

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Кафедра « Промышленная электроника »

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

И.В. Макурин

« 14 » декабря 20 17 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины « Метрология и технические измерения »

основной профессиональной образовательной программы
подготовки бакалавров по направлению
11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»,
профиль «Промышленная электроника»

Форма обучения заочная

Технология обучения Традиционная

Комсомольск-на-Амуре 2017

Автор рабочей программы
канд. техн. наук, доцент


« 20 » 06 2016 г.

СОГЛАСОВАНО

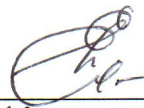
Директор библиотеки


« 20 » 06 2016 г.

Заведующий кафедрой ПЭ


« 20 » 06 2016 г.

(Декан ФЗДО


« 20 » 06 2016 г.

Начальник учебно-методического
управления


« 20 » 06 2016 г.

Введение

Рабочая программа дисциплины «Метрология и технические измерения» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.03.2015 № 218, и основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника».

1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	<u>Метрология и технические измерения</u>							
Цель дисциплины	объединение фундаментальных знаний основных законов и методов проведения исследований с последующей обработкой и анализом результатов исследований на основе использования правил и норм метрологии; формирование навыков оценивания погрешности измерительных систем							
Задачи дисциплины	Формирование знаний, умений и навыков в области метрологии, принципов измерения, теории определения погрешностей измерения; средств измерения физических величин.							
Основные разделы дисциплины	Основы метрологии. Методы и средства измерений. Теория оценки качества измерений. Поверка и калибровка средств измерения. Прикладная метрология. Метрологический контроль и надзор.							
Общая трудоемкость дисциплины	4 з.е. / 144 академических часов							
	Семестр	Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промежуточная аттестация, ч	Всего за семестр, ч
		Лекции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
	3 семестр	6	–	8	–	121	9	144
ИТОГО:		6	–	8	–	121	9	144

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Метрология и технические измерения» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
ОПК-8 Способностью использовать нормативные доку-	З1(ОПК-8-1) Термины и определения в метрологии	У1(ОПК-8-1) Использовать нормативные документы в своей	Н1(ОПК-8-1) Терминами метрологии

менты в своей деятельности		профессиональной деятельности	
	32(ОПК-8-1) Теорию определения погрешностей измерения	У2(ОПК-8-1) Обработать и представлять результаты измерений в соответствии с принципами метрологии и действующими нормативными документами	Н2(ОПК-8-1) Методами определения погрешностей
	31(ОПК-8-2) Средства измерения физических величин	У1(ОПК-8-2) Правильно выбирать и применять средства измерений	Н1(ОПК-8-2) Методами электро-технических измерений
	32(ОПК-8-2) Принципы измерений	У2(ОПК-8-2) Организовывать измерительный эксперимент	Н2(ОПК-8-2) Измерительной техникой

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина *«Метрология и технические измерения»* изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Дисциплина является базовой дисциплиной входит, в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Дисциплина формирует знания, умения и навыки, является основной в освоении компетенции ОПК-8.

Знания, умения и навыки, сформированные дисциплиной *«Метрология и технические измерения»* будут использованы при подготовке и сдаче государственного экзамена.

Входной контроль при изучении дисциплины не проводится.

4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 академических часа.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
	заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	144
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	14
В том числе:	
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	6
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	8
Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа, включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	121
Промежуточная аттестация обучающихся	9

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				компетенции	ЗУН
1	2	3	4	5	6
Раздел 1 Основы метрологии					
Тема 1.1 Основные понятия метрологии. Измерения и физические величины.	Лекция	0,5	традиционная	ОПК-8	31(ОПК-8-1)
Тема 1.2 Международная система (СИ). Меры, эталоны, образцовые и рабочие средства	Лекция	0,5	традиционная	ОПК-8	32(ОПК-8-1)
Расширение пределов измерения амперметра и вольтметра	Лабораторная работа 1	1	экспериментальная установка	ОПК-8	У1(ОПК-8-2) У2(ОПК-8-2) Н1(ОПК-8-2) Н2(ОПК-8-2)
	СРС	7	выполнение РГР	ОПК-8	У1(ОПК-8-1) У2(ОПК-8-1) Н1(ОПК-8-1) Н2(ОПК-8-1)
	СРС	13	изучение	ОПК-8	31(ОПК-8-1)

