

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор учреждения образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

\_\_\_\_\_  
М.П. Батура

23.02.2015

Регистрационный № УД-45-096/баз.

## **ИЗМЕРЕНИЯ В ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине  
для специальностей:**

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

**1-45 01 01-02 Инфокоммуникационные технологии  
(сети инфокоммуникаций)**

**1-45 01 01-05 Инфокоммуникационные технологии  
(системы распределения мультимедийной информации)**

2015 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

А.П. Белошицкий, доцент кафедры метрологии и стандартизации Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент;

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

В.А. Малкин, профессор кафедры авиационной техники и вооружения учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь», доктор технических наук.

В.Н. Урядов, доцент кафедры систем телекоммуникаций учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой метрологии и стандартизации учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 8 от 08.01.2015);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 5 от 20.02.2015)

Ответственный за редакцию:

Ответственный за выпуск: Г.Б.Коршунова

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная программа по учебной дисциплине «Измерения в инфокоммуникациях» разработана для студентов учреждения высшего образования, обучающихся по специальности 1-45 01 01 «Инфокоммуникационные технологии (по направлениям)», 1-45 01 01-02 «Инфокоммуникационные технологии (сети инфокоммуникаций)», 1-45 01 01-05 «Инфокоммуникационные технологии (системы распределения мультимедийной информации)», в соответствии с требованиями образовательных стандартов ОСВО 1-45 01 01-02-2013, ОСВО 1-45 01 01-05-2013 и учебных планов вышеназванных специальностей.

Значение учебной дисциплины «Измерения в инфокоммуникациях» при подготовке инженеров по инфокоммуникациям непрерывно возрастает в соответствии с потребностями науки и техники. Современное состояние инфокоммуникационных и компьютерно-информационных технологий требует новых подходов к измерениям. Обеспечить качественное выполнение измерений могут только инженеры, обладающие глубокими профессиональными знаниями в области метрологического обеспечения инфокоммуникаций и подготовленные для работы с современным измерительным оборудованием и владеющие современными измерительными технологиями.

Данная дисциплина систематизирует и углубляет полученные ранее знания, умения и навыки, и завершает базовую подготовку инженеров по инфокоммуникациям в области метрологии и электрорадиоизмерений, которая должна непрерывно действовать во время всего периода обучения.

### ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, РОЛЬ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: формирование знаний в области метрологии, методов и средств измерений в инфокоммуникациях, умений и навыков применять полученные знания для выполнения качественных измерений, правильного применения средств измерений в различных областях своей будущей профессиональной деятельности.

Задачи учебной дисциплины:

- приобретение знаний в области метрологии, методов и средств измерений в инфокоммуникациях;
- формирование умений и навыков правильного использования средств измерений с целью получения достоверных результатов измерений в различных областях будущей профессиональной деятельности;
- изучение принципов построения современного измерительного оборудования и новых измерительных технологий в инфокоммуникациях;
- овладение методами проведения измерений параметров и характеристик устройств, систем и сетей инфокоммуникаций.

Базовыми учебными дисциплинами по курсу «Измерения в инфокоммуникациях» являются «Математика», «Физика», «Теория электрических цепей», «Электронные приборы», «Техническая электродинамика», «Теория электрической связи» и «Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях».

В свою очередь дисциплина «Измерения в инфокоммуникациях» является основой для изучения учебных дисциплин «Управление сетями и объектами инфокоммуникаций», «Направляющие среды и цифровые системы передачи», «Сети подвижной связи».

### ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Измерения в инфокоммуникациях» формируются следующие компетенции:

**академические:**

1) умение работать самостоятельно и повышать свой профессиональный уровень;

2) умение применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

3) умение на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности;

4) владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации;

5) владение системным и сравнительным анализом.

**социально-личностные:**

1) умение работать в команде;

2) обладание способностью к социальному взаимодействию и межличностным коммуникациям;

**профессиональные:**

1) измерять и оценивать характеристики инфокоммуникационных сетей и систем распределения мультимедийной информации;

2) проводить испытания сетей инфокоммуникаций и систем распределения мультимедийной информации;

3) изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике проекта;

4) находить отказы и неисправности в сетях инфокоммуникаций и системах распределения мультимедийной информации;

5) умение анализировать и оценивать собранные данные;

6) умение выбирать измерительное оборудование и методы измерения для контроля параметров технической эксплуатации сетей инфокоммуникаций и систем распределения мультимедийной информации.

В результате изучения учебной дисциплины обучаемый должен **знать:**

- основные принципы, методы и средства измерений параметров и характеристик устройств и сетей инфокоммуникаций и систем распределения мультимедийной информации;
- конкретные типы современных электро- и радиоизмерительных приборов и измерительных систем общего и специального назначения;
- методы оценивания погрешностей и алгоритмы обработки результатов измерений;
- основные направления развития и совершенствования измерительных технологий и средств измерений.

