняют объявленные в программе массивы данных? Чем эти функции отличаются от функций, выполняемых в предыдущей лабораторной работе ?
4. Что представляет собой в программе модулирующий сигнал ? Из каких спектральных компонент состоит модулирующий сигнал в исходной программе ? Как эти компоненты проявляются на спектре АМ сигнала ?
5. Каким образом можно изменить частоту несущей в программе ? Каким образом эти изменения влияют на спектр АМ сигнала ?
6. Почему значения периодов несущей и модулирующих сигналов указаны в условных единицах времени? В каком случае значения периодов сигналов могут быть указаны в общепринятых единицах времени ?
7. ДЗ-1. Внести изменения в компьютерную программу таким образом, чтобы были заданы значения
8. частоты несущей  $F_C$ ,

9. частоты модулирующего сигнала  $F_m$ ,
10. частоты дискретизации  $F_d$ .
11. разметка по частоте на графике спектральной плотности мощности АМ сигнала.
12. ДЗ-2. Составить программу для вычисления спектральной плотности мощности АМ сигнала с одной боковой полосой.
13. С помощью метода векторных диаграмм рассчитать амплитудную характеристику АМ сигнала с одной боковой полосой.
14. Пользуясь векторным представлением АМ сигнала, показать, что для точного детектирования АМ сигнала с одной боковой полосой необходим квадратичный детектор. Рассмотреть и зарисовать примеры реализации схем линейного и квадратичного амплитудных детекторов.

### **Лабораторная работа № 3** Исследование спектров ЧМ сигналов

1. Какой метод спектрального анализа ЧМ сигналов используется в работе? Какие еще методы спектрального анализа известны Вам?
2. Является ли ЧМ сигнал периодическим? В каком случае ЧМ сигнал можно считать периодическим?
3. Какие математические операции выполняются в программе при вычислении отсчетных значений ЧМ сигнала? Какие рабочие функции выполняют объявленные в программе массивы данных  $a$ ,  $b$ ? Чем эти функции отличаются от функций, выполняемых в предыдущей лабораторной работе?
4. Что представляет собой в программе модулирующий сигнал? Из каких спектральных компонент состоит модулирующий сигнал в исходной программе? Как эти компоненты проявляются на спектре ЧМ сигнала?
5. Каким образом можно изменить частоту несущей в программе? Каким образом эти изменения влияют на спектр ЧМ сигнала?
6. Какой графический режим использовался при выполнении работы на вашем компьютере?
7. Как в программе задается индекс модуляции? В чем принципиальные отличия спектров ЧМ сигналов с большим и маленьким индексом модуляции?
8. Почему значения периодов несущей и модулирующих сигналов указаны в условных единицах времени? В каком случае значение периодов сигналов могут быть указаны в общепринятых единицах времени?
9. Почему сигнал с большим индексом модуляции является более помехоустойчивым? Пояснить ответ соответствующими векторными диаграммами.
10. Почему вращается вектор, изображающий БГШ, прошедший через колебательные контуры частотного детектора?
11. ДЗ-1. Привести примеры радиотехнических систем, использующих ЧМ сигналы с большими и малыми индексами модуляции. (в радиовещании, телевидении и в системах связи). Пояснить причины выбора индекса модуляции конкретными параметрами помехоустойчивости и диапазоном рабочих частот.
12. ДЗ-2. С помощью векторных диаграмм пояснить принципы работы частотного детектора (ЧМ детектор с расстроенными контурами, детектор отношений, дискриминатор).

### **Лабораторная работа № 4**

#### Исследование статистики и энтропии источников текстовой (дискретной) информации

1. Как задается в программе №1 имя анализируемого текстового файла? В каком формате должен быть записан исходный текст? Найти цикл, в котором считывается исходный текст. Что служит условием окончания выполнения этого цикла?
2. Пояснить процедуру вычисления одномерной функции распределения (ОФР). В каком формате и в каком массиве хранятся значения ОФР?
3. Найти цикл, в котором осуществляется построение гистограммы ОФР. Каким образом осуществляется нормировка при построении гистограммы ОФР? Объяснить, каким образом можно на гистограмме подписать численные значения вероятностей появления отдельных символов.
4. Объяснить фрагмент программы № 1, в котором рассчитывается энтропия и избыточность сообщения. Что позволяет при вычислении энтропии игнорировать символами, вероятность которых меньше  $10^{-16}$ ?
5. Предложить свой вариант программы №1, в котором обеспечивается оперативная смена алфавита. В этом случае алфавит языка (прописные и строчные буквы) должен полностью задаваться в виде двух строковых констант типа string. Сравнить между собой компактность, быстродействие и удобство использования исходной и переделанной программ.
6. Предложить свой вариант программы №1, в котором на гистограмме символы отображаются в порядке убывания вероятностей их появления (см. рис.3).
7. В чем причина различий энтропии, определенной по одномерной и двумерной статистике текстовой информации?

