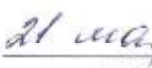


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
 «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
 Физико-технологический институт
 Кафедра Физических методов и приборов контроля

УТВЕРЖДАЮ
 Проректор по учебной работе


 подпись С.Т.Князев


 дата



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ
 Учебный план №

Рекомендована
 Методическим советом ФГАОУ ВПО УрФУ

для специальности 200503 «Стандартизация и сертификация»

Специальность/Направление		Специализация/Программа Магистратуры	Квалификация		Код дисциплины по учебному плану
Код	Наименование	Наименование	Код	Наименование	
200503	Стандартизация и сертификация		65	Инженер	ОПД.Ф.05

Екатеринбург 2012 г.

Рабочая программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования (регистрационный номер 270 тех/дс от 27 марта 2000 г.)

Рабочая программа составлена авторами:

№	Фамилия	Имя	Отчество	Уч. звание	Уч. степень	Должность	Подпись
1	Бирюков	Дмитрий	Юрьевич		К.ф.-м.н.	Доцент	
2							

Рабочая программа одобрена на заседании кафедр (учебно-методических советов):

№	Наименование кафедры (УМС)	Дата заседания	Номер протокола	Решение	ФИО зав. кафедрой (предс. УМС)	Подпись
1	Физические методы и приборы контроля качества	12.04.2012	4	Одобрить	Кортов Всеволод Семенович	
2						

Согласовано:

Начальник отдела образовательных программ

Председатель учебно-методического совета
Физико-технологического института

 Ю.В.Сердюк
 Н.Н. Курбатов

АННОТАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс “Физические основы измерений” (ФОИ) дает основы специальной подготовки в области выбора методов, средств и эталонов измерений при решении задач сертификации и стандартизации в приборостроении. Основопологающими при изучении данной дисциплины являются следующие дисциплины: “Общая физика”, “Общая электротехника”, “Математический анализ”, “Химия”, “Дифференциальные уравнения”. Желательно, но не обязательно, чтобы ей предшествовали такие курсы, как “Физика твердого тела” и “Электроника”.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины «Физические основы измерений» является формирование у студентов базовых знаний о физических основах определения единиц измерений, физических эффектов, используемых в измерениях, знакомство со средствами и методами регистрации и преобразования измерительной информации;

Основные задачи дисциплины заключаются в:

- § освоении физических основ базисных единиц измерения системы СИ и способов их реализации;
- § изучении и систематизации физических эффектов, используемых для создания измерительных преобразователей и датчиков;
- § применении полученных знаний для обоснованного выбора методов, средств и эталонов измерений при решении конкретных задач сертификации и стандартизации;
- § приобретении навыков анализа соответствия применяемых методов современному научно-техническому уровню и оценки перспектив развития измерительной техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Физические основы измерений» относится к циклу общепрофессиональных дисциплин.

2.1. Междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) дисциплинами

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами в ходе изучения курсов «Общая физика», «Общая электротехника» и «Электроника».

2.2. Междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Знания, полученные студентами в ходе освоения данной дисциплины, используются при изучении курса «Общая теория измерений», «Методы и средства измерений, испытаний и контроля».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- физические законы, определяющие способы измерений и принципы построения средств измерений и эталонов;
- виды и методов измерений, основных функций измерительных систем;
- естественные пределы измерений, основные источники погрешности измерений: шумы, помехи, внутренние процессы;

Уметь:

- решать задачи по определению основных характеристик преобразователей и мер эталонов;
- решать конкретные задачи сертификации с учетом возможностей использования различных физических эффектов и соответствующих методов, средств и эталонов измерений;

Владеть:

- основными методами измерений и навыками применения данных методов для получения результатов измерений;
- методологией выбора оптимальных процедур составляющих измерительный процесс.

4. ВИДЫ, СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМЫ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1. Введение.

Роль измерений в науке и технике. Связь измерительной техники с техническим прогрессом. Цели и задачи курса ФОИ, объем, содержание, связь с другими дисциплинами. Роль микропроцессорной и электронно-вычислительной техники в расширении возможностей измерительных приборов и систем.