**уметь:**

- характеризовать методы и средства измерений, применяемых в инфокоммуникациях, методы обработки результатов измерений;
- анализировать технические и метрологические характеристики средств измерений при выборе метода измерения и измерительной аппаратуры для решения конкретной измерительной задачи, полученные результаты измерений с точки зрения обеспечения единства измерений и качества услуг и продукции;
- методически правильно выполнять измерения и оформлять результаты измерений в соответствии с действующими стандартами;
- контролировать и диагностировать параметры аппаратуры сетей инфокоммуникаций и систем распределения мультимедийной информации, устанавливать их соответствие действующим нормам;
- эксплуатировать современную электро- и радиоизмерительную аппаратуру в процессе разработки, производства и эксплуатации сетей и устройств инфокоммуникаций и систем распределения мультимедийной информации.

**владеть:**

- стандартной терминологией, применяемой в области метрологии и технических измерений;
- методами измерений и особенностями их использования на всех этапах создания технических средств инфокоммуникаций;
- правовой базой обеспечения единства измерений.

Программа рассчитана на объем 120 учебных часов, из них – 56 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекций – 32 часа, практических занятий – 8 часов, лабораторных занятий – 16 часов.

## ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование раздела, темы	Всего аудит. Часов	Лекции, час.	Лабораторные занятия, ч	Практи- ческие занятия,
1	2	3	4	5
Введение	1	1		
<b>Раздел 1. Измерение характеристик сигналов, используемых в инфокоммуникациях</b>	<b>31</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>4</b>
Тема 1. Измерение тока и напряжения	4	2	2	
Тема 2. Измерение электрической мощности	2	2		
Тема 3. Измерение частоты и интервалов времени	4	2	2	
Тема 4. Измерение фазовых сдвигов	1	1		
Тема 5. Исследование формы электрических сигналов и измерение их параметров	6	4	2	
Тема 6. Анализ сигналов	10	4	4	2
Тема 7. Измерение напряженности электромагнитного поля и помех	4	2		2
<b>Раздел 2. Измерение параметров и характеристик устройств, сетей и систем инфокоммуникаций</b>	<b>24</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
Тема 8. Измерение параметров и характеристик четырехполюсников	2	2		
Тема 9. Идентификация неоднородностей и повреждений в сетях инфокоммуникаций	4	2	2	
Тема 10. Измерение параметров и характеристик микроволновых сетей инфокоммуникаций и их компонентов	8	4	2	2
Тема 11. Измерение параметров и характеристик волоконно-оптических сетей инфокоммуни-	4	2	2	

Наименование раздела, темы	Всего аудит. Часов	Лекции, час.	Лабораторные занятия, ч	Практические занятия,
каций и их компонентов				
Тема 12. Контроль и диагностика компонентов цифровых сетей и систем инфокоммуникаций	6	4		2
<b>ИТОГО:</b>	<b>56</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>8</b>

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ВВЕДЕНИЕ

Значение изучаемой дисциплины в подготовке инженеров по инфокоммуникациям, ее задачи и содержание. Связь с другими дисциплинами. Рекомендуемая литература.

Общие сведения, цели, задачи и особенности измерений в инфокоммуникациях. Основные измеряемые параметры и характеристики сетей и систем инфокоммуникаций и их компонентов. Классификация измерительных технологий в современных инфокоммуникациях.

### Раздел 1. ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ

#### Тема 1. ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Измеряемые параметры тока и напряжения. Классификация методов и приборов для измерения тока и напряжения.

Измерение напряжения электронными аналоговыми вольтметрами. Аналоговые вольтметры прямого преобразования. Зависимость показаний вольтметров от формы кривой измеряемого напряжения.

Измерение напряжения электронными цифровыми вольтметрами. Цифровые вольтметры постоянного тока с времяимпульсным и кодоимпульсным аналого-цифровым преобразованием. Цифровые вольтметры переменного тока. Универсальные цифровые вольтметры и мультиметры.

#### Тема 2. ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ

Общие сведения (понятия мгновенной, средней, импульсной, полной, активной и реактивной мощности). Классификация методов и приборов для измерения мощности.

Измерение мощности НЧ и ВЧ колебаний. Измерение мощности СВЧ колебаний. Измерение поглощаемой мощности. Тепловые и электронные методы измерения мощности измерение проходящей мощности.

#### Тема 3. ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ И ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ

Общие сведения и классификация приборов для определения частоты и интервалов времени.

Цифровые частотомеры. Типовая структурная схема, принцип работы, основные режимы работы (измерение частоты, периода, отношения частот, интервалов времени), погрешности измерений. Особенности измерения низких, а также высоких и сверхвысоких частот

#### Тема 4. ИЗМЕРЕНИЕ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ

Классификация методов и приборов для измерения фазового сдвига.