### **Лабораторная работа № 5**

#### Изучение принципов кодирования информации неравномерными кодами

1. В чем заключается сущность используемой в работе процедуры неравномерного кодирования?
2. Как в программе реализуется процедура отбрасывания незначащих нулей в старших разрядах кодов?
3. Как в программе определяется длина каждого неравномерного кода?
4. Как вычисляется средневзвешенное значение неравномерных кодов? Предложить вариант реализации алгоритма вычисления среднearифметического значения длины кода в расчете на один символ сообщения.
5. В чем принципиальная разница в нахождении средневзвешенных и среднearифметических значений количества бит на символ для неравномерных кодов?

- При каких условиях и почему средневзвешенные значения случайной величины по ансамблю реализаций будут равны среднеарифметическому (среднему) значению случайной величины? Ответ пояснить конкретным примером.
- 

### Лабораторная работа № 6

#### Моделирование на ЭВМ методов избыточного помехоустойчивого кодирования-декодирования сообщений

- Почему генерируемый шум является белым? При каких изменениях в программе генерируемый шум станет розовым?
- Почему в работе используется центрированный шум, выступающий в роли помехи? Доказать теоретически, что при использовании в качестве помехи нецентрированного шума применяемый алгоритм исправления ошибок не даст желаемого результата.
- Выводы какой фундаментальной теоремы теории вероятностей используются при вычислении отсчетных значений белого гауссовского шума?
- Сравнить между собой белый и розовый шум с точки зрения особенности вносимых помех и ошибок при передаче дискретных сообщений. Указание. При ответе на данный вопрос сравнить между собой АКФ белого и розового шума (с прямоугольным спектром и со спектром Лоренца).
- Сравнить между собой шум с гауссовским и равновероятным распределением с точки зрения особенности вносимых помех и ошибок при передаче дискретных сообщений.
- Как задается в программе уровень (мощность) шума. Чему равно отношение сигнал/шум?
- Какой уровень пропускной способности гарантирует формула Шеннона для используемого в работе уровня шума?
- В чем суть использованного в программе метода кодирования сообщения? К какой разновидности относятся получаемые коды?
- Опишите процесс декодирования принятого сообщения.
- Описать алгоритм исправления ошибок, используемый в работе. Почему в процессе декодирования помеха подавляется, а полезный сигнал остается прежним?

### Список вопросов по практическим занятиям ОТС

#### Занятие № 1

##### Численный расчет на ЭВМ энтропии двоичного источника без памяти

- Как в компьютерной программе вычисляются значения зависимости энтропии  $H(p)$  (в бит/символ) двоичного источника сообщения от вероятности  $p$  появления нулевых символов?
- Как в компьютерной программе определяется максимальное значение зависимости энтропии  $H(p)$  двоичного источника сообщения от вероятности  $p$  появления нулевых символов?
- Как в компьютерной программе осуществляется нормировка по вертикали и как наносятся на вертикальную ось графика  $H(p)$  численные значения меток?
- Как в компьютерной программе наносятся на горизонтальную ось аргумента  $p$  графика  $H(p)$  численные значения меток?
- Как в компьютерной программе избегаются неопределенности при вычислении  $H(0)$  и  $H(1)$ ? Каким образом вычисляются  $H(0)$  и  $H(1)$ ?
- Не используя правило Лопиталья, найти предел  $\lim_{p \rightarrow 0} [p \cdot \log p]$ .
- Сопоставить между собой характеристики передачи (помехоустойчивость, скорость передачи) текстов с различной энтропией (одинакового содержания, но на различных языках) по дискретным каналам связи?

#### Занятие № 2

##### Численный расчет на ЭВМ пропускной способности $m$ -ичного симметричного канала без памяти

- Как в компьютерной программе вычисляются значения зависимости пропускной способности  $C(p)$  (в бит/символ)  $m$ -ичного симметричного канала без памяти от вероятности  $p$  неправильной передачи символов?
- Как в компьютерной программе определяется максимальное значение пропускной способности  $C(p)$  (в бит/символ)  $m$ -ичного симметричного канала без памяти?
- Как в компьютерной программе осуществляется нормировка графика по вертикали и как наносятся на вертикальную ось графика  $C(p)$  численные значения меток?
- Как в компьютерной программе наносятся на горизонтальную ось графика  $C(p)$  численные значения меток?
- Как в компьютерной программе избегаются неопределенности при вычислении  $C(0)$ ? Каким образом вычисляется  $C(0)$ ?
- Проиллюстрировать на конкретных логических примерах причину возрастания пропускной способности двоичного и троичного каналов связи при стремлении вероятности  $p$  неправильной передачи символов к 1.

7. Каким образом в реальном  $m$ -ичном симметричном канале связи без памяти задать (сместить) рабочую точку на зависимости  $C(p)$ .

### Занятие № 3

#### Численный расчет пропускной способности непрерывного канала связи с белым гауссовским шумом и ограниченной полосой пропускания.