Структура современных информационно-измерительных систем. Экономические, экологические, метрологические аспекты применения современных средств контрольно-измерительной техники.

4.1.2. Общие вопросы физики измерений.

4.1.2.1. Физические величины и единицы измерения. Измерение как познавательный процесс, цель измерения. Основные понятия и определения теории измерений: измеряемая физическая величина, основные и производные физические величины, единицы измерения, Международная система единиц (СИ), основные единицы измерения.

4.1.2.2. Физические основы базисных эталонов единиц измерения. Связь основных физических величин с фундаментальными постоянными, реализация единицы длины, времени, массы, количества вещества, сила электрического тока, температурной шкалы, силы света, размерность физической величины.

4.1.2.3. Основные функции измерительной системы. Восприятие измеряемой величины, преобразование измерительной информации, вычислительные операции, обработка измерительной информации, отображение измерительной информации.

4.1.3. Естественные пределы измерений.

4.1.3.1. Принцип неопределенности Гейзенберга. Применимость классического описания физического процесса, неопределенность в значениях координаты частицы и соответствующей компоненты импульса, неопределенность в значениях энергии и времени, среднее время жизни, ширина уровня, “профиль спектральной линии”, распределение Лоренца, естественная ширина линии, соотношение неопределенностей для числа фотонов и фазы электромагнитной волны, абсолютная граница точности измерения электромагнитных сигналов.

4.1.3.2. Шумы. Причины появления шумов.

4.1.3.2.1. Влияние броуновского движения на показания гальванометра. Электромеханические приборы: структурная схема и принцип действия, термические флуктуации, минимальная сила тока, фиксируемая гальванометром.

4.1.3.2.2. Тепловой шум: статистические колебания плотности заряда в проводнике, напряжение шума, эквивалентная электрическая схема реального проводника, стоячие волны, мощность тепловых шумов в проводнике с данным сопротивлением, белый шум, эффективное напряжение шума, спектральное распределение.

4.1.3.2.3. Дробовой эффект. Флуктуации тока, дробовой шум, модель вакуумного диода, импульсы тока, теорема Кемпбелла, уравнение Шоттки, эффективный шумовой ток.

4.1.3.2.4. Квантовый шум. Квантование электромагнитного излучения, когерентная электромагнитная волна, усредненные флуктуации тока, отношение сигнал-шум, эквивалентная мощность шума на детекторе.

4.1.4. Физические основы преобразователей для измерения неэлектрических величин.

4.1.4.1. Измерительные преобразования и измерительные преобразователи. Преимущества измерений неэлектрических величин электрическими методами; активные и пассивные преобразования; измерительный преобразователь, датчик прибора, метод измерения, упрощенная схема электрического прибора.

4.1.4.2. Характеристики измерительных преобразователей неэлектрических величин. Уравнение преобразования; основные характеристики измерительных преобразователей.

4.1.4.3. Классификация преобразований и преобразователей; по физическому принципу построения преобразователей; по виду выходного сигнала; по разновидности измеряемых физических величин.

4.1.4.4. Электрические первичные преобразователи неэлектрических величин.

4.1.4.4.1. Резистивные преобразователи механических величин; контактные преобразователи, резистивные преобразователи силы, реостатные измерительные преобразователи, тензорезисторы.

4.1.4.4.2. Пьезоэлектрические преобразователи; пьезоэффект, кварцевый кристалл, продольный и поперечный эффекты, параллельное соединение пластин, основные характеристики пьезопреобразователей.

4.1.4.4.3. Фотоэлектрические преобразователи; тепловые преобразователи, фотоэлектрические преобразователи: с внешним фотоэффектом, с внутренним фотоэффектом; конструкции и основные характеристики.

4.1.4.4.4. Емкостные преобразователи

4.1.4.4.5. Индуктивные преобразователи

4.1.4.4.6. Трансформаторные преобразователи

4.1.4.4.7. Индукционные преобразователи

4.1.4.4.8. Магнитоупругие преобразователи

4.1.4.4.9. Термоэлектрические преобразователи

4.1.4.4.10. Терморезисторы

4.1.4.4.11. Ионизационные преобразователи

4.1.4.4.12. Электрохимические преобразователи

4.1.5. Цифровые фазометры.

