

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт физики

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института физики  
д.ф.-м.н., профессор Вениг С.Б.



**Рабочая программа дисциплины**  
*Основы цифровой связи*

Направление подготовки бакалавриата  
*03.03.03 – Радиофизика*

Профиль подготовки бакалавриата  
*Информационные технологии и компьютерное моделирование в радиофизике*

Квалификация (степень) выпускника  
*Бакалавр*

Форма обучения  
*очная*

Саратов,  
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Шабунин А.В.		20.09.2021
Председатель НМК	Скрипаль А.В.		20.09.2021
Заведующий кафедрой	Стрелкова Г.И.		20.09.2021
Специалист Учебного управления			

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

1. Получение студентами основополагающих знаний о современных системах цифровой связи, в том числе представлений о форматировании информации, источниках искажений, принципах цифровой полосовой модуляции и детектирования, бюджете канала связи, основах кодирования сигналов и методах защиты от ошибок;
2. Приобретение студентами практического опыта изучения процессов обработки сигналов в системах цифровой связи;
3. Формирование системы компетенций, направленных на развитие способности к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности, способности понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина входит в вариативную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика», профиль «Информационные технологии и компьютерное моделирование в радиофизике», в качестве дисциплины по выбору. Индекс дисциплины – Б1.В.ДВ.10. Дисциплина изучается в 8 семестре.

Входные знания, умения и компетенции, необходимые для изучения данного курса, формируются в процессе освоения ряда предшествующих дисциплин бакалавриата, таких как дисциплины модулей «Математика», «Общая физика», «Физика колебательных и волновых процессов», «Электроника» и «Информатика», изучаемых в 1 – 7 семестрах.

Данная дисциплина интегрирована в систему дисциплин, разработанных на кафедре радиофизики и нелинейной динамики, имеющих целью обучение студентов современным методам теоретического, экспериментального и компьютерного исследований сложных нелинейных процессов и систем. Освоение данной дисциплины необходимо для успешного прохождения преддипломной практики, а также для написания выпускной квалификационной работы.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Дисциплина «Основы цифровой связи» способствует приобретению следующих компетенций:

- способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (ПК-1).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

### *Знать:*

- основные принципы низкочастотной модуляции и демодуляции, полосовой модуляции и демодуляции;
- основные характеристики канала связи;
- теоретические основы кодирования информации при передаче по каналу связи;
- принципы шифрования и дешифрования;

- компромиссы при разработке систем связи;
- методы множественного доступа.

**Уметь:**

- проводить оценку бюджета канала связи;
- проводить расчет отношения сигнал/шум;
- применять различные варианты кодирования информации, включая линейные блочные коды, циклические коды, сверточные коды, коды Рида-Соломона, коды с чередованием;
- проводить оценку пропускной способности канала связи.

**Владеть:**

- методами коррекции ошибок при канальном кодировании;
- методом импульсно-кодовой модуляции;
- методами кодирования и декодирования, шифрования и дешифрования.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа), включая лекции (16 часов), практические занятия (20 часов) и самостоятельную работу (36 часов).

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самост. раб.	
1	Введение. Обработка сигналов в системах цифровой связи	8	1	2	-	-	1	Опрос, проверка конспектов.
2	Низкочастотная модуляция и демодуляция	8	2-3	2	4	-	6	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам.
3	Полосовая модуляция и демодуляция	8	4-5	2	-	-	4	Опрос, проверка конспектов.
4	Характеристики канала связи	8	6-7	2	4	-	6	Опрос, проверка конспектов, проведение интерактивных занятий.
5	Кодирование информации при передаче по каналу связи	8	8-9	2	6	-	7	Опрос, проверка конспектов, проведение интерактивных занятий.
6	Шифрование и дешифрование	8	10	2	6	-	6	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам.
7	Компромиссы при разработке систем связи	8	11	2	-	-	3	Опрос, проверка конспектов, проведение интерактивных занятий.
8	Методы множественного доступа	8	12	2	-	-	3	Опрос, проверка конспектов, проведение интерактивных занятий.
<b>Итого: 72</b>				<b>16</b>	<b>20</b>		<b>36</b>	<b>Зачет</b>

## Содержание учебной дисциплины

### ***Тема 1. Введение. Обработка сигналов в системах цифровой связи***

Подвижная радиосвязь: беспроводная, сотовая, цифровая. История развития систем цифровой связи. Элементы систем цифровой связи. Основная терминология.

### ***Тема 2. Низкочастотная модуляция и демодуляция***

Форматирование информации (текстовой и аналоговой). Источники искажения. Дискретизация и квантование. Воздействие канала. Низкочастотная передача информации. Сигналы РСМ. Корреляционное кодирование. Двубинарная передача сигналов. Отношение сигнал/шум в системах цифровой связи. Критерий максимального правдоподобия приема сигналов.

Практикум: Форматирование информации. Расчет отношения сигнал/шум. Двубинарное кодирование.

