

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метрологии и управления качеством

Допущены
к проведению занятий в 2016-2017 уч.году
Заведующий кафедрой
Доцент Кремчеев Э.А.

«__» сентября 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
для проведения практических занятий по учебной дисциплине

**«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И
ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ»**

Направление подготовки: *11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»*

Профиль: *«Промышленная электроника»*

Разработал: *доцент Сытько И.И.*

*Обсуждены и одобрены на заседании кафедры
Протокол № 7 от 31 августа 2016 г.*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2016**

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Метрология, стандартизация и технические измерения» относится к циклу профессиональных дисциплин и изучается студентами в течение 6 семестра.

В рамках курса изучаются теоретические основы метрологии и стандартизации, принципы действия средств измерений и методы измерений типовых физических величин; основные метрологические правила, требования и нормы; правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей измерений; порядок выбора методов и средств измерений.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и предназначены для студентов направления бакалавриата 11.03.04 – «Электроника и нанoeлектроника».

Методические указания включают теоретическое введение, практические и домашние задания и указания к их выполнению.

В соответствии с учебным расписанием со студентами проводится 8 практических занятий. После выполнения практической части заданий студенты защищают свою работу, отвечая преподавателю на вопросы по теме занятия.

Целью практических занятий является закрепление знаний, полученных при изучении теоретического курса дисциплины «Метрология, стандартизация и технические измерения», умение решать задачи, связанные с измерением различных физических величин, правильно выбирать и применять средства измерений, осуществлять обработку результатов измерений и оценивания погрешностей измерений, производить расчет рядов взаимосвязанных параметров и заполнять бланк сертификата соответствия.

Варианты и значения исходных данных практических заданий определяются студентами в соответствии с его собственным шифром.

При выполнении практических заданий условие заданий переписываются полностью. Каждый расчет следует сопровождать необходимым пояснением, приведением необходимого расчетного выражения и анализом полученных результатов.

Для самоконтроля знаний при подготовке к практическим занятиям после каждого практического занятия приведены контрольные вопросы, на которые студентам необходимо ответить. В методических указаниях приведен библиографический список, которым студенты могут воспользоваться как при подготовке к практическим занятиям, так и при выполнении домашних заданий.

Практическое занятие № 1. Применение теории размерности для проверки правильности формул

Цель занятия – умение применять правила теории размерности для проверки правильности формул.

Основные теоретические положения

Измерение как основной объект метрологии связаны с физическими величинами, так и с величинами, относящимися к другим наукам. Далее будут рассматриваться понятия, относящиеся к физическим величинам.

Качественной характеристикой физических величин является размерность [1, 3]. Она обозначается символом dim , происходящим от слова *dimension*, которое в зависимости от контекста может переводиться и как размер, и как размерность.

Размерность основных физических величин обозначается соответствующими заглавными буквами. Для длины, массы и времени, например,

$$dim \ell = L; \quad dim m = M; \quad dim t = T.$$

Размерность производных физических величин через размерности основных физических величин выражается с помощью степенного одночлена

$$dim Q = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} I^{\varphi} \Theta^{\eta} N^{\nu} J^{\nu} \quad (1)$$

где L, M, T, \dots – размерности соответствующих основных физических величин;
 $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ – показатели размерности.

Каждый из показателей размерности может быть положительным или отрицательным, целым или дробным числом, нулём. Если все показатели размерности равны нулю, то такая величина называется безразмерной. Она может быть относительной, определяемой как отношение одноимённых величин (например, относительная диэлектрическая проницаемость), или логарифмической, определяемой как логарифм относительной величины (например, логарифм отношения мощностей или напряжений).

При определении размерности производных величин руководствуются следующими правилами:

1. Размерности правой и левой частей уравнения не могут не совпадать, т.к. сравниваться между собой могут только одинаковые свойства. Алгебраически могут суммироваться только величины, имеющие одинаковые размерности.

2. Алгебра размерностей мультипликативная, т.е. состоит из одного единственного действия – умножения.

Теория размерности повсеместно применяется для оперативной проверки правильности формул.

Формальное применение алгебры размерностей иногда позволяет определить неизвестную зависимость между физическими величинами.

Задание 1. Задание состоит из 4-х вариантов. Студенты, чей шифр оканчивается на четную цифру, решают четные варианты; те, чей шифр оканчивается на нечетную цифру – нечетные. При решении вариантов задания необходимо использовать ГОСТ 8.417-2002. «ГСИ. Единицы величин».

Вариант 1. Скорость электрона в электрическом поле определяется выражением

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m_e}},$$

где e – заряд электрона; m_e – масса электрона; U – напряжение в вольтах.

Проверить правильность выведенной формулы.

Вариант 2. Мощность электрического тока определяется по формуле

$$P = I^2 \cdot R,$$

где I – сила электрического тока; R – сопротивление электрической цепи.

Проверить правильность выведенной формулы.

Вариант 3. В результате исследований установлено, что на тело, погруженное в жидкость, действует подъемная сила (выталкивающая), направленная вверх. Очевидно, ее величина равна весу вытесненной телом жидкости. Следовательно, выталкивающая сила F_g должна зависит от объема вытесненной телом жидкости V , плотности жидкости ρ и ускорения свободного падений g . Какой вид этой зависимости.