Измерение фазового сдвига методом преобразования его во временной интервал. Неинтегрирующие и интегрирующие цифровые фазометры.

#### Тема 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ И ИЗМЕРЕНИЕ ИХ ПАРАМЕТРОВ

Электронно-лучевые осциллографы и их классификации. Универсальный электронно-лучевой осциллограф. Обобщенная структурная схема универсального осциллографа. Характеристика его основные функциональных узлов. Основные параметры каналов горизонтального и вертикального отклонения. Виды разверток. Условие синхронизации. Виды синхронизации. Цифровые осциллографы. Обобщенная структурная схема цифрового осциллографа. Осциллографические измерения напряжений и интервалов времени.

#### Тема 6. АНАЛИЗ СИГНАЛОВ

Анализ спектра сигналов. Общие сведения и краткая характеристика методов и способов анализа спектра. Фильтровые и цифровые анализаторы спектра. Основные параметры и область применения анализаторов спектра. Анализаторы гармоник (селективные вольтметры).

Измерение параметров модуляции. Основные виды модуляции и измеряемые параметры. Измерение коэффициента амплитудной модуляции, девиации частоты и индекса частотной модуляции.

Измерение нелинейных искажений сигналов. Коэффициент гармоник как основная количественная характеристика нелинейных искажений. Спектральный и интегральный методы измерения коэффициента гармоник гармонических сигналов.

#### Тема 7. ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ПОМЕХ

Общие сведения и классификация методов и приборов для измерения напряженности электромагнитного поля и помех. Радиопомехи и нормы на них. Понятие об электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. Основные методы измерений. Индикаторы поля. Измерители напряженности поля и измерительные приемники. Измерение псофометрического напряжения помех. Псофометр. Измерители радиопомех.



## Раздел 2. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК СЕТЕЙ И СИСТЕМ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

### Тема 8. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕТЫХЕРПОЛЮСНИКОВ

Уровни передачи сигналов и их измерения. Измерители уровня. Измерение затухания и усиления четырехполюсников. Виды затуханий: собственное, рабочее и вносимое. Рабочие затухание и усиление четырехполюсников и их измерение. Основные методы измерения: разности уровней и сравнения с использованием известного генератора и схемы Z. Измерение вносимого затухания.

Измерение группового времени запаздывания (ГВЗ). Измерение ГВЗ по точкам (фазовой характеристике) и методом передачи модулированных сигналов (метод Найквиста).

### Тема 9. ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ В СЕТЯХ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

Методы измерения расстояния до мест повреждения на линиях инфокоммуникаций и их особенности. Импульсный метод измерения. Импульсные рефлектометры с зондирующим импульсом и единичным перепадом напряжения.

Параметры и характеристики импульсных рефлектометров. Методики измерений с использованием импульсных рефлектометров. Идентификация неоднородностей сетей инфокоммуникаций по полученным рефлектограммам.

### Тема 10. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОВОЛНОВЫХ СЕТЕЙ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Характеристики и параметры микроволновых устройств. Анализ методов и средств измерений и их классификация.

Обобщенная структурно-функциональная схема измерителя параметров микроволновых устройств. Типы микроволновых измерительных трактов и их компоненты.

Панорамные измерители модуля коэффициентов отражения и передачи. Принцип действия, методики измерений и параметры. Измерители S-параметров гомодинного и гетеродинного типа.

### Тема 11. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Измеряемые параметры оптических волокон и кабелей. Классификация методов и приборов для измерения параметров оптических волокон и кабелей.

Метод обратного рассеяния. Оптический рефлектометр с регистрацией формы отраженного сигнала. Измерение затухания оптических кабелей методом обратного рассеяния. Измерение дисперсии методом обратного рассеяния.

Измерение уровней оптических сигналов. Оптические измерители мощности. Измерения затухания оптических кабелей с использованием методов обламывания и вносимых потерь.

## Тема 12. КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА КОМПОНЕНТОВ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ И СИСТЕМ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

Общая характеристика и классификация методов и приборов, используемых при тестировании компонентов цифровых сетей и систем инфокоммуникаций.

Логический анализ. Принципы построения, классификация, особенности и области применения, параметры логических анализаторов. Виды индикации в логических анализаторах.