1. Как в компьютерной программе вычисляются значения зависимости нормированной пропускной способности  $C$  непрерывного канала связи с белым гауссовским шумом и ограниченной полосой пропускания?
2. Какие факторы определяют максимальное значение пропускной способности непрерывного канала связи с белым гауссовским шумом и ограниченной полосой пропускания?
3. Как в компьютерной программе вычисляются значение полосы пропускания непрерывного канала связи, при котором реализуется заданный процент от максимальной пропускной способности ?
4. Как изменится пропускная способность непрерывного канала связи с белым гауссовским шумом при изменении следующих характеристик:
  - а) увеличении спектральной плотности шума (помехи) в 2 раза;
  - б) уменьшении мощности сигнала  $P_c$  в 2 раза;
  - в) увеличении полосы пропускания канала в 3 раза?
5. С какой целью в качестве аргумента пропускной способности непрерывного канала связи используется приведенная полоса пропускания канала связи  $FN_0/P_c$  ? Как в программе задаются значения  $FN_0/P_c$  ?
6. Как производится нормировка графика  $C$  и разметка по оси ординат?

### Занятие № 4

#### Расчет характеристик линейных блочных двоичных кодов

1. Что называется расстоянием Хэмминга (межсимвольным расстоянием)  $\rho(x, x')$  между двумя комбинациями  $x$  и  $x'$ ?
2. Что называется линейным блочным двоичным кодом ?
3. Как в компьютерной программе вычисляются межсимвольные расстояния между двумя произвольными восьмибитными двоичными кодами, заданными в однобайтовом и восьмибайтовом форматах ?
4. Как генерируются восьмибитные случайные коды в байтовом и восьмибайтовом форматах?
5. Каким образом генерируемые случайные коды отображаются на экране в двоичном виде?

### Занятие № 5

#### Изучение двухканального анализатора сигналов

1. Какие характеристики сигналов можно исследовать в режиме двухканального осциллографа?
2. От каких факторов зависит разрешающая способность анализа сигналов во времени при работе в режиме осциллографа?
3. В каких режимах и для чего используют режим синхронизации? В каких случаях отключают синхронизацию?
4. Какие параметры двух периодических сигналов можно определить при работе в режиме фазовой плоскости?
5. Как получить на экране анализатора сигналов фигуры Лиссажу?
6. Чем отличается спектральная плотность от спектральной плотности мощности?
7. От каких факторов зависят нижняя и верхняя частоты спектрального анализа?
8. В каком случае целесообразно применять двойной логарифмический масштаб при отображении спектральной плотности мощности?
9. Какую полезную информацию можно получить по спектральным характеристикам сигналов?
10. Каким образом с помощью программы «Двухканальный анализатор сигналов» можно измерить коэффициент гармоник?
11. Каким образом с помощью программы «Двухканальный анализатор сигналов» можно измерить динамический диапазон непрерывного канала?
12. С какой целью и в каком режиме измерений включают режим «Окно»?
13. Какую информацию о сигналах можно получить на основе изучения их автокорреляционной функции?
14. Какую информацию о сигналах можно получить на основе изучения их взаимной корреляционной функции?
15. Какие характеристики можно получить на основе одномерной функции распределения?

16. Как соотносятся между собой форма одномерной функции распределения и значение коэффициента эксцесса?
17. Как рассчитывается величина пик-фактора сигналов?
18. Как в системах связи учитывается величина пик-фактора сигналов?
19. Что необходимо сделать для уменьшения величины пик-фактора сигнала?
20. В каких пределах изменяется величина пик-фактора речевого сигнала?
21. Чему равна величина пик-фактора гармонического сигнала?
22. Какую информацию о сигналах содержит в себе коэффициент корреляции?

### **Экзаменационные билеты**

Структура экзаменационного билета:

*Билет состоит из двух теоретических вопросов.*

Примерные вопросы для экзамена:

1. Изобразить схематически график спектра АМ сигнала при тональной балансной модуляции.
2. В чем особенности детектирования АМ радиосигналов с одной боковой полосой без подавления несущей?
3. Изобразить схематически график спектра ЧМ сигнала при тональной модуляции с малыми индексами модуляции.
4. Что определяет энтропия дискретных сообщений?
5. Какой канал связи называется симметричным?
6. Формула для вычисления условной энтропии.
7. Чему равна пропускная способность непрерывного канала связи без помех?
8. Какие коды называются избыточными?
9. В чем заключается суть декодирования по минимуму расстояния Хэмминга?
10. Какая обратная связь в системах передачи называется информационной?
11. Изобразить схематически график спектра АМ сигнала при двухтональной модуляции.
12. Начертить векторную диаграмму однополосного АМ сигнала без подавления несущей.
13. Сопоставить между собой помехоустойчивость ЧМ сигналов с большими и малыми индексами модуляции.
14. Как влияет память дискретного источника на энтропию сообщения?
15. С какой целью при приеме дискретных сообщений проводят стирание некоторых символов?
16. Формула для вычисления взаимной информации.
17. Как влияет полоса пропускания непрерывного канала связи по частоте на его информационную пропускную способность?
18. С какой целью и где используется экономное кодирование?
19. В чем заключается суть декодирования по максимуму правдоподобия?
20. С какой целью используется метод перемежения символов?
21. Изобразить схематически график спектра АМ сигнала при двухтональной балансной модуляции.
22. Начертить векторную диаграмму АМ сигнала без подавления несущей.
23. В чем основное отличие характеристик ЧМ и ФМ сигналов?
24. Какие тексты имеют максимальную, и какие тексты - минимальную энтропию?
25. Какая помеха называется мультипликативной?
26. Характеристика пропускной способности дискретного канала связи.
27. Изобразить графически зависимость пропускной способности трюичного канала связи без памяти от вероятности ошибки передачи.
28. Привести примеры наиболее распространенных примитивных кодов.