Вариант 4. Радиус круговой траектории электрона, движущийся в магнитном поле по окружности, определяется по формуле

$$R = \frac{m_e \cdot V}{e \cdot B},$$

где R – радиус круговой траектории электрона; e – элементарный электрический заряд электрона; m_e – масса электрона; B – магнитная индукция; V – скорость электрона.

Проверить правильность выведенной формулы.

Задание 2. Температурная шкала Фаренгейта (F) построена из расчета, что температуре тающего льда $+32 \text{ } ^\circ F$, а температура кипящей воды составляет $+212 \text{ } ^\circ F$. Выведите формулу перевода шкалы Фаренгейта в международную стоградусную шкалу (шкалу Цельсия), укажите, какие температурные точки этих шкал совпадают.

Задание 3. Напишите формулы размерности, выразите через основные единицы системы SI и приведите наименования единиц следующих электрических величин: частоты; энергии; работы, количества теплоты; мощности; количества электричества; электрического напряжения, электрического потенциала, разности потенциалов, электродвижущей силы; электрического сопротивления; электрической проводимости; электрической емкости.

Задание 4. Какие из величин, приведенных в табл.1 относят к: основным единицам системы SI ; производным единицам системы SI ; внесистемным единицам, допустимым к применению наравне с единицами SI ; внесистемным единицам, временно допустимым к применению; относительным; логарифмическим.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	Наименование единицы					
	1	2	3	4	5	6
0	метр	ватт	тонна	процент	люкс	вар
1	вольт-ампер	бар	килограмм	вольт	ампер	бел
2	ампер-час	литр	промилле	секунда	паскаль	фон
3	ньютон	текс	гектар	фарад	ампер	метр
4	морская миля	кулон	децибел	градус	тесла	карат
5	киловатт-час	метр	морская миля	моль	октава	герц
6	кельвин	час	фарад	ватт	литр	узел
7	оборот в секунду	бел	джоуль	ом	кандела	моль
8	оборот в минуту	генри	сименс	декада	литр	гал
9	тесла	сутки	килограмм	непер	вебер	час

Для выполнения задания №4 студент выбирает исходные данные из табл. 1 по последней цифре собственного шифра.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каком году была принята Международная система единиц?
2. С какого года Международная система единиц является обязательной в Советском Союзе и странах Восточной Европы?
3. Сколько основных единиц физических величин включает Международная система единиц физических величин?
4. Почему в отличие от числового значения, значение и размер от выбора единиц не зависит?
5. Приведите примеры относительных величин?
6. Поясните правила определения размерности производных величин?
7. Поясните, как образуют когерентные производные единицы?
8. Приведите примеры логарифмических величин?

Практическое занятие № 2. Применение методов измерения типовых физических величин

Цель занятия – умение правильно выбирать и применять методы измерения типовых физических величин.

Основные теоретические положения

Среди основных элементов процесса измерения следует выделить метод измерения, которые ввиду многообразия физических величин и принципов измерения весьма разнообразны [1, 5 8, 12]. В общем плане классификация методов измерений представлена на рис. 1.

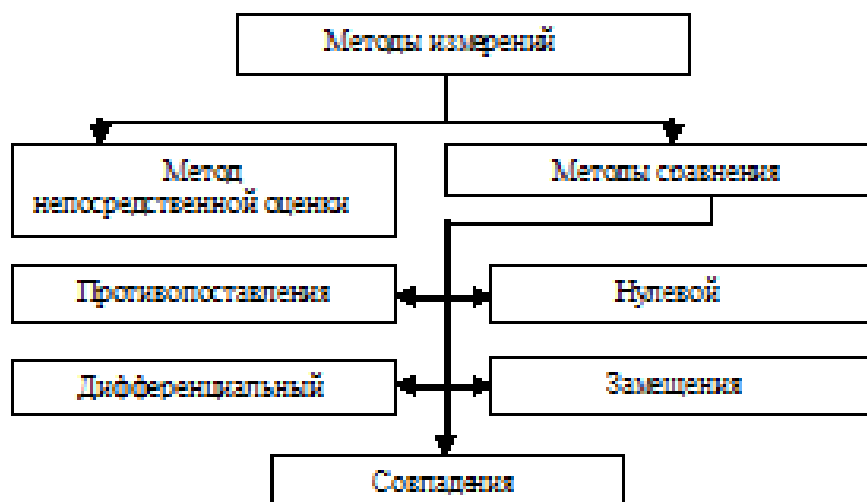


Рис.1. Методы измерений

Метод измерений – это прием или совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

Метод измерения должен иметь минимальную погрешность измерения и способствовать исключению систематических погрешностей или переводу их в разряд случайных [5, 8].

На рис.1 представлена общая схема классификации методов измерений. Однако методы измерения могут быть классифицированы и по другим признакам. Например, по физическому принципу, положенному в основу измерений, по режиму взаимодействия средства измерений с объектом измерений, от условий взаимодействия чувствительного элемента средства измерений и объекта измерений и т.д. [5].

Принцип измерения – это физическое явление или эффект, положенное в основу измерений. Например, явление электрического резонанса в колебательном контуре положено в основу измерения частоты электрического сигнала резонансным методом. Или методы измерения температуры основаны на изменении электрического сопротивления тел при изменении температуры [1, 5].

