

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
и менеджменту качества

\_\_\_\_\_ Е.Н.Живицкая  
« 29 » января 2016 г.

Регистрационный № УД -6-436 /р

**«Теоретическая метрология»**

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине  
для направления специальности:

1-45 01 02-01 «Инфокоммуникационные системы  
(стандартизация, сертификация и контроль параметров)»

Кафедра метрологии и стандартизации

Всего часов по  
дисциплине                    180

Зачетных единиц            5

2016 г.

Учебная программа учреждения высшего образования составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-45 01 02-2013 и учебного плана направления специальности 1-45 01 02-01 «Инфокоммуникационные системы (стандартизация, сертификация и контроль параметров)»

**Составители:**

А.М.Кострикин, доцент кафедры метрологии и стандартизации учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент;

М.М.Касперович, ассистент кафедры метрологии и стандартизации учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистр технических наук

**Рецензенты:**

Кафедра стандартизации и метрологии учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»;

Т.К.Толочко, инженер 1 категории Республиканского унитарного предприятия «Белорусский государственный институт метрологии», кандидат технических наук

**Рассмотрена и рекомендована к утверждению:**

Кафедрой метрологии и стандартизации учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 18 от 27.05.2015 г.);

Научно-методическим советом по связи и информационной безопасности Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники» (протокол № 15 от 14.12.2015 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 4 от 15.01.2016).

СОГЛАСОВАНО

Эксперт-нормоконтролер

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### План учебной дисциплины в дневной форме обучения:

Код специальности (направления специальности)	Название специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом уво)				Академ. часов на курс. работу (проект)	Типовой расчет	Форма текущей аттестации
				Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия, семинары			
1-45 01 02-01	Инфокоммуникационные системы (стандартизация, сертификация и контроль параметров)	3	5	80	48	16	16	-	-	экзамен

#### Место учебной дисциплины.

Дисциплина предусматривает изучение общей теории измерений в целом и образующих измерение элементов: средств измерений, физических величин и их единиц, методов и методик измерений, результатов и погрешностей измерений.

Знание дисциплины необходимо для обеспечения единства и требуемой точности измерений, а также для методически правильного измерения различных физических величин и обработки результатов измерений будущим специалистом.

**Цель преподавания учебной дисциплины:** овладение теоретическими основами метрологии; вопросами, связанными с системами единиц физических величин, передачей размеров единиц, методами измерения, погрешностями измерений, средствами измерений и их погрешностями; использование полученных знаний в качестве базы при изучении после дующих дисциплин, включая дипломное проектирование.

#### Задачи изучения учебной дисциплины:

- получение знаний и практических навыков в области теории единства измерений;
- применение методов теории погрешностей, теории точности средств измерений и теории измерительных процедур;
- освоение методов обработки измерительной информации.

В результате изучения учебной дисциплины «Теоретическая метрология» формируются следующие компетенции:

#### *академические:*

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

- 2) владение навыками, связанными с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- 3) способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;

***социально-личностные:***

- 1) умение работать в команде;
  - 2) обладание способностью к межличностным коммуникациям;
- обладание способностью к критике и самокритике;

***профессиональные:***

- 1) умение разрабатывать техническую документацию для производства и технической эксплуатации инфокоммуникационных систем;
- 2) умение осуществлять контроль параметров производственно-технологических процессов и их соответствие установленным требованиям;
- 3) умение измерять и оценивать характеристики инфокоммуникационных систем;
- 4) способность готовить доклады, материалы к презентациям;
- 5) умение оценивать результаты ремонта аппаратных средств инфокоммуникационных, электроизмерительных и технологических приборов, установок и систем в части соответствия параметров требуемым нормам;
- 6) умение использовать измерительное оборудование и методы измерения для контроля параметров технической эксплуатации инфокоммуникационных систем;
- 7) способность осуществлять передачу своих знаний, умений и навыков другим лицам в рамках действующего законодательства;
- 8) способность проводить обучение персонала обслуживанию и ремонтным работам сложного инфокоммуникационного оборудования.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

***знать:***

- единицы физических величин и принципы образования систем единиц, международную систему единиц;
  - основные виды, методы и принципы измерений;
  - алгоритмы обработки результатов наблюдений и оценку их точности;
  - общие вопросы, касающиеся эталонов единиц физических величин и передачи размеров единиц;
- вопросы, касающиеся средств измерений и их погрешностей;

***уметь:***

- правильно выбирать необходимые методы и средства измерений для решения практических измерительных задач;
- правильно обрабатывать результаты наблюдений;

***владеть:***

- методами оценивания погрешностей измерений и их систематических и случайных составляющих;

- методами оценки неопределенностей результатов измерений;
- современными методами обработки результатов наблюдений.