### ***Тема 3. Полосовая модуляция и демодуляция***

Основные принципы цифровой полосовой модуляции. Когерентное и некогерентное детектирование. Ошибки детектирования при бинарной передаче информации.

### ***Тема 4. Характеристики канала связи***

Источники шумов и ослабления передаваемого сигнала. Частотная зависимость мощности принимаемого сигнала. Основные характеристики канала. Представление о «бюджете» канала связи.

Практикум: Анализ бюджета канала связи.

### ***Тема 5. Кодирование информации при передаче по каналу связи***

Системы кодирования сигналов и методы защиты от ошибок. Избыточность кодов. Линейные блочные коды. Обнаружение и исправление ошибок. Использование циклических кодов в системах цифровой связи. Применение и свойства сверточных кодов, их эффективность. Другие варианты кодирования. Кодирование Рида-Соломона, коды с чередованием, кодирование в системах цифровой записи информации.

Практикум: Кодирование информации.

### ***Тема 6. Шифрование и дешифрование***

Модели процесса шифрования и дешифрования. Практическая защищенность информации при использовании систем шифрования. Представление о поточном шифровании данных.

Практикум: Шифрование информации.

### ***Тема 7. Компромиссы при разработке систем связи***

Пропускная способность канала. Теорема Шеннона-Хартли. Компромиссы при использовании модуляции и кодирования. Требования к передаче сигналов в системах цифровой связи. Особенности модуляции и кодирования в каналах с ограниченной полосой.

### ***Тема 8. Методы множественного доступа***

Множественный доступ с частотным, временным и кодовым разделением. Передача информации в цифровых системах множественного доступа.

## **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

Программа дисциплины предусматривает чередование образовательного материала, ставящего проблему, с активной и интерактивной формами занятий посредством выполнения системы заданий по анализу лекционного материала. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 50% от общего числа аудиторных занятий по данному курсу. Занятия лекционного типа составляют 33%.

Общая образовательная схема дисциплины строится по традиционной технологии обучения: сначала учебный материал кратко преподносится студентам лекционным методом, а затем прорабатывается, усваивается и применяется на практических занятиях в компьютерном классе; результаты усвоения проверяются в форме зачета.

Освоение материала происходит в рамках технологии проблемного обучения, поскольку проведение практических занятий с применением компьютерного моделирования имеет широкие возможности для создания проблемных ситуаций посредством активизирующих действий преподавателя, который формулирует задания и ставит конкретные вопросы, направленные на обобщение, обоснование, конкретизацию, логику рассуждения; побуждает делать сравнения и выводы, сопоставлять результаты; ставит проблемные задачи (например, что произойдет, если параметры численной схемы при проведении компьютерного эксперимента и т.п.).

В процессе усвоения теоретического материала и выполнения практических работ студенты приобретают навыки проведения самостоятельных научных исследований процессов модуляции и кодирования информации. Для самостоятельной работы также предлагаются задания, требующие чтения специальной литературы и использования возможностей компьютерного эксперимента.

В рамках изучения данной дисциплины используются мультимедийные образовательные технологии: электронные лекции (презентации) с использованием программы Open Office.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

*- для слабовидящих:*

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

*- для глухих и слабослышащих:*

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования;

*- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих* все контрольные задания по желанию обучающихся могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все студенты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Важную роль при освоении дисциплины «Основы цифровой связи» играет самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приемами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа студентов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями основной образовательной программы по направлению подготовки бакалавров 03.03.03 «Радиофизика».

К самостоятельной работе относятся:

- самостоятельная работа на аудиторных занятиях (лекциях, практических занятиях);
- внеаудиторная самостоятельная работа.

Самостоятельная подготовка к занятиям осуществляется регулярно по каждой теме дисциплины и определяется календарным графиком изучения дисциплины.

### Виды самостоятельной работы

Раздел/Тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Литература
Тема 1	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 2	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 3	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 4	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 5	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 6	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 7	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 8	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Итого часов на самостоятельную работу: 36 часов		

### Формы текущего контроля работы студентов

1. Просмотр конспектов лекций.
2. Проверка выполнения практических заданий.
3. Ответы на вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение (на интерактивных занятиях).

**Промежуточная аттестация студента** осуществляется в соответствии с учебным планом в конце восьмого семестра. Итоги обучения оцениваются в форме зачета.

Материалы для текущего контроля успеваемости и средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в Приложении «Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине».

### 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
8	15	0	30	15	0	0	40	100

**Программа оценивания учебной деятельности студента по дисциплине «Основы цифровой связи»**

**8 семестр**

**Лекции**

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 15 баллов.

Критерии оценки:

- не более 50% от числа занятий в семестре – 0 баллов,
- от 51% до 60% – 1-3 балла;
- от 61% до 70% – 4-7 балла;
- от 71% до 80% – 8-10 баллов;
- от 81% до 90% – 11-14 баллов;
- не менее 91% занятий – 15 баллов.