1	2	3	4	5	6
			теоретических разделов дисциплины		32(ОПК-8-1)
ИТОГО по разделу 1	Лекции	1	—	—	—
	Лабораторная работа	1	—	—	—
	СРС	20	—	—	—
Раздел 2 Методы и средства измерений					
Тема 2.1 Основное уравнение измерений.	Лекция	0,5	традиционная	ОПК-8	31(ОПК-8-2) 32(ОПК-8-2)
Тема 2.2 Виды и методы измерения	Лекция	0,5	традиционная	ОПК-8	31(ОПК-8-2) 32(ОПК-8-2)
Измерение омических сопротивлений и индуктивностей косвенным методом	Лабораторная работа 2	2	экспериментальная установка	ОПК-8	У1(ОПК-8-2) У2(ОПК-8-2) Н1(ОПК-8-2) Н2(ОПК-8-2)
	СРС	7	выполнение РГР	ОПК-8	У1(ОПК-8-1) У2(ОПК-8-1) Н1(ОПК-8-1) Н2(ОПК-8-1)
	СРС	13	изучение теоретических разделов дисциплины	ОПК-8	31(ОПК-8-2) 32(ОПК-8-2)
ИТОГО по разделу 2	Лекции	1	—	—	—
	Лабораторные работы	2	—	—	—
	СРС	20	—	—	—
Раздел 3 Теория оценки качества измерений					
Тема 3.1 Теория погрешностей.	Лекция	0,5	традиционная	ОПК-8	31(ОПК-8-1) 32(ОПК-8-1) 32(ОПК-8-2)
Тема 3.2 Статистические методы и алгоритмы обработки результатов многократных измерений.	Лекция	0,5	традиционная	ОПК-8	31(ОПК-8-1) 32(ОПК-8-1) 32(ОПК-8-2)
Стандартная обработка результатов многократных измерений	Лабораторная работа 3	1	экспериментальная установка	ОПК-8	У1(ОПК-8-2) У2(ОПК-8-2) Н1(ОПК-8-2) Н2(ОПК-8-2)
	СРС	7	выполнение РГР	ОПК-8	У1(ОПК-8-1) У2(ОПК-8-1) Н1(ОПК-8-1) Н2(ОПК-8-1)
	СРС	13	изучение теоретических разделов дисциплины	ОПК-8	31(ОПК-8-1) 32(ОПК-8-1) 32(ОПК-8-2)
ИТОГО по разделу 3	Лекции	1	—	—	—
	Лабораторные работы	1	—	—	—
	СРС	20	—	—	—

1	2	3	4	5	6
Раздел 4 Поверка и калибровка средств измерения					
Тема 4.1 Теория точности средств измерений.	Лекция	0,5	традиционная	ОПК-8	31(ОПК-8-1) 32(ОПК-8-1)
Тема 4.2 Поверка средств измерения.	Лекция	0,5	традиционная	ОПК-8	31(ОПК-8-1) 32(ОПК-8-1)
Поверка однофазного счетчика электрической энергии индукционной системы	Лабораторная работа 4	1	экспериментальная установка	ОПК-8	У1(ОПК-8-2) У2(ОПК-8-2) Н1(ОПК-8-2) Н2(ОПК-8-2)
	СРС	7	выполнение РГР	ОПК-8	У1(ОПК-8-1) У2(ОПК-8-1) Н1(ОПК-8-1) Н2(ОПК-8-1)
	СРС	13	изучение теоретических разделов дисциплины	ОПК-8	31(ОПК-8-1) 32(ОПК-8-1)
ИТОГО по разделу 4	Лекции	1	—	—	—
	Лабораторные работы	1	—	—	—
	СРС	20	—	—	—
Раздел 5 Прикладная метрология					
Тема 5.1 Измерения электрических величин.	Лекция	0,5	традиционная	ОПК-8	31(ОПК-8-2) 32(ОПК-8-2)
Тема 5.2 Электрические измерения неэлектрических величин.	Лекция	0,5	традиционная	ОПК-8	31(ОПК-8-2) 32(ОПК-8-2)
Измерение коэффициента мощности при различных видах нагрузок	Лабораторная работа 5	1	экспериментальная установка	ОПК-8	У1(ОПК-8-2) У2(ОПК-8-2) Н1(ОПК-8-2) Н2(ОПК-8-2)
	СРС	8	выполнение РГР	ОПК-8	У1(ОПК-8-1) У2(ОПК-8-1) Н1(ОПК-8-1) Н2(ОПК-8-1)
	СРС	13	изучение теоретических разделов дисциплины	ОПК-8	31(ОПК-8-2) 32(ОПК-8-2)
ИТОГО по разделу 5	Лекции	1	—	—	—
	Лабораторные работы	1	—	—	—
	СРС	21	—	—	—
Раздел 6 Метрологический контроль и надзор					
Тема 6.1 Основные методы и схемы поверки	Лекция	1	традиционная	ОПК-8	31(ОПК-8-1) 32(ОПК-8-1)
Поверка электроизмерительных показывающих приборов	Лабораторная работа 6	2	экспериментальная установка	ОПК-8	У1(ОПК-8-2) У2(ОПК-8-2) Н1(ОПК-8-2) Н2(ОПК-8-2)
	СРС	20	изучение теоретических раз-	ОПК-8	31(ОПК-8-1) 32(ОПК-8-1)

1	2	3	4	5	6
			делов дис- циплины		
ИТОГО по разделу 6	Лекции	1	–	–	–
	Лаборатор- ные работы	2	–	–	–
	СРС	20	–	–	–
Промежуточная аттестация по дисциплине		9	Экзамен	–	–
ИТОГО по дисциплине	Лекции	6	–	–	–
	Лаборатор- ные работы	8	–	–	–
	СРС	121	–	–	–
ИТОГО: общая трудоемкость дисциплины 144 часа, в том числе с использованием активных методов обучения 8 часов					

6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину *«Метрология и технические измерения»*, состоит из следующих компонентов: *изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к лабораторным занятиям; подготовка и оформление РГР.* Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1) Поверка электроизмерительных показывающих приборов: методические указания к лабораторной работе. /сост.: С.В. Рудько, Н.Н. Любушкина. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2010. – 13 с.