Перечень учебных дисциплин, усвоение которых необходимо для изучения данной учебной дисциплины.

№ п.п.	Название учебной дисциплины	Раздел, темы
1	Математика	2-9
2	Физика	1-6

## 1. Содержание учебной дисциплины

№ тем	Наименование разделов, тем	Содержание тем
	Введение	<p>Метрология как наука об измерениях. Философский, научный и технический аспекты значимости измерений. Единство измерений.</p> <p>Предмет и средства метрологии. Значение метрологии для научно-технического прогресса и ее роль в народном хозяйстве страны.</p>
1	Физические величины. Шкалы измерений	<p>Понятие величины, деление величин на физические и нефизические.</p> <p>Классификация физических величин: на измеряемые и оцениваемые, по видам проявления, по принадлежностям к различным группам физических процессов, по наличию размерности. Проявление свойств физических величин в отношениях эквивалентности, порядка и аддитивности.</p> <p>Свойства, проявляющие себя только в отношении эквивалентности. Понятие счета. Интенсивные величины, удовлетворяющие отношениям эквивалентности и порядка. Понятие размера величины и контроля. Экстенсивные величины, удовлетворяющие отношениям эквивалентности, порядка и аддитивности. Основное уравнение измерения.</p> <p>Шкалы измерений: наименований, порядка, интервалов, отношений, абсолютная.</p>
2	Единицы физических величин	<p>Системы физических величин. Создание метрических мер. Принципы образования системы единиц физических величин. Системы единиц физических величин. Международная система единиц СИ. Основные, дополнительные и производные единицы. Кратные и дольные единицы. Единицы физических величин системы СГС. Относительные и логарифмические величины и единицы. Внесистемные единицы.</p>
3	Измерение физической величины	<p>Понятие измерения. Основные операции измерения: измерительное преобразование; воспроизведение физической величины заданного размера; сравнение измеряемой физической величины с величиной, воспроизводимой мерой.</p> <p>Элементы процесса измерений: задача измерения, объект измерения, субъект измерения, математическая модель измерения, измеряемая величина, измерительный сигнал, принцип измерений, методы измерений (непосредственной оценки и сравнения), средство измерений, условия измерения, результат измерения, алгоритм обработки измерительной информации.</p> <p>Постулаты теории измерений.</p> <p>Классификация измерений: по общим приемам получения результатов измерений (прямые, косвенные, совокупные и совместные), по характеристике точности (равноточные и неравноточные), по числу измерений (однократные и многократные), по отношению к изменению измеряемой величины (статические и динамические), по метрологическому назначению (технические и метрологические), по выражению результатов измерений (абсолютные и относительные).</p>

№ тем	Наименование разделов, тем	Содержание тем
4	Погрешности измерений	<p>Истинное и действительное значение физической величины. Погрешности результата и средства измерения. Классификация погрешностей: по характеру проявления (случайные, систематические и грубые), по способу выражения (абсолютные, относительные и приведенные), по месту возникновения (инструментальные, методические, внешние и субъективные), по зависимости абсолютной погрешности от значений измеряемой величины (аддитивные, мультипликативные и нелинейные), по влиянию внешних условий (основные и дополнительные), в зависимости от влияния характера изменения измеряемых величин (статические и динамические).</p> <p>Принципы оценивания погрешностей.</p> <p>Точность, достоверность, правильность и сходимость измерений</p>
5	Случайные и грубые погрешности	<p>Вероятностное описание случайных погрешностей: интегральная и дифференциальная функции распределения.</p> <p>Числовые параметры законов распределения (центр распределения, начальные и центральные моменты и производные от них коэффициенты – математическое ожидание, среднее квадратичное отклонение, эксцесс, контр эксцесс, коэффициент асимметрии, энтропийный коэффициент).</p> <p>Основные законы распределения (трапецеидальные, уплощенные, экспоненциальные, нормальное семейство распределений Стюдента, двухмодальные).</p> <p>Выборки результатов измерений. Точечные оценки параметров. Состоятельность, несмещенность и эффективность точечных оценок. Доверительная вероятность и доверительный интервал погрешности.</p> <p>Грубые погрешности и методы их исключения.</p>
6	Систематические погрешности	<p>Классификация систематических погрешностей по характеру изменения (постоянные и переменные), по причинам возникновения.</p> <p>Способы обнаружения и оценки систематических погрешностей (теоретические и экспериментальные).</p> <p>Способы уменьшения систематических погрешностей: до начала измерений, в процессе измерений (использование методов замещения, компенсации погрешности по знаку, изменение знака входной величины, противопоставления, периодических наблюдений, симметричных наблюдений, рандомизации), внесением известных поправок в результат измерения.</p>
7	Математическая обработка результатов наблюдений	<p>Проверка нормальности распределения результатов наблюдений. Обработка исправленных результатов прямых равнорассеянных наблюдений. Совместная обработка нескольких рядов наблюдений. Обработка неравнорассеянных рядов наблюдений. Обработка результатов косвенных измерений. Обработка результатов совокупных и совместных измерений. Суммирование неисключенных систематических погрешностей. Суммирование случайных погрешностей. Критерий ничтожных погрешностей. Суммирование неисключенной</p>