Методы измерения конкретных физических величин очень разнообразны. В общем плане различают метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

Метод непосредственной оценки состоит в том, что значение измеряемой величины определяется непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора. Измерительный прибор, в котором реализован метод непосредственной оценки, обязательно содержит отсчетное устройство в виде шкалы и стрелочного (светового) указателя или цифрового табло.

Метод сравнения с мерой состоит в том, что измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Метод сравнения с мерой имеет ряд разновидностей (рис.1). Это метод противопоставления, нулевой метод, метод замещения, дифференциальный метод и метод совпадения.

Метод противопоставления состоит в том, что измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на устройство сравнения, с

помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами. Например, измерение массы на рычажных весах с уравновешиванием гирями. Измерение напряжения постоянного тока на компенсаторе сравнением с известным значением ЭДС нормального элемента [4, 5, 12].

Нулевой метод состоит в том, что результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля. Например, измерения электрического сопротивления мостом с полным его уравновешиванием [5] (рис. 2).

Метод замещения заключается в том, что измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины (рис.3). Например, взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов (метод Борда) [1, 5].

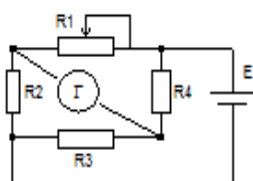


Рис.2. Схема одинарного моста

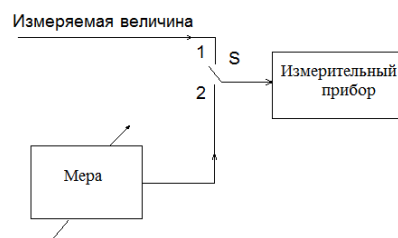


Рис.3. Метод замещения

Дифференциальный метод заключается в том, что измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами. Например, измерение частоты цифровым частотомером с гетеродинным переносчиком частоты (рис.4) [4, 5].

Метод совпадения заключается в том, что разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов (рис.5). Например, измерения частоты вращения стробоскопом или измерение линейных размеров штангенциркулем с нониусной шкалой.

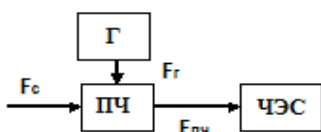


Рис.4. Дифференциальный метод
(Γ – гетеродин, ПЧ – преобразователь частоты, ЧЭС – частотомер электронно-счетный)

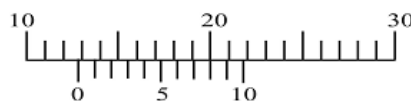


Рис.5. Метод совпадения

Необходимо различать метод измерений и методика выполнения измерений. *Методика выполнения измерения* – это установленная совокупность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с гарантированной точностью в соответствии с принятым методом [8].

Задание 1. Определить значение сопротивления R_x (рис.6), измеренного методом замещения, если при подключении образцового сопротивления R_0 к источнику напря-

жения E отклонение указателя отсчетного устройства гальванометра составило $n_0=50$ делений (положение 1 переключателя S).

При переключении на измеряемое сопротивление R_x (положение 2 переключателя S) отклонение указателя отсчетного устройства гальванометра составило n_x делений. Внутреннее сопротивление гальванометра составляет R_g .

Для выполнения задания №1 студент выбирает исходные данные из табл. 2 по последней цифре собственного шифра.

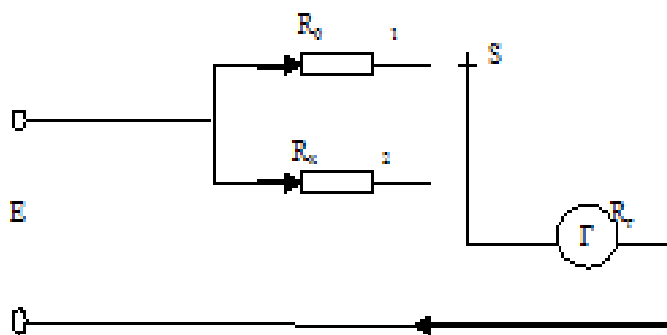


Рис.6. Схема измерения сопротивления методом замещения

Таблица 2

Данные	Последняя цифра шифра		
	1, 2, 3	4, 5, 6	7, 8, 9, 0
n_x , дел.	10	15	20
R_0 , кОм	100	150	200
R_2 , кОм	0,5	0,8	0,4

Задание 2. В схеме аналогового прибора для измерения сопротивления на постоянном токе используется метод одного амперметра (рис.7). Написать выражение, связывающее ток I с элементами цепи: E , $R_{огр}$, R_x и R_a .

Вычислить значение $R_{огр}$ для измерения R_x в диапазоне (0 – 300) кОм, если ЭДС источника составляет E , падение напряжения магнитоэлектрического микроамперметра $U_a=75$ мВ, а ток полного отклонения $I_a=50$ мкА.