2) Поверка однофазного счетчика электрической энергии индукционной системы: методические указания к лабораторной работе. /сост.: С.В. Рудько, Н.Н. Любушкина. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2010. – 13 с.

3) Измерение омических сопротивлений и индуктивностей косвенным методом: методические указания к лабораторной работе. /сост.: С.В. Рудько, Н.Н. Любушкина. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2010. – 12 с.

4) Расширение пределов измерения амперметра и вольтметра: методические указания к лабораторной работе. /сост.: Е.П. Иванкова. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2011. – 8 с.

5) Измерение активной мощности в трехфазных цепях: методические указания к лабораторной работе. /сост.: Е.П. Иванкова. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2011. – 6 с.

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 4.

Таблица 5 – Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов при 18-недельном семестре

Вид самостоя- тельной работы	Часов в неделю																		Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Подготовка к лабораторным занятиям												1	2	2	2	2	2	2	13
Изучение теоретических разделов дисциплины	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	72
Подготовка и оформление РГР	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
ИТОГО в 3 семестре	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	8	8	8	8	8	8	121

7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Разделы 1 – 6	У1(ОПК-8-2) У2(ОПК-8-2) Н1(ОПК-8-2) Н2(ОПК-8-2)	Защита лабораторных работ	Аргументированность ответов
Разделы 1,2,3,4,5	У1(ОПК-8-1) У2(ОПК-8-1) Н1(ОПК-8-1) Н2(ОПК-8-1)	РГР	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 1 – 6	З1(ОПК-8-1) З2(ОПК-8-1) З1(ОПК-8-2) З2(ОПК-8-2)	Вопросы к экзамену	Полнота и аргументированность ответов

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
3 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме экзамена</i>				
1	Лабораторная работа 1	в течение сессии	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
2	Лабораторная работа 2	в течение сессии	5 баллов	
3	Лабораторная работа 3	в течение сессии	5 баллов	
4	Лабораторная работа 4	в течение сессии	5 баллов	
5	Лабораторная работа 5	в течение сессии	5 баллов	
6	Лабораторная работа 6	в течение сессии	5 баллов	
7	РГР	в течение	20 баллов	20 баллов – студент показал отличные навыки

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
		семестра		применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 15 баллов – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 10 баллов – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
Текущий контроль:		-	50 баллов	-
1	Экзамен	сессия	50	50 – студент владеет знаниями в полном объеме, самостоятельно, логически последовательно и исчерпывающе отвечает на поставленные вопросы; 40 – студент владеет знаниями почти в полном объеме (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах; 30 – студент владеет только обязательным минимумом знаний по дисциплине; 0 – студент не освоил обязательного минимума знаний, не способен ответить на поставленный вопрос
Промежуточная аттестация:		-	50 баллов	–
ИТОГО:			100 баллов	–
Критерии оценки результатов обучения по дисциплине: 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый, минимальный уровень); 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий, максимальный уровень)				

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Защита лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Расширение пределов измерения амперметра и вольтметра

Какой вид имеет схема включения наружных шунтов?

Определите сопротивление шунта для измерительного механизма с током полного отклонения 5 мА и $R_{\text{им}} = 3 \text{ Ом}$, если нужно измерить ток 150 А.

Каким должно быть сопротивление шунта к миллиампер-метру, рассчитанному на 75 мВ, с током полного отклонения 7,5 мА для измерения тока 7,5 А?

Какой ток можно измерить прибором, рассчитанным на 10 мА ($R_{\text{им}} = 10 \text{ Ом}$), если его включить с шунтом, сопротивление которого $R_{\text{ш}} = 0,01 \text{ Ом}$?

Какие вспомогательные элементы применяются для изменения пределов измерения магнитоэлектрических вольтметров?

Какого порядка должно быть сопротивление добавочного резистора к измерительному механизму с $R_0 = 1 \text{ Ом}$ и падением напряжения на рамке $U_0 = 10 \text{ мВ}$, для получения вольтметра с $U_{\text{н}} = 10 \text{ В}$?

До какого значения напряжения будет расширен предел измерения вольтметра с сопротивлением рамки $R_0 = 1 \text{ Ом}$ и падением напряжения на ней $U_0 = 10 \text{ мВ}$ при включении добавочного резистора $R_{\text{д}} = 100000 \text{ Ом}$?