**Лабораторные занятия**

Не предусмотрены.

**Практические занятия**

от 0 до 30 баллов.

Критерии оценки:

Выполнение тестовых заданий, подготовка отчетов о выполненных практических работах – 0-30 баллов

**Самостоятельная работа**

от 0 до 15 баллов.

Критерии оценки:

Решение заданий для самоконтроля – 0-15 баллов

**Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрено

**Другие виды учебной деятельности**

Не предусмотрены

**Промежуточная аттестация**

25-40 баллов – ответ на «зачтено»

0-24 баллов – «не зачтено»

Критерии оценки:

«Зачтено»: знание и понимание материала дисциплины по программе.

«Не зачтено»: незнание основных определений и вопросов дисциплины.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 8 семестр по дисциплине «Основы цифровой связи» составляет 100 баллов.

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Основы цифровой связи» в зачет:

55 баллов и более	«зачтено»
меньше 55 баллов	«не зачтено»

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Основы цифровой связи»**

### ***а) Основная литература***

1. Нефедов В.И., Сигов А.С. Основы радиоэлектроники и связи: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 2009. – 735 с. (в НБ СГУ – 10 экз.)
2. Сомов А.М. Спутниковые системы связи [Электронный ресурс]: учебное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 244 с. <http://www.iprbookshop.ru/12045>
3. Курицын С.А. Телекоммуникационные технологии и системы: учеб. пособие. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 304 с. (в НБ СГУ – 30 экз.)
4. Хохлов А.В., Вадивасова Т.Е., Шабунин А.В. Сигналы. Методы описания, модели, информационные возможности: Учебное пособие для студентов физических специальностей. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2011. – 256 с. (в НБ СГУ – 35 экз.)

### ***б) Дополнительная литература***

1. Шарипов Ю.К., Кобляков В.К. Отечественные телекоммуникационные системы: учеб. пособие. - 3-е изд. – М.: Логос, 2005. – 830 с. (в НБ СГУ – 3 экз.)
2. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. - 2-е изд. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с. (в НБ СГУ – 5 экз.)
3. Беллами Д.К. Цифровая телефония. - 3-е изд. – М.: Эко-Трендз, 2004. – 640 с. (в НБ СГУ – 1 экз.)
4. Савченко М.П., Старовойтова О.В. Спутниковые системы передачи: Учебное пособие. – Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта. 2005. – 116 с. (в НБ СГУ – 1 экз.)
5. Тартаковский Г.П. Теория информационных систем. – М.: НЦ «Физматкнига», 2005. – 304 с. (в НБ СГУ – 8 экз.)

### ***в) Рекомендуемая литература***

1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – Киев: Вильямс, 2007 (предыдущее издание Киев: Вильямс, 2003).
2. Прокис Дж. Цифровая связь. – М.: Радио и связь, 2000.
3. Самсонов Б.Б., Плохов Е.М., Филоненков А.И., Кречет Т.В. Теория информации и кодирование. - М.: Изд-во «Феникс», 2002.
4. В.А. Васин, В.В. Калмыков, Радиосистемы передачи информации. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005.
5. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 2000.
6. Банкет В.Л., Дорофеев В.П. Цифровые методы в спутниковой связи. – М.: Радио и связь, 1988.
7. Г.П. Тартаковский. Теория информационных систем. – М.: НЦ «Физматкнига», 2005.

### ***г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы***

1. Сайт кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ (электронные версии учебных пособий, подготовленных сотрудниками кафедры) <http://chaos.sgu.ru>
2. Сайт СГУ (система управления электронными образовательными ресурсами Moodle) <http://course.sgu.ru>



## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Основы цифровой связи»**

Учебная аудитория кафедры радиофизики и нелинейной динамики (ауд. 38 3-го учебного корпуса) и компьютерный класс кафедры радиофизики и нелинейной динамики (ауд. 52 3-го учебного корпуса). Помещение соответствует действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности и охраны труда при проведении учебных, научно-исследовательских работ и научно-производственных работ.

Персональные ЭВМ, объединённые в локальную сеть и с выходом в Интернет. Мультимедиапроектор. Электронные учебные пособия.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки «03.03.03 Радиофизика», профиль «Информационные технологии и компьютерное моделирование в радиофизике».

Автор:

д.ф.-м.н., профессор

Павлов А.Н.

Программа разработана в 2011 году (одобрена на заседании кафедры радиофизики и нелинейной динамики, протокол №11 от 23.05.2011).

Программа актуализирована в 2016 году (одобрена на заседании кафедры радиофизики и нелинейной динамики, протокол №7 от 14.03.2016).

Программа актуализирована в 2021 году в связи с организацией института физики (одобрена на заседании кафедры радиофизики и нелинейной динамики, протокол №2 от 20.09.2021).

Заведующий кафедрой  
радиофизики и нелинейной динамики  
д.ф.-м.н., профессор

Анищенко В.С.

Декан физического факультета  
д.ф.-м.н., профессор

Аникин В.М.