Классификация методов цифрового измерения фазового сдвига. Компенсационные цифровые фазометры, их погрешности. Фазометры прямого преобразования: приборы мгновенного и среднего значения. Особенности измерения фазы для негармонических сигналов, вклад постоянной составляющей в результирующую погрешность измерений. Применение метода периодического сравнения для уменьшения погрешности измерения. Микропроцессорный фазометр.

4.1.6. Цифровые вольтметры (ЦВ).

Классификация и структурная схема цифровых вольтметров. Входные устройства ЦВ. Преобразователи переменного напряжения в постоянное. Преобразователи напряжение - код (ПНК) для ЦВ: ПНК времяимпульсного преобразования для ЦВ с линейной разверткой, ПНК для времяимпульсного ЦВ с двухтактным интегрированием, ПНК для частотно-импульсного ЦВ, ПНК для кодоимпульсных ЦВ. Погрешности ПНК различных типов, помехозащищенность ЦВ. Микропроцессорные цифровые вольтметры.

4.1.7. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП).

Классификация АЦП. АЦП интервал времени - цифровой код. АЦП напряжение - частота. Кодоимпульсные АЦП. Погрешности АЦП. Сопряжение АЦП со средствами вычислительной техники.

4.1.8. Цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП).

Обобщенная структурная схема ЦАП. Кодоуправляемые делители (КУД) двоичного кода. Быстродействие ЦАП. Преобразователи код-ток и код-напряжение. Погрешности ЦАП.

4.1.9. Заключение.

Перспективы совершенствования контрольно-измерительных приборов, развитие автоматизированных измерительных систем на базе микроконтроллеров и ЭВМ.

4.2 Разделы дисциплины и виды занятий

Перечень разделов дисциплины с указанием трудоемкости их освоения в часах, видов учебной работы и промежуточной аттестации с учетом существующих форм освоения приведен в табл. 4.2.1., 4.2.2.

Таблица 4.2.1.

Распределение аудиторной нагрузки и контрольных мероприятий для изучаемой дисциплины по разделам для очной формы обучения

Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану (час.):

102

Раздел дисциплины			Аудиторная нагрузка (час.)				Число контрольных мероприятий								
Номер раздела	Наименование раздела	Семестр изучения	Всего часов	Лекции (Л)	Практические занятия (ПЗ)	Лабораторные работы (ЛР)	Курсовые проекты	Курсовые работы	Расч.-графич. работы	Графические работы	Расчетные работы	Рефераты	Коллоквиумы	Контрольные работы	Домашние работы
4.1.1	Введение	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.1.2	Общие вопросы физики измерений	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.1.3	Естественные пределы измерений	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.1.4	Физические основы преобразователей для измерений неэлектрических величин	4	33	16	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.1.5	Цифровые фазометры	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.1.6	Цифровые вольтметры	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.1.7	Аналого-цифровые преобразователи	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.1.8	Цифро-аналоговые преобразователи	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.1.9	Заключение	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Всего:

51 34 0 17 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Таблица 4.2.2.

Распределение аудиторной нагрузки и объема самостоятельной работы по семестрам изучения дисциплины для очной формы обучения

Семестр изучения	Промеж. аттест.		Аудиторная нагрузка (час.)				Объем СРС (час.)	Резерв СРС (час.)
	Зачет	Экзамен	Лекции	Практич. занятия	Лаборат. работы	Всего		
4	+		34		17	51	51	34,0
Всего:			34		17	51	51	34,0

5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ И САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

5.1. Лабораторный практикум

Наименования лабораторных работ с указанием разделов дисциплины, к которым они относятся, приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Распределение лабораторных работ по разделам изучаемой дисциплины
для очной формы