29. В чем заключается суть декодирования с жестким решением?
30. Какое количество ошибок может обнаруживать и исправлять избыточный код с заданным минимальным межсимвольным расстоянием  $d$  ?
31. Нарисовать функциональную схему, реализующую однополосную АМ.
32. Изобразить принципиальную схему простейшего детектора полярно модулированного АМ сигнала.
33. Какой шум называется центрированным?
34. Какие разновидности амплитудно-импульсной модуляции известны вам?
35. В чем принципиальная разница воздействия шума с равномерным и гауссовским распределением плотности вероятности при передаче дискретных сообщений?
36. Как уменьшить уровень шума квантования в цифровых системах передачи?
37. В чем разница между канальными и информационными символами?
38. Записать формулу дискретного преобразования Фурье.
39. Каким образом можно теоретически оценить нижнюю границу среднего количества канальных символов, приходящихся на один символ источника сообщений.
40. Перечислите известные вам методы сжатия дискретных сообщений.
41. В чем заключается суть теоремы Винера-Хинчина?
42. Как математически определяется спектральная плотность мощности непрерывного сигнала?
43. Перечислите основные виды искажений, непосредственно связанные с цифровой обработкой сигналов.
44. Изобразить схему ЧМ детектора с расстроенным контуром.
45. В чем принципиальная разница воздействия белого и розового шума при передаче дискретных сообщений?
46. Какие преимущества существуют у непрерывных каналов связи с точки зрения пропускной способности информационного потока?
47. Привести пример  $M$ -последовательностей, предназначенных для передачи по двоичным каналам связи.
48. Какие методы существуют для уменьшения влияния краевых искажений?
49. Какая помеха называется аддитивной?
50. Какая помеха называется мультипликативной?
51. Какие преобразования испытывает непрерывный сигнал при импульсно-кодовой модуляции?
52. Зарисовать схему детектора отношений для детектирования ЧМ сигнала.
53. В чем заключается различие между спектральной плотностью и спектральной плотностью мощности сигнала?
54. К каким изменениям спектра сигнала приводят апертурные искажения?
55. Изобразить на рисунке осциллограмму сигнала АИМ-1.
56. Какими физическими параметрами канала связи определяется величина памяти дискретного канала связи?
57. В чем заключается суть кодирования-декодирования с общей проверкой на четность?
58. Какой дискретный канал связи имеет большую потенциальную помехоустойчивость - двоичный или троичный ?
59. К каким изменениям частотного спектра приводит дискретизация сигнала во времени?
60. Какие помехи называются мультипликативными?
61. С какой целью при спектральном анализе гармонические сигналы представляют в виде двух квадратурных компонент?
62. Изобразить схематически график спектра АМ сигнала при тональной модуляции.
63. Какие проблемы возникают и как они решаются при приеме БАМ радиосигналов.

64. Изобразить схематически график спектра ЧМ сигнала при тональной модуляции с большими индексами модуляции.
65. Формула для вычисления энтропии дискретных сообщений.
66. Что такое память канала связи?
67. Что характеризует условная энтропия?
68. Формула для пропускной способности непрерывного канала связи с помехами.
69. Какие коды называются равномерными?
70. Что представляют собой блочные линейные коды?
71. Какая обратная связь в системах передачи дискретных сообщений называется решающей?
72. Схема трансверсального цифрового фильтра второго порядка.
73. Схема рекурсивного цифрового фильтра первого порядка.

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра, и баллов, полученных на экзамене.

За работу в семестре студент получает до 70 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за результаты участия в олимпиаде студентов по общей физике. Для допуска к экзамену студент должен набрать в семестре не менее 35 баллов.

Максимальное количество баллов, получаемое студентом на экзамене, составляет 30 баллов.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

#### **Критерии оценивания ответа на экзамене:**

Максимальная оценка – 30 баллов складывается из оценки за ответ на теоретические вопросы билета (два вопроса оцениваются максимально по 9 баллов каждый), из оценки за решение задачи (6 баллов) и оценок за ответы на дополнительные вопросы (два вопроса, оцениваемых каждый в 3 балла максимально).

#### **За ответы на вопросы билета выставляется**

- **15-18 баллов**, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание формул, терминологии, понимание физической сути явлений и экспериментов, умение последовательно и логично отвечать на вопросы билета в объеме рекомендованной литературы.