Лабораторная работа 2. Измерение омических сопротивлений и индуктивностей косвенным методом

Что понимают под измерением сопротивления?

Почему при определении сопротивления по методу амперметра и вольтметра следует применять различные схемы включения измерительных приборов?

Какие сопротивления при определении по методу вольтметра и амперметра принято считать «большими» и какие «малыми»?

В чем суть косвенного метода измерения?

Зависит ли схема включения амперметра, вольтметра, ваттметра от значения неизвестного сопротивления катушки индуктивности?

Определите суммарное сопротивление двух последовательно соединенных образцовых катушек сопротивления при: а) $R = (10 \pm 0,05)$; б) $R = (1 \pm 0,02) \text{ Ом}$.

Какова относительная погрешность измерения напряжения переменного тока электромагнитным вольтметром при положении переключателя рода работы на постоянном токе, если прибор показывает 128 В при напряжении 127 В.

Проведены три группы измерений сопротивления одной и той же образцовой катушки и получены следующие результаты, Ом: а) $x = 100,145 \pm 0,005$; б) $x = 100,115 \pm 0,20$; в) $x = 100,165 \pm 0,010$. Путем дальнейшей обработки результатов найдите погрешность средневзвешенного.

Для измерения напряжения от 80 В до 120 В с относительной погрешностью, не превышающей 4 %, был заказан вольтметр, имеющий класс точности 0,5 и верхний предел измерений 150 В. Удовлетворяет ли от поставленным условиям?

Лабораторная работа 3. Стандартная обработка результатов многократных измерений

В каких случаях проводят измерения с многократными независимыми наблюдениями? Что принимают за результат таких измерений?

Дайте определение следующих понятий: доверительная вероятность, доверительная граница случайной погрешности измерения, промах, неисключенный остаток систематической погрешности измерения.

Что такое доверительный интервал?

Назовите основные числовые характеристики ряда наблюдений.

Когда проводится стандартная процедура обработки результатов измерений с многократными наблюдениями, в чем она заключается?

Чем отличается дисперсия ряда наблюдений от дисперсии результата измерений?

Лабораторная работа 4. Поверка однофазного счетчика электрической энергии индукционной системы

Как создается вращающий момент в измерительном механизме индукционного типа. Объясните физику процесса, дайте математическое выражение момента.

Чему должен быть пропорционален вращающий момент в счетчиках индукционного типа и как это обеспечивается.

Каким образом и, с какой целью создается компенсационный момент. Объясните физику его возникновения.

Поясните, почему число оборотов диска счетчика пропорционально учитываемой энергии.

С какой целью магнитный поток катушки напряжения разделен на два потока рабочий и нерабочий.

Какие условия необходимо выполнить, чтобы вращающий момент в измерительном механизме индукционного типа был пропорционален активной мощности.

Лабораторная работа 5. Измерение коэффициента мощности при различных видах нагрузок

Запишите уравнение шкалы фазометра

Каким образом можно произвести расчет $\cos\varphi$ по значениям P , U , I ?

В каких случаях, и по каким схемам можно измерить активную мощность 3-х фазной системы одним однофазным ваттметром?

Когда для измерения активной мощности 3-х фазной системы можно пользоваться схемой двух ваттметров?

Устройство и принцип действия 3-х фазного ваттметра.

Лабораторная работа 6. Поверка электроизмерительных показывающих приборов

Каким должно быть соотношение классов точности образцового и поверяемого амперметров?

Что понимается под поверкой средств измерений?

Прибор какого класса точности следует выбрать для поверки амперметра класса 1,5; 2,5?

Что такое класс точности измерительного прибора?

Какие варианты способа сличения показаний поверяемого и образцового приборов Вам известны?

Как проверяют соответствие поверяемого прибора указанному на шкале классу точности?

Возможно ли проведение поверки вольтметра класса 0,5 с помощью вольтметра класса 0,2?

Определите цену деления ваттметра при: $U_n = 300 \text{ В}$, $I_n = 1 \text{ А}$,

$A_n = 150$; $U_n = 450 \text{ В}$, $I_n = 5 \text{ А}$, $A_n = 150$; $U_n = 150 \text{ В}$, $I_n = 2 \text{ А}$, $A_n = 300$.

Показания вольтметра с диапазоном измерений от 0 В до 150 В равны 51,5 В. Показания образцового вольтметра, включенного параллельно с первым – 50,0 В. Определить относительную и приведенную погрешности рабочего вольтметра.

РГР

Обработка результатов измерений при наличии случайных погрешностей

Если в результате многократных измерений физической величины были получены выборка случайных значений $\{X\}$, то после проведения ее статистической обработки следует указать интервал значений от X_1 до X_2 , в котором заключено истинное значение измеряемой величины. Этот интервал называется доверительным, а численные значения X_1 и X_2 называются границами доверительного интервала. Соответственно, вероятность нахождения истинного значения величины в границах ($X_1; X_2$) называется доверительной вероятностью.