Сигнатурный анализ. Принцип и схема формирования сигнатуры из тест-последовательности. Сигнатурные анализаторы. Особенности и области применения.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ЛИТЕРАТУРА

#### ОСНОВНАЯ

1. Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений».
2. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : учеб. пособие / С. И. Боридько [и др.] ; под ред. Б. Н. Тихонова. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007.
3. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : учебник для вузов / В. И. Нефедов [и др.] ; под общ. ред. В. И. Нефедова и А. С. Сигова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2005.
4. Сергеев И.П. Метрология, стандартизация и технические измерения в радиоэлектронике: учеб. пособие/ И.П. Сергеев – М.: МАТИ, 2008.
5. Ляльков, С. В. Метрология : учеб.-метод. пособие / С. В. Ляльков, Ю. А. Гусынина. – Минск : БГУИР, 2013.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

6. Введение в инфокоммуникационные технологии: Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : учебное пособие под ред. Л.Г. Гагариной. – М: Форум: Инфра-М, 2013

7. Метрология и радиоизмерения : учебник для вузов / В. И. Нефедов [и др.] ; под ред. В. И. Нефедова. – М. : Высш. шк., 2003.
8. Дворяшин Б. В. Метрология и радиоизмерения : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б. В. Дворяшин. – М. : Издательский центр «Академия», 2005.
9. Бакланов И. Г. Технологии измерений в современных телекоммуникациях / И. Г. Бакланов. – М. : ЭКО-ТРЕНДЗ, 1998.
10. Рихтер Т.С. Цифровые измерения. Методы и схемотехника / Т.С. Рихтер. – М. : Техносфера, 2004.
11. Топильский В.Б. Схемотехника измерительных устройств/ В.Б. Топильский. – М.:БИНОМ, 2013.
12. Власов, И. И. Измерения в цифровых сетях связи / И. И. Власов, М. М. Птичников ; под ред. А. П. Козина. – 2-е изд. испр. и доп. – М. : Постмаркет, 2005.
13. Ратнев, Г. Г. Методы и средства измерений / Г. Г. Ратнев, А. П. Тарасенко. – М. : Издат. цент «Академия», 2003.
14. Анцыферов С.С., Голубь Б.И. Общая теория измерений : Учебное пособие / Под редакцией Н.Н. Евтихеева. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007.
15. Гусинский А.А., Векторные анализаторы цепей миллиметровых волн: монография. В 3-х ч./ А.В. Гусинский и др., - Минск, БГУИР. – Ч.3. В 2-х кн.: Принципы построения и анализ схем векторных анализаторов цепей, 2008.

## МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

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

- на лекционных занятиях могут реализовываться элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод);
- на практических и лабораторных занятиях должен поощряться творческий подход к выполнению индивидуальных заданий и элементы учебно-исследовательской деятельности.

## ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка рефератов по индивидуальным темам;
- проработка лекционного материала по рекомендуемой литературе и электронному учебно-методическому комплексу дисциплины;
- самостоятельное изучение отдельных тем теоретического материала;
- выполнение заданий для самоконтроля;
- подготовка к лабораторным и практическим занятиям.

## ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Измерение напряжений и уровней сигнала с помощью электронных вольтметров и измерителей уровня.
2. Измерение частотных и временных параметров цифровым частотомером.
3. Изучение универсального электронно-лучевого осциллографа.
4. Измерение мощности в диапазоне сверхвысоких частот.
5. Анализ спектра сигналов.
6. Измерение параметров модулированных сигналов.
7. Измерение нелинейных искажений сигналов.
8. Измерение псофометрического напряжения помех и уровней сигналов с помощью измерителей уровня в линиях инфокоммуникаций.
9. Измерение группового времени запаздывания.
10. Исследование импульсного метода измерения параметров и неоднородностей в линиях инфокоммуникаций.
11. Измерение модулей коэффициентов и передачи микроволновых устройств.
12. Измерение параметров оптических волокон с помощью оптического рефлектометра.

## ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Измерение напряжений.
2. Измерение частоты, периода, временных интервалов и фазовых сдвигов.
3. Измерение электрической мощности.
4. Анализ спектра и измерение параметров модуляции и нелинейных искажений сигналов.
5. Измерение напряженности электромагнитного поля и помех.
6. Виды затухания сетей инфокоммуникаций и методы их измерения.
7. Измерение параметров и характеристик микроволновых устройств сетей инфокоммуникаций.
8. Измеряемые параметры оптических кабелей и их характеристика.
9. Принцип формирования сигнатуры из тест-последовательности.

## ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

*(необходимого оборудования, наглядных пособий и т. п.)*

1. Системы сбора и обработки измерительной информации.
2. Компьютерные презентации и слайды.
3. Алгоритмы обработки результатов измерений.

## ДИАГНОСТИКА КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Учебными планами специальностей в качестве формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Измерения в инфокоммуникациях» предусмотрен экзамен. Оценка учебных достижений студента производится по десятибалльной шкале.

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

- устный опрос во время занятий;
- отчеты по лабораторным работам;
- отчеты по практическим работам;
- тесты;
- контрольные опросы;
- письменные контрольные работы;
- оценивание на основе модульно-рейтинговой системы.