Студент без затруднений ответил на уточняющие вопросы преподавателя по материалам билета.

- **10-14 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл без серьезных ошибок оба теоретических вопроса, однако показал пробелы в знаниях 20-25 % объема билета. Не на все уточняющие вопросы были даны корректные ответы.

- **5-9 баллов** выставляется студенту, если даны ответы на оба теоретических вопроса в объеме 35-50 % от полного ответа. Студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий, законов и формул, описании основных экспериментов. Студент не дает удовлетворительных ответов на уточняющие вопросы по билету.

- **1-4 балла** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий, законов и

экспериментов, или полностью отсутствует ответ на один вопрос и допущены серьезные ошибки и пробелы при ответе на второй вопрос. На уточняющие вопросы по билету не получены ответы или ответы на них в корне ошибочны.

**За ответ на дополнительный вопрос на экзамене выставляется:**

- 3 балла, если студент дал исчерпывающе полный и правильный ответ;
- 2 балла, если ответ верен, но дан не в полном объеме учебной программы, или содержит незначительные ошибки;
- 1 балл, если ответ на вопрос дан, но содержит серьезные ошибки или большие пробелы в изложении;
- 0 баллов, если студент не ответил или ответил в корне неверно.

Дополнительные вопросы задаются студенту после ответа на вопросы билета.

## **1. 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **Основная литература:**

1. Гоц С.С. Теория электрической связи. – Курс лекций. – Уфа: РИО БашГУ, 2009. – 132 с.
2. Гоц С.С. Основы построения и программирования автоматизированных систем цифровой обработки сигналов. Четвертое издание –Уфа: РИО БашГУ, 2009, 221 с.
3. Биккенин Р.Р., Чесноков М.Н. Теория электрической связи. – М.: «Академия», 2010, 336 с

#### **Дополнительная литература:**

4. Теория электрической связи / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, В.И. Коржик, М.В. Назаров; Под ред. Д.Д. Кловского. - М.: Радио и связь, 1998, - 432 с.
5. Гоц С.С. Основы радиоэлектроники. Курс лекций. - Уфа, 2007. 137 с
6. Гоц С.С. Основы описания и компьютерных расчетов характеристик случайных процессов в статистической радиофизике. Уфа, 2005, 166 с
7. Теория информации и кодирование / Самсонов Б.Б., Плохов Е.М., Филоненков А.И., Кречет Т.В. - Ростов на Дону, 2002, 288 с.
8. Гольденберг Л.С. и др. Цифровая обработка сигналов. - М.: Радио и связь, 1990. 256 с
9. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. - М.: Радио и связь, 1986. 512 с
10. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. - М.: Высшая школа, 2003, 462 с.
11. Галагер Р. Теория информации и надежная связь.- М.: Советское радио, 1974.
12. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки. - М.: Мир, 1976. - 594 с.
13. Кларк Дж. мл, Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи. Пер. с англ.- М.: Радио и связь, 1987. - 392 с.
14. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов.- СПб.:Питер, 2003, 608 с.
15. Каганов В.И. Радиотехнические цепи и сигналы. - М.: Академия, 2003, 224 с
16. Бытовая приемно-усилительная аппаратура / Под ред. К.Е.Румянцева. - М.: Академия, 2003, 304 с.
17. Цифровое ТВ: От студии к телезрителю. Компания “Сайрус”. WWW.Syrus.ru
18. Телекоммуникационные системы и сети. Т.2 / Катунин Г.П., Мамчев Г.В., Папантопуло В.Н., Шувалов В.П. - Новосибирск: ЦЭРИС, 2000,, 624 с.
19. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер. с англ. Под ред. Кловского Д.Д. – М.: Радио и связь, 2000, 800 с.
20. Цифровое преобразование изображений / Р.Е.Быков, К.В.Иванов, А.А.Манцветов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2003. – 228 с.
21. Шмалько А.В. Цифровые сети связи: основы планирования и построения. - М.: Эко-Трендз, 2001, 282 с.
22. Цифровые и аналоговые системы передачи / В.И.Иванов, В.Н.Гордиенко, Г.Н.Попов и др. - 2-е изд. - М.: Горячая линия- Телеком, 2003. - 232 с
23. Вокодерная телефония. Методы и проблемы. Под ред. А.А.Пирогова. М.: Радио и связь, 1974. 535 с.
24. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер. с англ. Под ред. Кловского Д.Д. – М.: Радио и связь, 2000, 800 с.