Доверительный интервал может быть выражен через среднее арифметическое выборки ряда наблюдений (A) и граничные значения погрешностей относительно среднего арифметического (ε_1 и ε_2). Надежность доверительного интервала задает доверительная вероятность, определяемая как вероятность нахождения случайной погрешности (ε) в границы доверительного интервала.

Поскольку деление погрешностей на систематические и случайные достаточно условно, то иногда, принято систематические погрешности также оценивать по методике, справедливой для случайных величин, с применением равномерного или треугольного закона распределения плотности вероятности.

Внешние воздействия определяют характер поведения случайных погрешностей и приводят к тому, что сам ряд данных многократного наблюдения $\{X_i\}$, $i = 1 \dots n$ становится выборкой случайных величин. При большом числе возмущающих факторов их суммарное воздействие вызывает появление случайных погрешностей, подчиняющихся нормальному закону распределения плотности вероятности.

Задание 1. Для выборки экспериментальных данных, полученных при измерении выходного напряжения генератора, определить границы доверительного интервала при заданной доверительной вероятности P_d . Расчеты проводить в первом случае с использованием таблиц нормального закона, во втором - таблиц Стьюдента. Объяснить разницу полученных результатов. При измерении используется цифровой вольтметр. В таблице для вариантов приведены номер выборки, доверительная вероятность P_d , класс точности вольтметра c/d и предел измерения U_k . Числовые данные конкретной выборки необходимо взять из таблице:

Вариант	Выборка	P_d	U_k , В	c/d	Вариант	Выборка	P_d	U_k , В	c/d
1	1	0,5	1	0,1/0,05	2	3	0,6	10	0,5/0,05
3	1	0,6	1	0,2/0,1	4	3	0,7	10	0,2/0,1
5	1	0,7	1	0,2/0,05	6	3	0,8	10	4,0/1,5
7	1	0,8	1	0,5/0,005	8	3	0,9	10	0,1/0,05
9	1	0,9	1	1,0/0,1	10	3	0,95	10	0,2/0,1
11	2	0,95	1	1,5/0,1	12	4	0,98	100	0,5/0,05
13	2	0,98	1	4,0/1,5	14	4	0,99	100	4,0/1,5
15	2	0,99	1	0,1/0,05	16	4	0,997	100	0,5/0,005
17	2	0,997	1	0,2/0,1	18	4	0,5	100	4,0/1,5
19	2	0,5	1	1,1/0,05	20	4	0,6	100	0,2/0,05

Выборка	Единица измерения	$\{U_i\}, i = 1 \dots 10$
1	мВ	952,5; 957,0; 955,5; 953,0; 954,5; 954,9; 955,1; 956,8; 955,2; 952,5

2	мВ	852,5; 857,0; 855,5; 853,0; 854,5; 854,9; 854,8; 855,1; 855,2; 852,5
3	В	7,551; 7,562; 7,549; 7,538; 7,525; 7,555; 7,545; 7,545; 7,555; 7,525
4	В	85,61; 85,52; 85,39; 85,48; 85,25; 85,55; 85,45; 85,45; 85,55; 85,22

После завершения решения задачи результат должен быть представлен следующими численными значениями: среднее арифметическое выборки, граничные значения погрешностей, границы доверительного интервала и доверительная вероятность.

Задание 2. Определение доверительной вероятности при заданном доверительном интервале. Для выборки случайных величин задания 1 определить значение доверительной вероятности, если заданы граничные значения погрешностей в процентном отношении к среднему арифметическому: ε_1 – нижняя граница, ε_2 – верхняя граница. Значения ε_1 и ε_2 приведены в таблице:

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ε_1 , %	-0,1	0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,05	-0,02	0	0	-0,1
ε_2 , %	0,2	0,2	0,1	0,1	0	0,05	0,05	0,05	0,1	0,15
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ε_1 , %	-0,01	-0,05	-0,05	-0,1	-0,02	-0,02	-0,015	-0,1	-0,1	-0,05
ε_2 , %	0,01	0,02	0,1	0,05	0,02	0,01	0,02	0,15	0,2	0,05

Задание 2 рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

Используя вычисленные ранее значение «А» рассчитать ε_1 и ε_2 (границы погрешности). Затем по формуле определить безразмерные коэффициенты t_1 и t_2 и по таблицам найти доверительную вероятность P_d . Форма записи результата:

$$P[X_1 \leq M \leq X_2] = P_d,$$

где доверительная вероятность определяется по таблицам нормального закона и закона Стьюдента.

Инструментальные погрешности и формы их представления

Инструментальные погрешности цифровых вольтметров обычно описываются трехчленной формулой относительной погрешности:

$$\delta = \left[c + d \left(\frac{U_k}{U} - 1 \right) \right],$$

где δ , c и d – выраженные в процентах максимальные относительные погрешности;

U_k – верхняя граница диапазона измерения вольтметра (конечное значение шкалы прибора);

U – текущее значение измеряемой величины.