№ тем	Наименование разделов, тем	Содержание тем
		систематической и случайной погрешности. Оценка погрешностей измерений с однократными наблюдениями.
8	Формы представления результатов измерений. Выражение неопределенности измерений	<p>Правила округлений точечных оценок результатов измерений. Показатели точности и формы представления результатов измерений.</p> <p>Руководство по выражению неопределенности измерений. Неопределенность измерений и ее источники. Классификация неопределенностей. Вычисление стандартной неопределенности: моделирование измерения, оценивание стандартных неопределенностей по типу А и В. Определение суммарной стандартной неопределенности.</p> <p>Определение расширенной неопределенности.</p>
9	Средства измерений	<p>Общие сведения о воспроизведении единиц физических величин и передаче их размеров.</p> <p>Понятие о средстве измерений. Статические характеристики и параметры средств измерений. Динамические характеристики и параметры средств измерений. Классификация средств измерений. Структурные схемы прямого преобразования и уравнивающего преобразования.</p>
10	Метрологические характеристики средств измерений и их нормирование	<p>Принципы выбора и нормирования метрологических характеристик средств измерений. Комплексы нормируемых метрологических характеристик средств измерений и критерии их рациональности. Классы точности средств измерений.</p>

## 2. Информационно-методический раздел

### 2.1 Литература

#### 2.1.1 Основная

1. Кострикин, А. М. Теоретическая метрология : учеб. пособие для студ. спец. «Метрология, стандартизация и сертификация». В 3 ч. / А. М. Кострикин – Минск : БГУИР, 1999.

2. Гусинский, А. В. Введение в статистическую метрологию : монография. В 2 ч. / А. В. Гусинский, Г. А. Шаров, А. М. Кострикин. – Минск : БГУИР, 2009 ; 2010.

3. Шишкин, И. Ф. Теоретическая метрология. Ч. 1 : Общая теория измерений : учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. / И. Ф. Шишкин – СПб. : Питер, 2010.

4. Шишкин, И. Ф. Теоретическая метрология. Ч. 2 : Обеспечение единства измерений : учебник для вузов. – 4-е изд. / И. Ф. Шишкин – СПб. : Питер, 2012.

5. Пронкин, Н. С. Основы метрологии : практикум по метрологии и измерениям / Н. С. Пронкин. – М. : Логос, 2007.

6. РМГ 43-2001. ГСИ. Применение Руководства ИСО по выражению неопределенности измерений. – СПб. : ВНИИ им. Д.И. Менделеева, 2001.

7. Кострикин, А. М. Теоретическая метрология : лабораторный практикум для студ. спец. «Метрология, стандартизация и сертификация». В 2 ч. / А. М. Кострикин – Минск : БГУИР, 2001.

#### 2.1.2 Дополнительная

8. Нефедов, В. И. Метрология и радиоизмерения : учебник для вузов / В. И. Нефедов, В. И. Хахин, В. К. Битюков. – М. : Высш. шк., 2006.

9. Шишкин, И. Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством : учеб. пособие для вузов / И. Ф. Шишкин. – М. : Изд-во стандартов, 1990.

10. Тюрин, Н. И. Введение в метрологию : учеб. пособие / Н. И. Тюрин. – М. : Изд-во стандартов, 1985.

11. Рабинович, С. Г. Погрешности измерений / С. Г. Рабинович. – Л. : Энергия, 1987.

12. ГОСТ 8.207-76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений.

13. Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Л. : Энергоиздат, 1985.

2.2 Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов, технических средств обучения, оборудования для выполнения лабораторных работ

Пакеты прикладных программ для математических расчетов Mathcad, MATLAB, STATISTIKA.

### 2.3. Перечень тем практических занятий, их название

Целью практических занятий является закрепление теоретического курса, приобретение навыков решения задач, активизация самостоятельной работы студентов.

№ темы по п.1	Название практического занятия	Обеспеченность по пункту 2.2
1, 2	Основные и производные единицы измерений. Международная система единиц СИ	1, 3
2, 3	Методы измерений	1, 4
4, 5	Критерии исключения грубых погрешностей	1 – 3
4 – 6	Статические и динамические характеристики погрешности средств измерений.	1 – 4
9, 10	Комплексы нормируемых метрологических характеристик средств измерений.	1 – 5
1, 4, 9, 10	Абсолютная, относительная и приведенная погрешности средств измерений.	1 – 5
1, 4, 9, 10	Классы точности средств измерений.	1 – 5
8	Неопределенность результатов измерений	6

### 2.4. Перечень тем лабораторных занятий, их название

Основная цель проведения лабораторных занятия состоит в закреплении теоретического материала курса, приобретении навыков выполнения эксперимента, обработки экспериментальных данных, анализа результатов, грамотного оформления отчетов.

