

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Учебно-методическое объединение по образованию  
в области информатики и радиоэлектроники

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ И.А. Старовойтова

\_\_\_\_\_

Регистрационный № ТД-\_\_\_\_\_/тип.

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИГНАЛОВ**

Типовая учебная программа по учебной дисциплине  
для специальности

**1-45 01 01 Инфокоммуникационные технологии (по направлениям)**

**СОГЛАСОВАНО**

Директор ОАО «Гипросвязь»

\_\_\_\_\_ А.Е. Алексеев

\_\_\_\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Главного управления  
профессионального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ С.А. Касперович

\_\_\_\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Председатель Учебно-методического  
объединения по образованию в  
области информатики и  
радиоэлектроники

\_\_\_\_\_ В.А. Богуш

\_\_\_\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Проректор по научно-методической  
работе Государственного учреждения  
образования «Республиканский  
институт высшей школы»

\_\_\_\_\_ И.В. Титович

\_\_\_\_\_

Эксперт-нормоконтролер

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**СОСТАВИТЕЛИ:**

В.А.Ильинков, доцент кафедры инфокоммуникационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент;

Н.И.Беленкевич, старший преподаватель кафедры инфокоммуникационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра связи учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь» (протокол № 16 от 21.04.2022);

Ю.Ю.Бобков, ведущий научный сотрудник службы фундаментальных и прикладных исследований открытого акционерного общества «КБ Радар» – управляющая компания холдинга «Системы радиолокации», кандидат технических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой инфокоммуникационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 15 от 18.03.2022);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_);

Научно-методическим советом по системам и сетям инфокоммуникаций Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 3 от 28.03.2022)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Основы теории сигналов» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-45 01 01 Инфокоммуникационные технологии (по направлениям) в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования I степени и типового учебного плана вышеуказанной специальности.

Учебная дисциплина «Основы теории сигналов» является базовой дисциплиной в системе профессиональной подготовки инженеров по специальности 1-45 01 01 Инфокоммуникационные технологии (по направлениям). Она предусматривает изучение фундаментальных вопросов теории сигналов, необходимых для последующего изучения основных принципов построения аналоговых и цифровых инфокоммуникационных систем и устройств. Успешное изучение материала позволит сформировать требуемый объем теоретических и практических знаний, обеспечивающий понимание основных проблем анализа и синтеза сложных инфокоммуникационных систем и возможность произвести оценку их качества по различным критериям.

### ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: освоение основных временных и частотных характеристик детерминированных и случайных сигналов.

Задачи учебной дисциплины:

изучение принципов представления сигналов во временной области, в частотной области и на комплексной плоскости;

приобретение знаний в области временных, спектральных, корреляционных и энергетических характеристик сигналов;

приобретение навыков практического применения основ теории сигналов при проектировании и разработке инфокоммуникационных устройств и систем различного назначения.

Базовыми учебными дисциплинами для учебной дисциплины «Основы теории сигналов» являются «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Математический анализ», «Физика», «Основы инфокоммуникационных технологий». В свою очередь учебная дисциплина «Основы теории сигналов» является базой для таких учебных дисциплин, как «Основы теории фильтрации», «Основы цифровой схемотехники», «Основы теории кодирования», а также для следующих учебных дисциплин компонента учреждения высшего образования: «Методы формирования и передачи сигналов», «Функциональные устройства инфокоммуникаций», «Цифровые системы передачи», «Волоконно-оптические системы передачи и транспортные сети», «Основы построения систем цифровой

радиосвязи», «Методы приема и обработки сигналов», «Моделирование сигналов и систем инфокоммуникаций», «Системы телевизионного и звукового вещания», «Радиопередающие и радиоприемные устройства инфокоммуникаций», «Теория передачи, обработки и хранения информации».

### ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Основы теории сигналов» формируется следующая базовая профессиональная компетенция: рассчитывать и оценивать характеристики инфокоммуникационных каналов, сигналов и помех.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

*знать:*

принципы представления различных инфокоммуникационных сигналов;

*уметь:*

характеризовать временные, спектральные, корреляционные и энергетические свойства различных инфокоммуникационных сигналов;

*владеть:*

основными механизмами представления сигналов в частотной, временной областях и на комплексной плоскости.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине «Основы теории сигналов» студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

Типовая учебная программа рассчитана на 108 учебных часов, из них – 58 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 24 часа.

## ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия
Введение: общая характеристика процессов, сигналов и функциональных звеньев	2	2	-
<b>Раздел 1. Основные характеристики континуальных детерминированных сигналов</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>8</b>
Тема 1. Представление сигналов во временной области	8	4	4
Тема 2. Представление сигналов в частотной области	4	4	-
Тема 3. Корреляционно-спектральный анализ детерминированных сигналов	6	2	4
<b>Раздел 2. Основные характеристики модулированных радиосигналов</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
Тема 4. Характеристики радиосигналов аналоговых и аналого-импульсных видов модуляции	12	4	8
Тема 5. Характеристики узкополосных радиосигналов	4	4	-
<b>Раздел 3. Основные характеристики случайных процессов</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>-</b>
Тема 6. Свойства и характеристики случайных процессов	4	4	-
Тема 7. Характеристики узкополосных случайных процессов	2	2	-
<b>Раздел 4. Основные характеристики дискретных и цифровых сигналов</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
Тема 8. Дискретизация и квантование сигналов	4	4	-
Тема 9. Преобразования дискретных сигналов	12	4	8
<b>Итого:</b>	<b>58</b>	<b>34</b>	<b>24</b>

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### ВВЕДЕНИЕ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ, СИГНАЛОВ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗВЕНЬЕВ

Направляющие системы и диапазоны длин волн в инфокоммуникациях. Основные функциональные преобразования сигналов. Общая классификация процессов (сигналов и помех) в системах инфокоммуникаций. Общая классификация функциональных звеньев. Проблема помехоустойчивости и электромагнитная совместимость систем инфокоммуникаций.

### Раздел 1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНТИНУАЛЬНЫХ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

#### Тема 1. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ

Задача представления произвольного сигнала линейной суперпозицией базисных колебаний. Обобщенный ряд Фурье. Условие полноты базисной ортогональной системы. Ряд Фурье: комплексная и тригонометрическая формы; явление Гибса. Ряд Котельникова, средняя мощность финитного сигнала. Ряды по функциям Уолша, ряды по полиномам Чебышева и Лежандра, по функциям Лагерра и Эрмита.

#### Тема 2. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ

Гармонический анализ непериодических сигналов, преобразование Фурье. Свойства преобразования Фурье. Преобразование Фурье некоторых сигналов, использование аппарата обобщенных функций. Длительность сигнала и ширина его спектра, скорость убывания спектра. Спектры неинтегрируемых сигналов. Представление сигналов на плоскости комплексной частоты, одностороннее и двустороннее преобразования Лапласа.

#### Тема 3. КОРРЕЛЯЦИОННО-СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Корреляционная и взаимно корреляционная функции детерминированного сигнала, их свойства. Свертка сигналов. Корреляционные функции и спектры некоторых периодических и непериодических сигналов: последовательности прямоугольных и треугольных видеоимпульсов, одиночных прямоугольных и треугольных видеоимпульсов. Альтернативные преобразования сигналов: вейвлет-преобразование и кепстральный анализ.

### Раздел 2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДУЛИРОВАННЫХ РАДИОСИГНАЛОВ

#### Тема 4. ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОСИГНАЛОВ АНАЛОГОВЫХ И АНАЛОГО-ИМПУЛЬСНЫХ ВИДОВ МОДУЛЯЦИИ

Модуляция: основные понятия. Радиосигналы аналоговых видов амплитудной модуляции: разновидности амплитудной модуляции, спектры

сигналов, векторные диаграммы. Радиосигналы аналоговых видов угловой модуляции: фаза и мгновенная частота, разновидности угловой модуляции, спектры сигналов, векторные диаграммы. Радиосигналы аналого-импульсных видов модуляции: амплитудно-импульсная модуляция, внутриимпульсная модуляция.

#### Тема 5. ХАРАКТЕРИСТИКИ УЗКОПОЛОСНЫХ РАДИОСИГНАЛОВ

Огибающая, фаза и частота узкополосного сигнала. Аналитический сигнал, преобразование Гильберта. Корреляционная функция модулированного радиосигнала.

### Раздел 3. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

#### Тема 6. СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Классификация случайных процессов. Моментные и корреляционные функции случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина. Взаимная корреляционная функция и взаимная спектральная плотность двух случайных процессов.

#### Тема 7. ХАРАКТЕРИСТИКИ УЗКОПОЛОСНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Узкополосный случайный процесс. Комплексный случайный процесс. Пространство случайных процессов.

### Раздел 4. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСКРЕТНЫХ И ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ

#### Тема 8. ДИСКРЕТИЗАЦИЯ И КВАНТОВАНИЕ СИГНАЛОВ

Дискретизация сигнала: идеальная, мультипликативная, дискретизация с квантованием. Теорема Котельникова, регулярность дискретизации. Спектры дискретных сигналов. Квантование сигнала и шумы квантования. Спектр квантованного сигнала.

#### Тема 9. ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ), свойства ДПФ. Быстрое преобразование Фурье (БПФ), спектральный анализ на его основе. Применение БПФ в устройствах обработки сигналов. Метод z-преобразования, свойства z-преобразования. Основное применение z-преобразования.

**ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ****ЛИТЕРАТУРА****ОСНОВНАЯ**

1. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы : учебное пособие для вузов / И. С. Гоноровский. – 5-е изд., испр. и доп. – Москва : Дрофа, 2006. – 717 с.
2. Баскаков, С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов / С. И. Баскаков. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва : Ленанд, 2016. – 519 с.
3. Приходько, А. И. Детерминированные сигналы : учебное пособие для вузов / А. И. Приходько. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. – 326 с.
4. Шаров, Г. А. Основы теории сигналов / Г. А. Шаров. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2021. – 552 с.
5. Приходько, А. И. Теория сигналов электрической связи : в 3 т. / А. И. Приходько. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2021. – 3 т.
6. Иванов, М. Т. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов / М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. – Санкт-Петербург : Питер, 2014. – 336 с.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ**

7. Аджемов, А. С. Общая теория связи : учебник для вузов / А. С. Аджемов, В. Г. Санников. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2018. – 624 с.
8. Марченко, А. Л. Основы преобразования информационных сигналов : учебное пособие для вузов / А. Л. Марченко, Е. А. Марченко. – 2-е изд., стереотип. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2015. – 287 с.
9. Крук, Б. И. Основы спектрального анализа : учебное пособие для вузов / Б. И. Крук, О. Б. Журавлева. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2016. – 146 с.
10. Ремизов, С. Л. Основы цифровой обработки сигналов : учебное пособие для вузов / С. Л. Ремизов, Ю. В. Рясный, Е. В. Дежина, Ю. С. Черных. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2019. – 492 с.
11. Теория электрической связи: курс лекций : учебное пособие для вузов / Р. Н. Андреев, Р. П. Краснов, М. Ю. Чепелев. – 2-е изд., испр. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2017. – 230 с.
12. Брюханов, Ю. А. Цифровые цепи и сигналы : учебное пособие для вузов / Ю. А. Брюханов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2017. – 160 с.
13. Прокис, Дж. Цифровая связь / Дж. Прокинс ; пер. с англ. ; под ред. Д. Д. Кловского. – Москва : Радио и связь, 2000. – 800 с.
14. Феер, К. Беспроводная цифровая связь: методы модуляции и расширения спектра / К. Феер ; пер. с англ. ; под ред. В. И. Журавлева. – Москва : Радио и связь, 2000. – 520 с.
15. Надольский, А. Н. Теоретические основы радиотехники : учебно-методическое пособие / А. Н. Надольский. – Минск : БГУИР, 2014. – 202 с.



16. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / А. Б. Сергиенко. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011. – 768 с.
17. Клюев, Л. Л. Теория электрической связи : учебник / Л. Л. Клюев. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2016. – 448 с.
18. Теория электрической связи : учебник для вузов / под ред. Д. Д. Кловского. – Москва : Радио и связь, 1999. – 432 с.
19. Шеннон, К. Математическая теория связи / К. Шеннон // Работы по теории информации и кибернетике : пер. с англ. / К. Шеннон ; под ред. Р. Л. Добрушкина, О. Б. Лупанова. – Москва : Иностранная литература, 1963. – С. 243–332.
20. Теория электросвязи. Лабораторный практикум : в 2 ч. Ч. 1 Спектральный анализ телекоммуникационных сигналов : пособие / Я. В. Рощупкин, И. И. Черная. – Минск : БГУИР, 2013. – 48 с.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

работа с конспектом лекции: дополнение конспекта учебным материалом (учебника, учебного пособия, нормативных документов и материалом электронного ресурса);

изучение текста (учебника, учебного пособия, первоисточника, дополнительной литературы);

конспектирование текста (работа со справочниками, нормативными документами);

ответы на контрольные вопросы;

решение задач и упражнений по образцу;

подготовка к лабораторной работе;

подготовка рефератов по основным разделам учебной дисциплины с их устной защитой перед студенческой аудиторией;

аннотирование и реферирование иностранных текстов по тематике учебной дисциплины.

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Типовым учебным планом по специальности 1-45 01 01 Инфокоммуникационные технологии (по направлениям) в качестве формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Основы теории сигналов» рекомендуется экзамен. Оценка учебных достижений студента производится по десятибалльной шкале.

Для промежуточного контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций студентов могут использоваться следующие формы:

защита лабораторных работ;

решение задач;  
контрольный опрос;  
контрольная работа.

### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ)

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

мультимедийные технологии преподавания: повышают наглядность информации, что способствует более глубокому восприятию содержания;

традиционное обучение: способствует освоению фундаментальных законов и теорий учебной дисциплины;

использование обучающих программно-аппаратных комплексов.

### ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Представление сигналов рядом Фурье;
2. Представление сигналов рядом Котельникова;
3. Исследование сигнала с амплитудной и частотной модуляцией;
4. Исследование сигнала с амплитудно-импульсной и внутриимпульсной модуляцией;
5. Исследование свойств и характеристик ДПФ;
6. Исследование свойств и характеристик БПФ.

### ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

( *необходимого оборудования, наглядных пособий и др.* )

1. Персональный компьютер;
2. Система компьютерной математики MathCad;
3. Обучающий программно-аппаратный комплекс в составе генератора сигналов произвольной формы, осциллографа, спектроанализатора и программ моделирования сигналов и звеньев.