Изменяя текущее значение напряжения, можно построить график распределения относительной погрешности (модуля) по диапазону измерения.

Задание 3. Построить графики распределения относительной и абсолютной погрешностей по диапазону измерения для цифрового вольтметра. Рассчитать значения относительной и абсолютной погрешностей, которые соответствуют среднему арифметическому значению выборки «А», определенному в задании 1. найти относительную погрешность среднего арифметического $\delta(A)$. Определить абсолютную максимальную погрешность в точке шкалы соответствующей значению «А»:

$$Q = \delta(A) \cdot A / 100 \, \%.$$

Данные необходимо взять из таблицы для задания 1.

При начертании графиков следует придерживаться масштаба и указывать размерность величин, отложенных по координатным осям.

Обработка результатов измерений с учетом инструментальных погрешностей

Абсолютная погрешность, определенная по таблице, является максимальной с вероятностью 100 %, т.е. реальная погрешность никогда не превысит расчетную. Результирующая вероятность при наличии двух составляющих погрешности (инструментальной и случайной) определяется произведением вероятностей. Так как одна из вероятностей (для инструментальной погрешностей) равна 1, то общая вероятность будет определяться случайной составляющей и, следовательно, она равна доверительной вероятности, которую можно взять из таблицы для задания 1.

Однако следует учесть, что интервал, в котором находится истинное значение измеряемой величины, при этом расширится. Для определения нового интервала инструментальную погрешность представляют как случайную, распределенную по равномерному (или треугольному) закону.

Среднеквадратическое значение для этой инструментальной погрешности определяется по формулам: для равномерного закона

$$\sigma(Q) = Q / \sqrt{3}.$$

Суммарная среднеквадратическая погрешность запишется:

$$Q(\varepsilon, Q) = \sqrt{\sigma^2(Q) + (A)^2}.$$

Для определения суммарных граничных значений погрешностей «Δг» следует вычислить новое значение безразмерного коэффициента «tr»

$$tr = (\varepsilon_i + Q) / (s(A) + \sigma(Q)),$$

где ε_i принимает значение $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ в зависимости от того, какая граница (нижняя или верхняя) определяется. Окончательно граничные значения погрешности запишутся:

$$\Delta g = tr \cdot \sigma(\varepsilon, Q).$$

Соответственно определяются границы доверительного интервала:

$$X_1 = A - \Delta g_1, X_2 = A + \Delta g_2.$$

Задание 4. Определить доверительный интервал для заданной доверительной погрешности с учетом инструментальной погрешности, используя описанную методику. Данные своего варианта необходимо взять из таблицы для задания 1. Все расчеты произвести с использованием распределения Стьюдента. Результат записать в стандартной форме, указав границы доверительного интервала и доверительную вероятность.

Методические погрешности, возникающие при измерении вольтметром периодических сигналов сложной формы

В подавляющем большинстве случаев необходимо иметь информацию о действующем (среднеквадратическом) значении сигнала сложной формы. Поэтому наиболее востребованными являются приборы, измеряющие действующее значение напряжения. Однако при конструировании таких приборов возникает ряд трудностей, связанных с обеспечением широкого частотного диапазона и высокой точности. Для нахождения действующего значения напряжения используют приборы, измеряющие амплитудное или средневыпрямленное значение сигнала. На шкале таких приборов указывается действующее значение конкретного сигнала, а именно гармонического. Найти величину действующего значения напряжения сложной по показаниям вольтметра, реагирующего на его амплитудное или сред-

невыпрямленное значение и проградуированного в действующих значениях синусоиды, оказывается возможным благодаря тому, что между параметрами сигнала существует связь через коэффициенты амплитуды и формы

$$K_a = U_m / U_D; \quad K_\phi = U_D / U_{св}.$$

Численные значения этих коэффициентов для сигналов разной формы различны. В настоящем разделе используются три периодических сигнала: гармонический, меандр, однополярные прямоугольные импульсы длительностью τ с периодом следования T . Значения коэффициентов амплитуды и формы для этих сигналов приведены в таблице:

Вид сигнала	K_a	K_ϕ
Гармонический	1,41	1,11
Меандр	1,0	1,0
Прямоугольные импульсы	$\sqrt{T/\tau}$	$\sqrt{T/\tau}$

Если данные сигналы подать на вольтметры с преобразователями переменного тока в постоянный ток или напряжение, то показания этих приборов будут различными: они определяются типом преобразователя и градуировкой шкалы.

Прибор с преобразователем действующего значения будет показывать действующее значение сигнала любой формы. Вольтметр с преобразователем средневыпрямленного значения должен показывать средневыпрямленное значение, однако, так как при градуировке на шкале указали действующее значение синусоиды, то показания прибора

$$U_\Pi = 1,11 U_{ср}.$$

Вольтметр с амплитудным преобразователем и закрытым входом измеряет амплитуду переменной составляющей сигнала, однако, поскольку прибор был отградуирован в действующих значениях синусоиды, то его показания определяются по формуле

$$U = (U_m - U_0) / 1,41,$$

где $U_0 = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt$ – постоянная составляющая сигнала, определяемая как первый член разложения функции сигнала в ряд Фурье

Задание 5. Определить показания ниже перечисленных приборов, на которые поочередно подаются сигналы с одинаковой амплитудой, но имеющие различную форму.