### **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. Савельев И.В.. Курс общей физики [Электронный ресурс] : в 5-ти тт. / И. В. Савельев .— СПб. : Лань, 2011- .— Т. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц .— 5-е изд. — 2011 .— 384 с. Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань".— <URL:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=708](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=708)>.
2. [https://www.google.ru/?gfe\\_rd=cr&ei=DNypVuLhCcG9wAPrmIHABw&gws\\_rd=ssl](https://www.google.ru/?gfe_rd=cr&ei=DNypVuLhCcG9wAPrmIHABw&gws_rd=ssl)
3. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
4. [www.bashlib.ru](http://www.bashlib.ru)
5. [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
6. [www.aps.org](http://www.aps.org)
7. <http://journals.aps.org>

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Большая физическая аудитория 02	Лекции	Доска, компьютер, мультимедийный проектор, экран
специализированная лаборатория – «Цифровая обработка сигналов и изображений», расположенная в аудитории № 316 (физмат корпус)	Практические и лабораторные занятия	Доска, мел, лабораторные установки, созданные на основе современных персональных компьютеров, интерфейсные платы ввода-вывода L-154, измерительные приборы, осциллографы, различные генераторы и т.д.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Общая теория связи, часть 2» на 4 семестр  
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	5/180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	83,2
лекций	32
практических/ семинарских	16
лабораторных	32
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	3,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	35
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	61,8

Форма контроля:

экзамен 4 семестр

№ п.п.	Тема и содержание разделов дисциплины	Форма изучения материала	Количество часов аудиторной работы	Основн. и дополнит. Литерат.	Задания по самостоятельной работе студентов	Количество часов самостоят. работы	Форма контроля самостоятельной работы
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Модуль 1. Теория информации</b>							
1	<p><b>Основы теории информации для источников дискретных сообщений</b></p> <p>1. Непрерывные и дискретные сообщения. Определение источника, дискретного канала связи (ДКС), кодирования и декодирования. Двоичные, многоуровневые и многопозиционные дискретные коды.</p> <p>2. Непрерывные и дискретные каналы связи. Примеры математического описания дискретных каналов связи (ДКС). m-ичный симметричный канал связи без памяти. Двоичный по входу симметричный канал без памяти со стиранием. Двоичный канал с аддитивным шумом.</p> <p>3. Частное количество информации. Мера количества информации, выдаваемой источником. Энтропия дискретного случайного сигнала. Основные свойства энтропии. Примеры определения энтропии двоичных и m-ичных информационных процессов. Аддитивность энтропии. Избыточность сообщений. Производительность и информационная скорость источника.</p>	<p>Лекции</p> <p>Лаб. работы № 1</p> <p>Практическое занятие № 1</p> <p>Самост. работа</p>	<p>4</p> <p>6</p> <p>2</p> <p>5</p>	<p>Л. 1</p> <p>С3 - 11</p>	<p>По списку заданий</p>	<p>5</p>	<p>Защита отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам Проверка отчетов по самостоятельной работе</p>
2	<p><b>Информационные характеристики дискретных каналов связи</b></p> <p>1. Условная энтропия как мера количества информации, теряемой при передаче сообщений в расчете на один символ. Свойства условной энтропии.</p> <p>2. Количество информации, передаваемой по дискретному каналу связи. Взаимная информация. Основные свойства характеристики взаимной информации.</p> <p>3. Пропускная способность дискретного канала связи и ее свойства. Примеры вычисления пропускной способности дискретных каналов связи (мСК без памяти, 2СК без памяти, двоичный по входу канал со стиранием. Двоичный канал с памятью и аддитивным шумом.</p> <p>4. Оценка средней длины канальных символов, приходящихся на один символ источника сообщений. Теорема о кодировании дискретного источника. Теорема о кодировании в канале без помех.</p> <p>5. Требования к соотношению между производительностью источника и пропускной способностью канала. Основная теорема Шеннона.</p>	<p>Лекции</p> <p>Лаб. работы</p> <p>Практическое занятие № 2</p> <p>Самост. работа</p>	<p>4</p> <p>0</p> <p>2</p> <p>5</p>	<p>Л. 1</p> <p>с.11-19</p> <p>Л. 3</p>	<p>Индивидуальные задачи по схеме и численным расчетам</p>	<p>5</p>	<p>Защита отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам Проверка отчетов по самостоятельной работе</p>
3	<p><b>Информационные характеристики непрерывных каналов связи</b></p> <p>1. Потенциальные возможности непрерывных каналов связи. Методы</p>	<p>Лекции</p>	<p>4</p>	<p>Л. 1</p> <p>с.19-24</p>	<p>По списку</p>	<p>5</p>	<p>Защита отчетов по практическим занятиям и</p>