Для выполнения задания №2 студент выбирает исходные данные из табл. 3 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 3

Данные	Последняя цифра шифра		
	1, 2, 3	4, 5, 6	7, 8, 9, 0
E , В	1,5	2	2,5

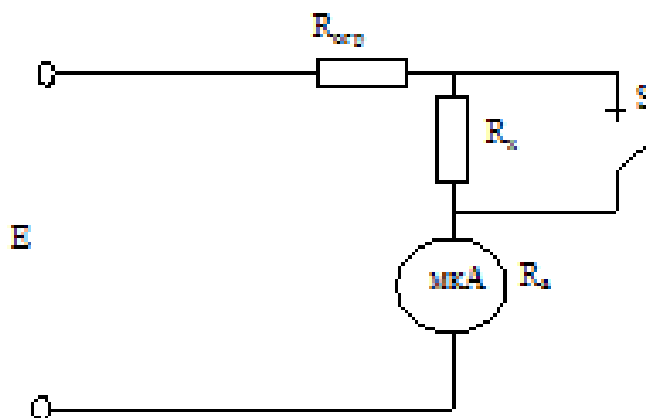


Рис.7. Схема измерения сопротивления методом одного амперметра

Задание 3. В схеме аналогового прибора для измерения сопротивления на постоянном токе используется метод одного амперметра (рис.8). Написать выражение, связывающее ток I с элементами цепи: E , $R_{опр}$, R_x и R_a .

Вычислить значение $R_{опр}$ для измерения R_x в диапазоне (0 – 300) Ом, если ЭДС источника составляет E , падение напряжения магнитоэлектрического микроамперметра $U_a=75$ мВ, а ток полного отклонения $I_a=50$ мкА.

Для выполнения задания №3 студент выбирает исходные данные из табл. 4 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 4

Данные	Последняя цифра шифра		
	1, 2, 3	4, 5, 6	7, 8, 9, 0
$E, В$	1,5	2	2,5

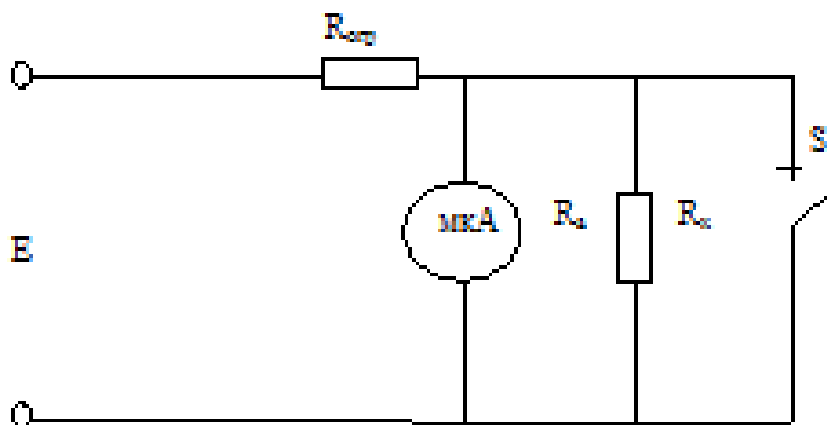


Рис.8. Схема измерения сопротивления методом одного амперметра

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните в чем отличие метода измерения от методики выполнения измерения?

2. Приведите примеры физических явлений или эффектов, положенных в основу измерений электрических величин?

3. Поясните физическую сущность измерения электрического сопротивления на основе использования нулевого метода измерения?

Практическое занятие № 3. Расчет погрешностей измерений

Цель занятия – умение оценивать погрешности прямых и косвенных измерений.

Основные теоретические положения

Погрешность результата однократного измерения оценивается по известным метрологическим характеристикам применяемых средств измерений (СИ) с учетом метода и условий выполнения измерений.

При выполнении однократных измерений в нормальных условиях погрешность измерений определяется пределом абсолютной основной погрешности СИ и вычисляется через его класс точности.

Класс точности СИ – это обобщенная характеристика данного типа СИ, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

Класс точности дает возможность судить о том, в каких пределах находится погрешность СИ одного типа. Классы точности СИ выбирают из ряда (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0)·10ⁿ, n=1; 0; -1; -2 [2].

Примеры обозначения классов точности СИ и формулы для определения пределов допускаемых погрешностей приведены в табл. 5.

При измерениях в условиях отличных от нормальных, доминирующее значение приобретают дополнительные погрешности измерений.

При рабочих условиях измерений абсолютная погрешность определяется по формуле

$$\Delta = \sqrt{\Delta_0^2 + \sum_{j=1}^k \Delta_j^2}, \quad (2)$$

где Δ_0 – основная погрешность СИ; Δ_j – j-ая дополнительная погрешность СИ.

Косвенные измерения [5, 6, 7, 8, 9, 12]. При косвенных измерениях значение неизвестной величины находят путем прямых измерений других величин x_1, \dots, x_n , связанных с величиной y известной зависимостью

$$y = f(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) \quad (3)$$

На практике для оценки погрешностей косвенных измерений эту зависимость линеаризуют и погрешность (абсолютная и относительная) величины y представляют в виде взвешенной суммы погрешностей Δx_i и δx_i по формулам

$$\Delta_y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{df}{dx_i} \right)^2 \cdot \Delta_{x_i}^2} \quad (4)$$

$$\delta_y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{df}{dx_i}\right)^2 \cdot \Delta_{xi}^2} \cdot y^2 \quad (5)$$

Таблица 5

Форма выражения погрешности	Формулы для определения пределов допускаемых погрешностей	Обозначение класса точности на СИ	Примечание
Абсолютная	$\Delta X_{д} = \pm a$	М	
	$\Delta X_{д} = \pm (a + bX)$	С	
Приведенная	$\gamma = \pm (\Delta X_{д} / X_N) \cdot 100 \% = \pm p$	1,5	Если выражено в единицах величин
		∨ 0,5	Если определяется длиной шкалы (ее части)
Относительная	$\delta = \pm (\Delta X_{д} / X) \cdot 100 \% = \pm q$	0,5	
	$\delta = \pm [c + d(X_n / X - 1)] \%$	0,1/0,01	

Формулы для вычислений абсолютных и относительных погрешностей косвенных измерений часто встречающихся функций приведены в табл.6.