№ темы по п.1	Наименование лабораторной работы	Обеспеченность по пункту 2.2
3 – 7	Обработка исправленных результатов прямых равнорассеянных измерений	7
3 – 7	Совместная обработка нескольких рядов наблюдений	7
3 – 7	Обработка неравнорассеянных рядов наблюдений	7
3 – 7	Обработка результатов косвенных измерений	7
3 – 7	Обработка результатов совокупных измерений	7
3 – 7	Обработка результатов совместных измерений	7
3 – 7	Суммирование неисключенной систематической и случайной погрешностей	7
3 – 7	Оценка погрешностей измерений с однократными наблюдениями	7

### 3. 1 Учебно-методическая карта учебной дисциплины в дневной форме обучения

Номер раздела, темы по п.1	Название раздела, темы	Количество аудитор- ных часов			Само- стоя- тель- ная работа, часы	Форма контроля знаний
		ЛК	Лаб. зан.	ПЗ		
	Введение	1			1	Текущий опрос
1	Физические величины. Шкалы измерений	3		1	8	Текущий опрос. Решение задач
2	Единицы физических величин	3		1	8	Текущий опрос. Решение задач
3	Измерение физической величины	3		2	10	Текущий опрос. Решение задач
4	Погрешности измерений	3		2	8	Текущий опрос. Решение задач
5	Случайные и грубые погрешности	4		2	7	Текущий опрос. Решение задач
6	Систематические погрешности	2			6	Текущий опрос
7	Математическая обработка результатов наблюде- ний	14	16		30	Текущий опрос. Тестирование
8	Формы представления результатов измерений. Выражение неопределенности измерений	5		2	8	Текущий опрос. Решение задач
9	Средства измерений	4		2	6	Текущий опрос. Решение задач
10	Метрологические характеристики средств измере- ний и их нормирование	6		4	8	Текущий опрос. Решение задач
	Текущая аттестация					Экзамен
	<b>Итого</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>100</b>	

## Рейтинг-план дисциплины

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Специальность 1-45 01 02-01 «Инфокоммуникационные системы (стандартизация, сертификация и контроль параметров)»

курс 3, семестр 5

Количество часов по учебному плану 180, в т.ч. аудиторная работа 80, самостоятельная работа 100

Преподаватель к.т.н., доц. Кострикин А.М.

Кафедра метрологии и стандартизации

Рекомендовано на заседании кафедры метрологии и стандартизации

Протокол № 18 от 27.05.2015 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А. Л. Гурский /

Преподаватели \_\_\_\_\_

Выставление отметки по текущей аттестации допускается (не допускается) по результатам итогового рейтинга студента.

Виды учебной деятельности студентов	Модуль 1 (весовой коэффициент 0,33)		Модуль 2 (весовой коэффициент 0,33)		Модуль 3 (весовой коэффициент 0,34)		Итоговый контроль по всем модулям
	Календарные сроки сдачи	Весовой коэффициент отметки	Календарные сроки сдачи	Весовой коэффициент отметки	Календарные сроки сдачи	Весовой коэффициент отметки	
1. Лекционные занятия		0,2		0,2		0,2	
Введение, темы 1-3	15.10						
Темы 1-6			15.11				
Темы 7-10					30.12		
2. Лабораторные работы		0,4		0,4		0,4	
2.1 Лабораторная работа 1	15.10						
2.2 Лабораторная работа 2			15.11				
2.3 Лабораторные работы 3, 4					30.12		
3. Практические занятия		0,4		0,4		0,4	
ПЗ 1, ПЗ 2	15.10						
ПЗ 3, ПЗ 4, ПЗ 5			15.11				
ПЗ 6, ПЗ 7, ПЗ 8					30.12		
Модульный контроль		MP1		MP2		MP3	ИР

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
С ДРУГИМИ УЧЕБНЫМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Перечень учебных дисциплин	Кафедра, обеспечивающая учебную дисциплину	Предложения об изменениях в содержании по изучаемой учебной дисциплине	Подпись заведующего кафедрой, обеспечивающей учебную дисциплину с указанием номера протокола и даты заседания кафедры
Методы и средства измерений в инфокоммуникационных системах Контроль параметров систем инфокоммуникаций Поверка и калибровка средств измерений	МиС	Изменений в содержании учебной программы не требуется	_____ А.Л. Гурский Протокол № 18 от 27.05.2015

Заведующий кафедрой МиС

А. Л. Гурский