	<p>математического описания непрерывных каналов связи. Мера количества информации, передаваемой по непрерывному каналу связи и ее основные свойства.</p> <p>2. Дифференциальная энтропия. Расчет дифференциальной энтропии для белого гауссовского шума. Дифференциальная энтропия шума с произвольной статистикой.</p> <p>3. Пропускная способность непрерывного канала связи с помехой в виде белого гауссовского шума. Расчет на ЭВМ зависимости пропускной способности непрерывного канала связи от отношения сигнал/шум и полосы пропускания при наличии аддитивной помехи в виде белого гауссовского шума.</p>	<p>Лаб. работы</p> <p>Практическое занятие № 3</p> <p>Самост. работа</p>	<p>0</p> <p>2</p> <p>5</p>	<p>Л.3</p>	<p>вопросо в Л1</p>		<p>лабораторным работам Проверка отчетов по самостоятельной работе Коллоквиум</p>
<b>Модуль 2. Теория кодирования</b>							
4	<p><b>Кодирование источников и каналов связи</b></p> <p>1. Определение процедуры кодирования в широком и узком смысле слова. Примеры кодирования сообщений. Кодеры и декодеры. Кодеки.</p> <p>2. Классификация основных методов кодирования. Примитивное или безызбыточное кодирование. Экономное кодирование или сжатие данных. Помехоустойчивое или избыточное кодирование.</p> <p>3. Принципы экономного кодирования источников дискретных сообщений без потери и с частичной потерей информации. Префиксные коды. Метод укрупнения алфавита.</p> <p>4. Методы сжатия звуковых сообщений с частичной потерей информации. Информационная оценка звуковых сообщений. Психоакустическая модель слуха.</p> <p>5. Сжатие информации в цифровой проводной телефонии. Компандеры и экспандеры сигналов.</p> <p>6. Сжатие информации в цифровой мобильной телефонии. Вокодеры.</p> <p>7. Основы кодирования неподвижных и подвижных изображений. Оценка цифрового потока, формируемого при передаче подвижных изображений. Стандарты JPEG и MPEG.</p> <p>8. Теорема о среднем количестве последовательности канальных символов, приходящихся на один символ источника сообщений.</p> <p>9. Алгоритм Шеннона-Фано построения неравномерных префиксных кодов. Пример компьютерной программы, реализующей один – два метода неравномерного кодирования.</p> <p>10. Теоретико-информационная концепция криптозащиты сообщений в телекоммуникационных системах. Криптография. Криптоанализ. Симметричные и асимметричные системы криптозащиты информации. Блочные и потоковые системы криптозащиты информации.</p>	<p>Лекции</p> <p>Лаб. работы № 5</p> <p>Практическое занятие</p> <p>Самост. работа</p>	<p>4</p> <p>4</p> <p>0</p> <p>5</p>	<p>Л. 1 с.25-44</p> <p>с.70-72</p> <p>Л.3</p>	<p>По списку вопросов в Л1</p>	<p>5</p>	<p>Защита отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам Проверка отчетов по самостоятельной работе</p>
5	<p><b>Помехоустойчивое кодирование дискретных сообщений</b></p> <p>1. Понятие о помехоустойчивом кодировании. Определение канальных (избыточных) блочных кодов. Скорость канального кода. Связь скорости кода с его избыточностью.</p>	<p>Лекции</p> <p>Лаб. работы № 6</p> <p>Практическое</p>	<p>12</p> <p>4</p>	<p>Л. 1 с.45-70</p> <p>Л.3</p>	<p>По списку вопросов в Л1</p>	<p>10</p>	<p>Защита отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам Проверка отчетов по</p>

<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Расчет вероятности оптимального декодирования для блочных кодов с фиксированной длиной. Оценка верхней границы ошибки. Экспоненты вероятностей ошибок. Эквивалентная ошибка в расчете на 1 бит.</li> <li>3. Коды с гарантированным обнаружением и исправлением ошибок. Расстояние Хэмминга, вектор (образец) ошибок и вес Хэмминга для избыточных кодов. Кратность вектора ошибок.</li> <li>4. Минимальное кодовое расстояние для избыточного кода. Декодирование по минимуму расстояния Хэмминга. Пример компьютерной программы для вычисления межсимвольного расстояния.</li> <li>5. Связь между обнаружительной способностью избыточного кода и минимальным кодовым расстоянием.</li> <li>6. Функция кратности ошибок. Расчет вероятности ошибок при передаче сообщения длиной <math>n</math> для mCK без памяти.</li> <li>7. Теорема о количестве гарантированно исправляемых ошибок и теорема о количестве гарантированно обнаруживаемых и исправляемых ошибок для избыточных кодов.</li> <li>8. Теорема о количестве исправляемых ошибок и стираний для избыточного кода.</li> <li>9. Линейные блочные двоичные коды. Порождающая матрица линейного кода.</li> <li>10. Каноническая матричная форма записи линейных кодов. Систематические линейные коды. Информационные и проверочные символы.</li> <li>11. Проверочная матрица и синдром для линейных систематических кодов. Понятие о синдромном декодировании принятого кода. Схема для вычисления синдрома.</li> <li>12. Важнейшие классы линейных двоичных кодов. Коды с общей проверкой на четность. Коды Хэмминга. М - последовательности.</li> <li>13. Полиномиальные коды. Синдромные полиномы.</li> <li>14. Циклические линейные коды. Порождающий многочлен циклического типа. Задание порождающего многочлена с помощью своих корней. Коды Боуза-Чоухури-Хоквингейма (БЧХ).</li> <li>15. Алгоритмы исправления ошибок линейными кодами. Мажоритарные методы декодирования, как метод уменьшения объема проверок при декодировании сообщений.</li> <li>16. Кодирование в каналах с памятью. Процедура перемежения символов. Технология Discrete Multi Tone DMT.</li> <li>17. Системы с решающей и информационной обратной связью. Адаптивные системы связи.</li> <li>18. Декодирование с мягким и жестким решением.</li> <li>19. Сверточные (решетчатые) коды. Основные преимущества сверточных кодов перед блочными. Схемы для формирования сверточных кодов.</li> <li>20. Рекуррентный алгоритм декодирования Витерби (AB) (на примере мягкого декодирования).</li> </ol>	<p>ие занятия № 4 Самост. работа</p>	<p>4  10</p>				<p>самостоятельной работе</p>
<b>Модуль 3. Цифровая обработка сигналов</b>						