Таблица 6

Функция	Погрешность косвенных измерений	
	Абсолютная	Относительная
$x + y + z$	$\pm \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2 + \Delta_z^2}$	$\pm \frac{\sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2 + \Delta_z^2}}{x + y + z}$
$x - y$	$\pm \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}$	$\pm \frac{\sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}}{x - y}$
$x \cdot y$	$\pm \sqrt{y^2 \cdot \Delta_x^2 + x^2 \cdot \Delta_y^2}$	$\pm \sqrt{\left(\frac{\Delta_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_y}{y}\right)^2}$
x^n	$\pm n \cdot x^{n-1} \cdot \Delta_x$	$\pm n \cdot \frac{\Delta_x}{x}$
$\frac{x}{y}$	$\pm \sqrt{\frac{x^2 \cdot \Delta_y^2 + y^2 \cdot \Delta_x^2}{y^4}}$	$\pm \sqrt{\left(\frac{\Delta_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_y}{y}\right)^2}$
$\sin x$	$\pm \cos(x \cdot \Delta_x)$	$\pm ctg(x \cdot \Delta_x)$

Задание 1. Определить абсолютную и относительную поправку к показанию вольтметра, если на входе делителя $R_1 - R_2$ действует напряжение E (рис.9).

Значение $U_{\text{пок}}$, $R_{\text{вх.в}}$, $R_1 = R_2$ указаны в табл. 7. Нестабильностью резисторов R_1 (R_2) пренебречь.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл. 7 по последней цифре собственного шифра.

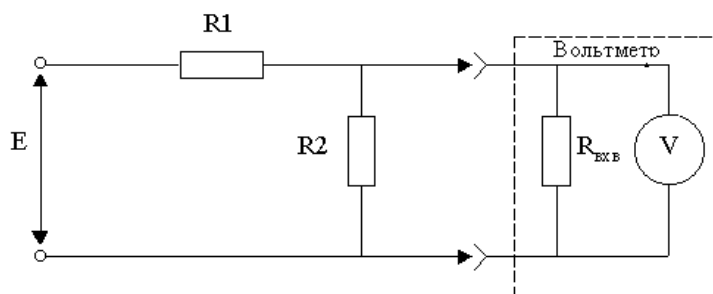


Рис.9. Схема измерения напряжения

Таблица 7

Данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{\text{пок}}$, В	8			20			30			
$R_1(R_2)$, кОм	5	8	10	20	40	50	60	100	150	140
$R_{\text{вх.в}}$, кОм	20	30	40	50	80	100	150	200	250	300

Указания

Необходимо определить напряжение на выходе делителя $R_1 - R_2$, а затем показание вольтметра с учетом влияния входного сопротивления $R_{\text{вх.в}}$. Определить аналитическое выражение для абсолютной поправки к показанию вольтметра, а также аналитическое выражение для относительной поправки. Построить зависимость относительной поправки $\beta_e = F(R_{\text{вх.в}}/R_H)$ от величины соотношения $R_{\text{вх.в}}/R_H = 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3,5; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10$. Сделать вывод о влиянии входного сопротивления вольтметра $R_{\text{вх.в}}$ на показание вольтметра.

Задание 2. Напряжение на нагрузке R измеряется электромеханическим вольтметром. При измерении напряжения, температура окружающей среды достигла t °С, что превышает нормальную температуру, при которой градуируется вольтметр. Определить погрешность измерения напряжения в рабочих условиях, если на каждые 10 °С относительно нормальной температуры, точность вольтметра ухудшается на 50 %.

Значение $U_{\text{пок}}$, $U_{\text{пр}}$, t °С, класс точности (Кл.Т) вольтметра приведены в табл. 8. Шунтирующим действием вольтметра пренебречь.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл. 8 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 8

Данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{пок}$, В	2,5	6	15	8	12	45	60	70	4	30
$U_{пр}$, В	5	10	25	10	15	50	100	100	5	50
t , °С	+40		+45		-10		-15		+35	
Кл.Т	2,5		4,0			2,5/0,5		1,5		

Задание 3. Мощность, рассеиваемая на активной нагрузке R_n измеряется способом амперметра-вольтметра (рис. 10). Амперметр имеет внутренне сопротивление R_a , а вольтметр входное сопротивление $R_{вх.в}$. Определить мощность, рассеиваемую на активной нагрузке, а также по какой схеме целесообразно выполнять измерения мощности с точки зрения обеспечения наименьшей систематической погрешности, обусловленной влиянием приборов. Представить результат в установленной форме.