Номер раздела	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
4.1.4	1	Датчики линейных и угловых перемещений	3
4.1.4	2	Тепловые преобразователи	4
4.1.4	3	Ионизационные преобразователи	3
4.1.4	4	Оптические преобразователи	3
4.1.4	5	Пьезоэлектрические преобразователи	4

Всего: 17

5.2. Практические занятия

Не предусмотрены

5.3. Перечень тем рефератов

Не предусмотрено

5.4 Перечень тем домашних работ

Не предусмотрено

5.5 Перечень тем контрольных работ

Не предусмотрено

5.6 Перечень тем расчетных работ

Не предусмотрено

5.7 Перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено

5.8 Тематика коллоквиумов

Не предусмотрено

6. ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Не предусмотрено

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1 Рекомендуемая литература

7.1.1 Основная литература

1. Афанасьев А.А. Физические основы измерений : учебник для студ. высш. учеб. заведений. М. : Издательский центр «Академия», 2010. — 240 с.
2. Шишмарев В.Ю. «Технические измерения и приборы»: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М. : Издательский центр «Академия», 2010. — 384 с.
3. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник. под ред. Е. Л. Свинцова М. : «Техносфера», 2005. — 578 с.
4. Котюк А.Ф. Датчики в современных измерениях. М.: Радио и связь, 2006. — 95 с.

7.1.2 Дополнительная литература

1. Электрические измерения неэлектрических величин. Под ред. Новицкого П.В.- Изд. 5-е, перер. и доп.-Л.: Энергия,1975-576 с.
2. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин (измерительные преобразователи). Учебное пособие для вузов.-Л.: Энергоатомиздат, 1983. 320 с.
3. Спектор С.А. Электрические измерения физических величин. Методы измерения. Учебное пособие для вузов. - Л., Энергоатомиздат, Ленингр. отд., 1987. - 320 с.
4. Основы метрологии и электрические измерения: Учебник для вузов/ Б..Я. Авдеев, Е.М. Антонюк, Е.М. Душин и др.: Под ред. Е.М. Душина. - 6 изд. Перераб. и доп. - Л., Энергоатомиздат, Ленингр. отд., 1987. - 480 с.
5. Хофманн Д. Техника измерения и обеспечение качества: Справочная книга. Пер. с нем.-М.:Энергоатомиздат,1983.-472 с.
6. Электрические измерения: Учебник для вузов. Под ред.Фремке А.В. и Душина Е.М.- 5-е изд.,перер. и доп. - Л.: Энергия,1980.-392 с.
7. Камке Д., Кремер К. Физические основы единиц измерения. М.: Мир, 1980. 208 с.

7.1.3 Методические разработки кафедры

1. Сюрдо А.И., Бирюков Д.Ю. Физические основы измерений. Учебное пособие. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2012. 147 с.
2. Бирюков Д.Ю., Зацепин А.Ф., Сюрдо А.И. Акустические и электрические измерения в неразрушающем контроле материалов и изделий. Учебно-методическое пособие к лабораторному практикуму. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. 124 с.

7.2 Программное обеспечение

1. Бирюков Д.Ю., Бирюкова А.И., Зацепин А.Ф., Лобко А.А. Программа тестирования знаний студентов. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ №2010611097 от 05.02.2010

7.3 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

www.statsoft.ru/ – Академия Анализа Данных StatSoft

<http://study.ustu.ru/> – Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ

<http://standards.ru> – Электронный магазин стандартов ФГУП «САНДАРТИНФОРМ»

<http://gost.ru> – Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РОССТАНДАРТ

<http://consultant.ru> - Официальный сайт компании "Консультант Плюс"

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Общие требования

Полноценное выполнение аудиторных занятий по дисциплине требует наличия:

- Лекционной аудитории, оборудованной проектором для проведения лекций с мультимедийными презентациями;
- Лаборатории электроники и измерительной техники для изучения измерительных преобразователей и методов измерения;

8.2 Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Лекционная аудитория, оснащённая мультимедийным проектором.