6	<p><b>Основы цифровой обработки сигналов</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Функциональные схемы одноканальных и многоканальных аналоговых и цифровых систем передачи информации. Разделение каналов по времени и по частоте.</li> <li>2. Основные виды искажений (12 видов) при цифровой обработке сигналов. Спектр дискретизированного во времени сигнала. Спектральные окна. Искажения, связанные с дискретизацией сигнала во времени. Эффект «наложения частот» (элайзинг) и методы его устранения.</li> <li>3. Искажения, связанные с квантованием сигнала по уровню. Линейные и функциональные квантователи сигналов в системах связи. Шумы квантования и методы их уменьшения. Компрессия сигналов по амплитуде. Компандеры и экспандеры.</li> <li>4. Искажения, связанные с конечным временем одной выборки (одного отсчетного значения). Апертурное время и методы его уменьшения. Устройства выборки и хранения.</li> <li>5. Искажения, связанные с конечным временем одной анализируемой или передаваемой реализации. Краевые эффекты и методы их уменьшения. Методы уменьшения или предотвращения появления краевых искажений в цифровой телефонии.</li> <li>6. «Эффект частоты» при цифровой обработке сигналов. «Разрешенные» и «запрещенные» частоты при вычислении спектра дискретизированного во времени сигнала.</li> <li>7. Восстановление непрерывного сигнала по дискретизированной последовательности. Полиномиальная интерполяция и экстраполяция сигналов. Схемы, реализующие полиномиальную интерполяцию нулевого и первого порядков.</li> <li>8. Цифровые фильтры (ЦФ). Рекурсивные и нерекурсивные ЦФ. Порядок ЦФ. Z-преобразование. Комплексный коэффициент передачи трансверсального ЦФ. Пример расчета АЧХ и ФЧХ трансверсальных ЦФ первого и второго порядков.</li> <li>9. Рекурсивные цифровые фильтры (ЦФ). Каноническая схема рекурсивного ЦФ. Комплексный коэффициент передачи рекурсивного ЦФ. Пример расчета АЧХ и ФЧХ рекурсивного ЦФ первого порядка.</li> <li>10. Алгоритм дискретного преобразования Фурье. Пример компьютерной программы.</li> <li>11. Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Примеры использования БПФ в технике связи.</li> </ol>	<p>Лекции</p> <p>Лаб. работы № 1 - 3</p> <p>Практические занятия № 5</p> <p>Самост. работа</p>	<p>4</p> <p>18</p> <p>6</p> <p>5</p>	<p>Л. 1 С 73-126</p> <p>Л.2 С.139-212</p>	<p>По списку вопросов в Л.1</p>	<p>5</p>	<p>Защита отчетов по семинарским занятиям и лабораторным работам Проверка отчетов по самостоятельной работе Коллоквиум</p>
---	---	--	--------------------------------------	---	---------------------------------	----------	--

**Рейтинг – план дисциплины****«ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СВЯЗИ, ЧАСТЬ 2»**Направление *«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»*, профиль*«Оптические системы и сети связи»*.

Курс 2, семестр четвертый

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за время освоения модуля	Баллы за время освоения модуля	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1. Теория информации 20 баллов</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Лабораторные работы (выполнение и защита отчетов)	4	1	0	4
2. Работа на практических занятиях	3	2	0	6
3. Выполнение домашних заданий	1	0	0	0
<b>Рубежный контроль</b>				
Собеседование	10	1	0	10
<b>Модуль 2. Теория кодирования 25 баллов</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Лабораторные работы (выполнение и защита отчетов)	4	2	0	8
2. Работа на практических занятиях	3	2	0	6
3. Выполнение домашних заданий	1	1	0	1
<b>Рубежный контроль</b>				
Коллоквиум	10	1	0	10
<b>Модуль 3. Цифровая обработка сигналов 25 баллов</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Лабораторные работы (выполнение и защита отчетов)	4	3	0	12
2. Работа на практических занятиях	3	1		3
<b>Рубежный контроль</b>				
Коллоквиум	10	1	0	10
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Участие в студенческих конференциях и олимпиадах.				5
2. Публикация статей				5
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Непосещение лекционных занятий			0	-6
2. Непосещение практических занятий			0	-10
<b>Итоговый контроль</b>				
Экзамен	9 (вопрос билета)	2 вопроса	Макс. 18 б.	<b>30</b>
	3 (доп. вопрос)	2	Макс. 6 б.	
	6 (задача)	1	Макс. 6 б.	