1) Вольтметр, с преобразователем действующего значения (квадратичный детектор).

2) Вольтметр, с преобразователем средневыпрямленного значения (линейный детектор).

3) Вольтметр, с амплитудным преобразователем и конденсатором, включенным последовательно (амплитудный детектор с закрытым входом).

Все приборы отградуированы в действующих значениях синусоидального сигнала. Сигналы, которые следует подать, имеют одинаковую амплитуду $U_m = 10 \cdot N$, [В], где N – номер варианта. Рассматриваются три типа сигналов:

1) Гармонический сигнал.

2) Меандр.

3) Однополярные прямоугольные импульсы длительностью $\tau = 10 \cdot N$, [мкс] и частотой следования 5000 Гц.

При расчете показаний следует иметь в виду, что в импульсном напряжении (сигнал 3) присутствует постоянная составляющая, которая может быть определена как среднее значение сигнала.

Порядок решения: используя коэффициенты амплитуды и формы из таблицы, найти среднее, средневывпрямленное и действующее значения для каждого сигнала, и только после этого используя формулы перерасчета показаний вольтметров, определить, что покажет каждый прибор при измерении напряжения 1, 2, 3.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Контрольные вопросы к экзамену

- 1) Понятие физической величиной и ее измерения. Классификация физических величин (аналоговые, дискретные, активные, пассивные).
- 2) Принципы построения систем единиц физических величин. Основные, производные единицы и их размерности.
- 3) Система единиц физических величин СИ. Ее отличительные особенности. Основные и дополнительные, кратные и дольные единицы.
- 4) Виды измерений – прямые, косвенные, совместные, совокупные.
- 5) Методы измерений – непосредственной оценки, метод сравнения (разновидности, достоинства, недостатки).
- 6) Понятие погрешности измерения. Погрешность систематическая, случайная, промахи; абсолютная, относительная. Пояснить на примерах.
- 7) Классификация погрешностей измерения в зависимости от причин возникновения: инструментальная, методическая, субъективная и др. привести примеры.
- 8) Погрешности средств измерений: классификация и способы математического выражения. Пояснить на примерах.
- 9) Нормирование погрешности средств измерений. Аддитивная и мультипликативная составляющая. Класс точности.
- 10) Систематические погрешности измерения и способы их уменьшения
- 11) Гистограммы и кривые распределения случайных величин, плотность распределения. Генеральная совокупность, выборка.
- 12) Распределение случайных погрешностей измерения. Вероятность, плотность распределения вероятностей. Нормальный закон распределения Гаусса.
- 13) Доверительный интервал и доверительная вероятность. Правило трех сигма.
- 14) Коэффициент Стьюдента. Алгоритм обработки результатов ряда равно- точных измерений.
- 15) Полная погрешность измерения и ее составляющие. Случаи сочетания погрешностей.
- 16) Полная погрешность измерения и ее составляющие. Случаи суммирования систематической и случайной погрешностей.
- 17) Среднеквадратичная погрешность нескольких серий измерений.
- 18) Законы сложения случайных погрешностей.
- 19) Погрешность косвенных измерений.
- 20) Методическая погрешность при измерении постоянных токов и напряжений.
- 21) Конструкция аналогового электромеханического измерительного прибора: механизмы для создания вращающего и противодействующего момента, шкалы, стрелки, успокоители.
- 22) Магнитоэлектрические измерительные приборы: принцип действия, устройство, область применения, метрологические характеристики.

- 23) Электродинамические измерительные приборы: принцип действия, устройство, область применения, метрологические характеристики.
- 24) Электромагнитные измерительные приборы: принцип действия, устройство, область применения, метрологические характеристики.
- 25) Электростатические измерительные приборы: принцип действия, устройство, область применения, метрологические характеристики.
- 26) Логометры. Рассмотреть на примере магнитоэлектрического логометра.
- 27) Масштабные измерительные преобразователи. Шунты, делители напряжения, какими они характеризуются параметрами, где применяются.
- 28) Измерительные трансформаторы. Устройство, принцип действия, метрологические характеристики, область применения.
- 29) Цифровые измерительные приборы и преобразователи
- 30) Методы измерения постоянного тока.
- 31) Методы измерения постоянного напряжения.
- 32) Методы измерения переменного тока и напряжения.
- 33) Методы измерения электрической мощности.
- 34) Методы измерения сопротивления.
- 35) Методы измерения индуктивности, добротности, емкости и тангенса угла потерь.
- 36) Резонансные методы измерения параметров цепей.
- 37) Исследование формы и параметров сигнала: структурная схема универсального осциллографа.
- 38) Исследование формы и параметров сигнала: виды разверток в осциллографе.
- 39) Исследование формы и параметров сигнала: электронно-лучевая трубка (характеристики, конструкция)
- 40) Исследование формы и параметров сигнала: классификация осциллографов.