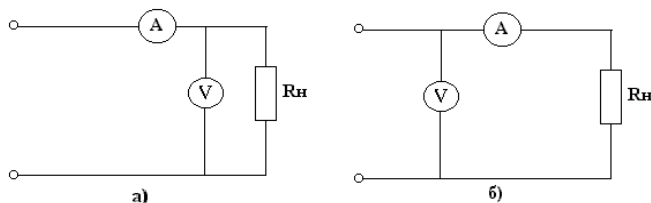


Рис. 10. Схема измерения мощности методом амперметра-вольтметра

Показание приборов, пределы измерения, классы точности, а также значение R_n , R_a , $R_{вх.в}$. приведены в табл. 9.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл. 9 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 9

Данные	Последняя цифра шифра			
	Схема – а		Схема – б	
	0 – 4	5 – 9	0 – 4	5 – 9
$U_{пок}$, В	19,78	18,16	20	20
$U_{пр}$, В	25	25	25	25
$I_{пок}$, мА	2,18	18,35	1,98	18,18
$I_{пр}$, мА	3	20	2	20
Кл.Т. вольтметра	1,5			
Кл.Т. амперметра	1,0			
R_n , кОм	10	1	10	1
R_a , Ом	100			
$R_{вх.в}$, кОм	100			

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое класс точности СИ? В чем различие в обозначении классов точности СИ?
2. Как устанавливают нормирующее значение, если класс точности СИ выражен в форме приведенной погрешности?
3. В чем отличие систематической и случайной погрешности измерения?
4. Как оценивают погрешность косвенных измерений?

Практическое занятие № 4. Обработка экспериментальных данных при многократном измерении

Цель занятия – научиться обрабатывать прямые многократные наблюдения.

Основные теоретические положения

Обработка результатов наблюдений [1, 12], если достоверно известно, что результаты наблюдений принадлежат нормальному закону, производится в следующей последовательности:

1. Исключить известные систематические погрешности из результатов наблюдений (единичных измерений), если они изменяются в процессе многократного измерения. В противном случае, если систематическая погрешность остается постоянной, то она исключается после вычисления среднего арифметического.

2. Вычислить среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений (при постоянной систематической погрешности в среднее арифметическое вводят поправку) и принимают за результат измерения

$$\tilde{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (6)$$

3. Вычислить оценку СКО погрешности наблюдений (результатов единичных измерений)

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})^2}{n-1}}, \quad (7)$$

где x_i – результат i -го наблюдения (единичного наблюдения);

\tilde{x} – среднее арифметическое значение измеряемой величины из n единичных результатов измерений (наблюдений).

4. Проверить в массиве наблюдений грубые погрешностей, используя правило «трех сигм»

$$|x_i - \tilde{x}| \leq 3 \cdot S_x \quad (8)$$

Наблюдения, содержащие грубые погрешности, исключают из массива и заново повторяют вычисления \tilde{x} и S_x . Операция обнаружения и исключения грубых погрешностей повторяется до тех пор, пока все грубые погрешности не будут обнаружены и исключены из массива наблюдений.

5. Вычислить СКО среднего арифметического

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (9)$$

6. Вычислить доверительные границы ε случайной погрешности измерения среднего арифметического значения (результата измерения)

$$\varepsilon = t_s S_{\bar{x}}, \quad (10)$$

где t_s коэффициент Стьюдента, который в зависимости от доверительной вероятности P и числа результатов наблюдений n находят по таблице коэффициентов Стьюдента (табл.10.)

Таблица 10

n	P			n	P		
	0,9	0,95	0,98		0,9	0,95	0,98
2	6,3	12,7	31,8	18	1,7	2,1	2,6
3	2,9	4,3	7,0	19	1,7	2,1	2,6
4	2,4	3,2	4,5	20	1,7	2,1	2,6
5	2,1	2,8	3,7	21	1,7	2,1	2,6
6	2,0	2,6	3,4	22	1,7	2,1	2,5
7	1,9	2,4	3,1	23	1,7	2,1	2,5
8	1,9	2,4	3,0	24	1,7	2,1	2,5
9	1,9	2,3	2,9	25	1,7	2,1	2,5
10	1,8	2,3	2,8	26	1,7	2,1	2,5
11	1,8	2,2	2,8	27	1,7	2,1	2,5
12	1,8	2,2	2,7	28	1,7	2,1	2,5
13	1,8	2,2	2,7	29	1,7	2,1	2,5
14	1,8	2,2	2,7	30	1,7	2,0	2,5
15	1,8	2,1	2,6	40	1,7	2,0	2,5
16	1,7	2,1	2,6	60	1,7	2,0	2,5
17	1,7	2,1	2,6	120	1,7	2,0	2,4

8. Вычислить доверительные границы погрешности результата измерения.

Т.к. неисключенные систематические погрешности (НСП) отсутствуют, поэтому граница погрешности результата измерения $\Delta = \varepsilon$.

Форма записи результата измерения при симметричном доверительном интервале погрешности результата измерения имеет вид $\bar{x} \pm \Delta, P$.

Задание 1. При многократном измерении напряжение с помощью цифрового вольтметра получен массив данных, который составляет n независимых числовых значений результата измерения напряжения (милливольт) с равноточными значениями отсчета (поправки внесены).

Условия измерения нормальные. Считать, что результат измерений напряжения подчиняется нормальному закону распределения вероятности.

Определить с какой точностью измеряется напряжение при многократном измерении, а также границы, в пределах которых находится значение измеряемого напряжения.