Специализированная учебно-исследовательская лаборатория, оснащённая:

- Осциллографами С1-150 (9 шт), С1-67, С1-68, С1-99

- Вольтметрами В7-35, В7-58, В7-22А, В7-26, В3-55, В4-12, В3-40
- Ультразвуковым дефектоскопом Интротест-1М
- Мостами Р-4053 и Р-591
- Генераторами Г6-43 (6 шт), Г5-82 (5 шт), Г3-118
- Частотомером ЧЗ-34
- Термопарами, терморезисторами, термотранзисторами
- Реостатными преобразователями
- Светодиодами, фотодиодами, фоторезисторами,
- Пьезоэлектрическими преобразователями

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендации для преподавателя

При подготовке и чтении курса преподавателю рекомендуется:

- Глубоко освоить теоретические аспекты тематики курса, переработать литературные источники; составить список обязательной для изучения и дополнительной литературы, использовать в курсе результаты собственных исследований в этой области;
- Совершенствовать методику изложения курса, использовать в процессе чтения курса тестовые задания и контрольные вопросы;
- Развивать методики проведения лабораторных занятий;
- Осуществлять контроль над проработкой студентами разделов курса, вынесенных на самостоятельную подготовку;
- Осуществлять постоянную корректировку структуры и содержания курса;

9.2 Рекомендации для студента

Студенту рекомендуется:

Обязательное посещение лекций и лабораторных работ;

Тщательная подготовка по изучаемому материалу с привлечением дополнительной литературы, подготовка к лабораторным занятиям и активная на них работа.

9.3 Перечень контрольных вопросов для подготовки к текущей аттестации по дисциплине

1. Физические величины и единицы измерения. Основные понятия и определения теории измерений: измеряемая физическая величина, основные и производные физические величины, единицы измерения.
2. Понятие средства измерений. Классификация средств измерений.
3. Виды измерений. Классификация видов измерений.
4. Методы измерений. Классификация методов измерений.
5. Мостовой метод измерения. Теория мостовых схем.
6. Международная система единиц (СИ), основные единицы измерения.
7. Физические основы базисных эталонов единиц измерения. Связь основных физических величин с фундаментальными постоянными.
8. Реализация единицы длины, времени, массы, количества вещества, сила электрического тока, температурной шкалы, силы света, размерность физической величины.
9. Измерительные преобразования. Преимущества измерений неэлектрических величин электрическими методами.
10. Понятие об измерительном преобразователе. Характеристики измерительных преобразователей, их классификация.
11. Закон Гейзенберга, его смысл и основные соотношения.
12. Влияние броуновского движения на показания гальванометра.

13. Тепловой шум: физические причины его возникновения, влияние на показания приборов.
14. Дробовый эффект: причины возникновения, влияние на показания приборов.
15. Квантовый шум: причины возникновения, влияние на показания приборов.
16. Резистивные преобразователи. Общие свойства резистивных преобразователей.
17. Контактные и переключаемые резистивные преобразователи, их применение для измерения силы и толщины.
18. Реостатные преобразователи. Преимущества и недостатки. Вариабельность функции преобразования.
19. Тензорезисторы. Принцип действия и область их применения. Особенности измерительных цепей.
20. Сущность пьезоэлектрического эффекта. Прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты. Применение пьезоэффекта.
21. Акустические пьезоэлектрические преобразователи. Конструкция и принцип действия ПЭП.
22. Пьезоэлектрические преобразователи силы.
23. Способы измерения скорости звука и коэффициента затухания с помощью ПЭП.
24. Тепловые процессы. Теплопроводность, конвекция, тепловое излучение. Применение этих процессов в измерительной технике.
25. Терморезистивный эффект в проводниках. Проводниковые терморезисторы и их свойства.
26. Терморезистивный эффект в полупроводниках. Полупроводниковые терморезисторы и их свойства.
27. Типы и конструкция терморезисторов.
28. Термоэлектрический эффект и его применение.
29. Термоэлектрические преобразователи, применяемые материалы. Платиновая серия металлов ее назначение.
30. Измерительные цепи термоэлектрических преобразователей.
31. Физические основы измерения температуры оптическими методами. Закон Стефана-Больцмана.
32. Фотометрические и радиометрические единицы измерения в оптике, связь между ними.
33. Поляризация, преломление, отражение и поглощение света.
34. Законы абсолютно-черного тела и их роль в измерительных процессах.
35. Внутренний и внешний фотоэлектрический эффект. Его применение.
36. Оптические преобразователи, структура и классификация.
37. Тепловые источники оптического излучения, их сравнение с газоразрядными и люминесцентными.
38. Люминесцентные источники света. Принцип действия. Отличия от тепловых источников.
39. Тепловые приемники света. Принцип действия. Применение.
40. Внешний фотоэлектрический эффект. Основные виды фотоэлектрических преобразователей.
41. Вакуумные и ионные фотоэлементы. Основные характеристики.
42. Фотоэлектронный умножитель. Принцип действия и конструкция.
43. Внутренний фотоэлектрический эффект. Полупроводниковые детекторы оптического излучения, основные виды полупроводниковых преобразователей.
44. Фоторезисторы. Принцип действия. Свойства. Преимущества и недостатки.
45. Гальваномагнитные фотоэлементы. Принцип действия. Свойства. Преимущества и недостатки.
46. Вентильные фотоэлементы и фотодиоды. Принцип действия. Свойства. Преимущества и недостатки.