8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8.1 Основная литература

- 1) Лабковская Р.Я. Метрология и электрорадиоизмерения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р.Я. Лабковская. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2013. — 142 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67299.html>, ограниченный. — Загл. с экрана.
- 2) Латышенко К.П. Технические измерения и приборы. Часть I [Электронный ресурс] : учебное пособие / К.П. Латышенко. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2013. — 480 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20403.html>, ограниченный. — Загл. с экрана.
- 3) Латышенко К.П. Технические измерения и приборы. Часть II [Электронный ресурс] : учебное пособие / К.П. Латышенко. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2013. — 515 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20404.html>, ограниченный. — Загл. с экрана.

8.2 Дополнительная литература

4) Комягин Р.В. Измерения параметров элементов радиотехнических цепей [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Метрология и радиоизмерения» / Р.В. Комягин, В.Л. Хандамиров. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. — 24 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30973.html>, ограниченный. — Загл. с экрана.

5) Шпиганович А.Н. Сравнительный анализ измерительных параметров вольтметров [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторной работе по курсу «Метрология и электрические измерения» / А.Н. Шпиганович, Ю.А. Шурыгин. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 13 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22936.html>, ограниченный. — Загл. с экрана.

6) Латышенко К.П. Метрология и измерительная техника на базе измерительных преобразователей ОВЕН [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / К.П. Латышенко. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2013. — 194 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20396.html>, ограниченный. — Загл. с экрана.

7) Любушкина, Н.Н. Метрология и технические измерения: Учеб. пособие / Н.Н. Любушкина — Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. — 123 с.

9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- 1) Библиотека РФФИ <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>
- 2) Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" <https://cyberleninka.ru/>
- 3) Единое окно доступа к информационным ресурсам <http://window.edu.ru/>

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Изучение дисциплины «Метрология и технические измерения» осуществляется в процессе аудиторных занятий и самостоятельной работы студента. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций и лабораторных занятий. Разделы дисциплин следует изучать последовательно, начиная с первого. Каждый раздел, формирует необходимые условия для создания системного представления о предмете дисциплины.

Самостоятельная работа является наиболее продуктивной формой образовательной и познавательной деятельности студента в период обучения. СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений. СРС включает следующие виды работ:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуальному заданию;
- опережающую самостоятельную работу;
- выполнение РГР;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к мероприятиям текущего контроля;
- подготовку к промежуточной аттестации (экзамену).

Студенту необходимо усвоить и запомнить основные термины, понятия и их определения, подходы, концепции и методики.

Контроль самостоятельной работы студентов и качество освоения дисциплины осуществляется во время аудиторных занятий. Для этого, во время лекций используются элементы дискуссии и контрольные вопросы. Уровень освоения умений и навыков проверяется на лабораторных занятиях. Для этого используются задания, подготовленные студентами во время семестра и предназначенные для текущего контроля (таблица 6).

Промежуточная аттестация (экзамен) производится в конце семестра и также оценивается в баллах. Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов по результатам текущего контроля и баллов, полученных на промежуточной аттестации по результатам экзамена. Максимальный итоговый рейтинг – 100 баллов. Оценке «отлично» соответствует 85 - 100 баллов; «хорошо» – 75 - 84; «удовлетворительно» – 65 - 74; менее 64 – «неудовлетворительно» (смотри таблицу 6).

Расчетно-графическая работа

Задание ориентировано на формирование и развитие у обучающихся умений и навыков расчета и методов определения погрешностей с учетом и использованием действующих нормативных и методических документов университета.

В ходе выполнения РГР студенты закрепляют теоретические знания, полученные при изучении дисциплины, глубже знакомятся с практическими методами расчета погрешностей. Студенты учатся принимать обоснованные решения путем сравнения вариантов, логических суждений, рассмотрения основных теоретических положений; умению кратко и точно излагать ход расчета. При выполнении работы студенты глубже изучают основную и специальную литературу, учатся работать с Internet ресурсами.

Содержание

РГР состоит из пояснительной записки. Пояснительная записка должна содержать: введение, основную часть (решение 5 задач), заключение и список использованных источников.

Пояснительную записку представляют к защите в сброшюрованном виде. Примерный объем пояснительной записки 10 – 15 с.

Выполненная пояснительная записка должна удовлетворять нормативным документам университета, с которыми можно ознакомиться в отделе стандартизации или на сайте университета. Отступления от указанных требований могут служить основанием для возврата работы на исправление.

11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины «*Метрология и технические измерения*» основывается на активном использовании Microsoft Office в процессе подготовки РГР.

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий.

12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для реализации программы дисциплины «*Метрология и технические измерения*» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
108/3	Лаборатория электротехнических измерений	Стенд НТЦ-08. Электрические измерения	Экспериментальная установка
		Осциллограф С1-178	