Значения P и n приведены в табл.11.

Свои исходные данные студент находит из табл.12, начиная с цифры, расположенной на пересечении столбца, соответствующего последней цифре собственного

шифра и строки, соответствующей предпоследней цифре шифра с переходом на следующий столбец. Объем массива должен составлять n значений (табл.11).

Таблица 11

Данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	21			24			27			
P	0,9			0,95			0,98			

Таблица 12

Последняя цифра шифра	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5,21	5,22	5,23	5,24	5,25	5,26	5,27	5,28	5,29	5,75
1	5,22	5,21	5,21	5,23	5,29	5,28	5,24	5,25	5,26	5,27
2	5,23	5,21	5,24	5,24	5,28	5,28	5,29	5,21	5,22	5,23
3	5,24	5,24	5,27	5,29	5,27	5,24	5,25	5,26	5,27	5,28
4	5,25	5,23	5,23	5,28	5,24	5,29	5,21	5,22	5,23	5,24
5	5,26	5,29	5,29	5,26	5,22	5,25	5,26	5,27	5,28	5,29
6	5,27	5,28	5,26	5,29	5,20	5,21	5,22	5,23	5,24	5,25
7	5,29	5,27	5,28	5,21	5,21	5,26	5,26	5,28	5,29	5,21
8	5,29	5,26	5,29	5,26	5,28	5,22	5,23	5,24	5,25	5,26
9	5,24	5,27	5,21	5,24	5,29	5,27	5,28	5,29	5,21	5,22

Указания

Обработку экспериментальных данных следует осуществлять в следующей последовательности:

1. Массив экспериментальных данных свести во 2 –ой и 3-ий столбцы табл.13.
2. Произвести обработку экспериментальных данных, последовательно выполняя расчеты и заполняя 4, 5 и 6 столбцы:
 - рассчитать среднее арифметическое значение;
 - оценку среднеквадратического значения;
 - проверить массив экспериментальных данных на наличие ошибок, используя правило «трех сигм»;
 - оценить стандартное отклонение среднего арифметического;
 - по таблице значений коэффициентов Стьюдента, при заданном n и P определяют коэффициент t_s ;
 - рассчитать величину половины доверительного интервала;
 - определить границы, в пределах которых, находится значение измеряемого напряжения.

Таблица 13

j	u_j	m_j	$m_j \cdot u_j$	$(u_j - \hat{u})$	$(u_j - \hat{u})^2$	$m_j(u_j - \hat{u})^2$
1	2	3	4	5	6	7
1						
j						
k						
			$\sum_{j=1}^k m_j \cdot u_j$			$\sum_{j=1}^k m_j \cdot (u_j - \hat{u})^2$

Задание 2. Получено n независимых значений напряжения цифровым вольтметром. Считать, что результат измерения подчиняется нормальному закону распределения вероятности. Определить результат измерения напряжения, а также пределы, в которых находится значение измеряемого напряжения при доверительной вероятности P .

Среднее арифметическое значение результата измерений \tilde{U} , оценка среднеквадратического значения результатов измерения S_u , количество экспериментальных данных n , а также доверительная вероятность P приведены в табл.14.

Определить границы, в пределах которых находится значение измеряемого напряжения при многократном измерении.

Свои исходные данные студент выбирает из табл.14 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 14

Данные	Последняя цифра шифра								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
n	16			25			9		
P	0,9			0,95			0,97		
\tilde{U} , мВ	10,22			99,85			50,25		
S_u , мВ	0,283			0,289			0,286		

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В какой последовательности осуществляется обработка многократных измерений?
2. Какие законы распределения вероятности используются для описания результата измерения и погрешностей измерений?
3. Поясните, как зависит ширина половины доверительного интервала от доверительной вероятности?
4. Поясните порядок обнаружения грубых погрешностей (промахов) при многократном измерении?

Практическое занятие № 5. Выбор средств измерений по точности при измерении и контроле параметров

Цель занятия – научиться выбирать средства измерений по точности для контроля и измерения параметров.

Основные теоретические положения

Выбор СИ по точности основан на рассмотрении двух различных случаев их использования:

- а) для измерения параметров технических устройств;
- б) для контроля параметров технических устройств.

Задача выбора СИ решается в следующей последовательности:

1. По известному верхнему пределу динамического диапазона измеряемого параметра $X_{в}$ с учетом допустимого значения суммарной погрешности измерений $\Delta_{тр}$ определяется конечное значение диапазона измерений (предел измерений СИ)

$$X_{к} \geq |X_{в}| + |\Delta_{мп}| \quad (11)$$

2. Оценивается ориентировочное значение требуемого класса точности

$$K_{си\ mp} \leq \frac{\Delta_{мп}}{X_{к}} \cdot 100 \% \quad (12)$$

Если вычисленное значение $K_{си\ тр}$ не совпадает со значением, указанным в ГОСТ 8.401-80, его доводят до ближайшего соответствующего значения $K_{си\ тр}$ в сторону более высокого класса точности.

3. По значениям $K_{си\ тр}$ и $X_{к}$ на основании анализа существующих методов измерений, характера измеряемого параметра, а также условий эксплуатации СИ предварительно выбирается конкретное СИ. Для выбранного СИ и соответствующей стандартной или аттестованной методики измерений определяется фактическое значение предела суммарной погрешности $\Delta_{ф}$ по формуле (2).