9.4 Перечень ключевых слов дисциплины

Таблица 9.4.

Ключевые слова

Номер раздела	Наименование раздела	Ключевые слова раздела
4.1.1	Введение	измерение, принцип измерения, средства измерений
4.1.2	Общие вопросы физики измерений	физические величины, единицы измерения, эталоны физических величин
4.1.3	Естественные пределы измерений	неопределенность Гейзенберга, тепловой шум, квантовый шум, токовый шум, дробовый эффект
4.1.4	Физические основы преобразователей для измерений неэлектрических величин	датчики, реостатные преобразователи, тензоэффект, пьезоэлектрический эффект, фотоэлектрический эффект, термоэлектрический эффект, терморезистивный эффект
4.1.5	Цифровые фазометры	фаза, фазометр, фазовый сдвиг, негармонические сигналы
4.1.6	Цифровые вольтметры	вольтметр, детектор, интегрирование сигналов, открытый и закрытый вход
4.1.7	Аналого-цифровые преобразователи	аналого-цифровые преобразователи, цифровой код, кодоимпульсные преобразования, сопряжение АЦП
4.1.8	Цифро-аналоговые преобразователи	цифро-аналоговые преобразователи, кодоуправляемые делители, преобразователи код-ток, преобразователи код-напряжение
4.1.9	Заключение	перспективы развития измерительной техники, автоматизация измерений

10. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер листа изменений	Номер протокола заседания кафедры	Дата заседания кафедры	Всего листов в документе	Подпись ответственного за внесение изменений

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	3
2.1. Междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) дисциплинами.....	3
2.2. Междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами	3
3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	3
4. ВИДЫ, СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМЫ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ	4
4.1 Содержание разделов дисциплины	4
4.2 Разделы дисциплины и виды занятий	5
5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ И САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	7
5.1. Лабораторный практикум	7
5.2. Практические занятия	7
5.3. Перечень тем рефератов.....	7
5.4 Перечень тем домашних работ	7
5.5 Перечень тем контрольных работ.....	7
5.6 Перечень тем расчетных работ.....	7
5.7 Перечень тем расчетно-графических работ	7
5.8 Тематика коллоквиумов.....	7
6. ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	7
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	7
7.1 Рекомендуемая литература	7
7.1.1 Основная литература	7
7.1.2 Дополнительная литература.....	8
7.1.3 Методические разработки кафедры.....	8
7.2 Программное обеспечение.....	8
7.3 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	8
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
8.1 Общие требования.....	8
8.2 Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием.....	8
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
9.1 Рекомендации для преподавателя	9
9.2 Рекомендации для студента	9
9.3 Перечень контрольных вопросов для подготовки к текущей аттестации по дисциплине	9
9.4 Перечень ключевых слов дисциплины.....	11
10. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ.....	11
СОДЕРЖАНИЕ.....	12