4. Полученное значение $\Delta_{ф}$ сравнивают с допустимым пределом $\Delta_{тр}$:

- если $\Delta_{тр} \geq \Delta_{ф}$, то СИ выбрано правильно;

- если $\Delta_{тр} < \Delta_{ф}$, то следует взять СИ более высокого класса точности и выполнить

операции п. 3.

Задача выбора СИ для контроля параметров решается в следующей последовательности:

1. Определение суммарной допустимой погрешности измерения параметра

$$\Delta_{\Sigma\ доп} = \frac{\Delta_{п}}{K_{мп}}, \quad (13)$$

где $\Delta_{п}$ – поле допуска на контролируемый параметр ($\Delta_{пв} = \Delta_{пн} = \Delta_{п}$).

2. По известному значению верхней границы поля допуска $X_{дв} = X_{н} + \Delta_{пв}$ и суммарной допустимой погрешности измерения параметра $\Delta_{\Sigma\ доп}$ определяется предел измерения СИ

$$X_{нр} \geq X_{дв} + \Delta_{\Sigma\ доп} \quad (14)$$

3. Оценивается ориентировочное значение требуемого класса точности

$$K_{си\ mp} \leq \frac{\Delta_{\Sigma\ доп}}{X_{нр}} \cdot 100 \% \quad (15)$$

Если вычисленное значение $K_{си\ тр}$ не совпадает со значением, указанным в ГОСТ 8.401-80, его доводят до ближайшего соответствующего значения $K_{си\ тр}$ в сторону более высокого класса точности.

4. По значениям $K_{си\ тр}$ и $X_{нр}$ на основании анализа существующих методов измерений, характера контролируемого параметра, а также условий эксплуатации СИ предварительно выбирается конкретное СИ. Для выбранного СИ и соответствующей стан-

дартной или аттестованной методики измерений определяется фактическое значение предела суммарной погрешности $\Delta_{\text{ф}}$ по формуле (2).

4. Полученное значение $\Delta_{\text{ф}}$ сравнивают с допустимым пределом $\Delta_{\text{тр}}$:

- если $\Delta_{\Sigma \text{ доп}} \geq \Delta_{\text{ф}}$, то СИ выбрано правильно;

- если $\Delta_{\Sigma \text{ доп}} < \Delta_{\text{ф}}$, то следует взять СИ более высокого класса точности и выполнить операции п. 3.

Задание 1. Определить класс точности вольтметра постоянного тока, с помощью которого можно проконтролировать наличие параметра в пределах заданного допуска ($U_{\text{н}} \pm \Delta_{\text{н}}$) В с точностью $K_{\text{т}}$. Условия измерения нормальные.

Предел измерения вольтметра выбирают из ряда:

1; 2,5; 5; 10; 25; 100; 250; 500; 1000 В.

Класс точности вольтметра выбирают из ряда:

(1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0) · 10ⁿ, где n = - 1; 0; 1.

Значения $K_{\text{т.тр}}$. (требуемый коэффициент точности), $U_{\text{н}}$ – номинальное значение параметра, $\Delta_{\text{н}}$ – допуск (симметричный) на параметр студент выбирает из табл.15 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 15

Данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$(U_{\text{н}} \pm \Delta_{\text{н}})$, В	220±22		5±0,1		50±1			30±2		
$K_{\text{т.тр}}$	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0

Указание

Для выбора класса точности вольтметра, используемого для определения факта наличия контролируемого параметра в пределах допуска, необходимо знать требуемый коэффициент точности $K_{\text{т.тр}}$, определяющий соотношение между полем допуска $\Delta_{\text{н}}$ и погрешностью измерения и характеризующего достоверность измерительного контроля. Так как погрешностью метода измерения пренебрегаем, то в качестве погрешности измерения принимают погрешность вольтметра. В этом случае допустимое значение погрешности измерения должно быть в $K_{\text{т.тр}}$ раз меньше поля допуска.

Задание 2. Определить фактический коэффициент точности $K_{\text{тф}}$ при контроле параметра в пределах заданного допуска, если $U_{\text{н}} = 220$ В, $\Delta_{\text{н}} = \pm 22$ В, частотный диапазон контролируемого параметра 50 Гц. Условия измерения: температура окружающей среды $t_{\text{р}} = +40$ °С; относительная влажность 70 %. Измерительный прибор – вольтметр переменного тока, класса точности 4,0, пределом измерения 250 В. Известно, что на каждые 10 °С относительно нормальной температуры, точность показаний вольтметра ухудшается на 50 %.

Задание 3. На предприятии имеются средства измерений геометрических размеров: 1 – штангенциркуль (погрешность измерения – 0,05 мм); 2 – микрометр (погрешность измерения – 0,005 мм); оптиметр (погрешность измерения – 0,001 мм). Для контроля диаметра детали (30±0,012) мм какой из трех средств измерений целесообразно использовать?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите исходные данные при выборе СИ для контроля и измерения параметров?
2. Как оценивают дополнительную погрешность СИ?
3. Что относят к условиям измерений?

Практическое занятие № 6. Измерение параметров электрических сигналов

Цель занятия – научиться измерять параметры электрических сигналов и оценивать погрешности измерений.

Основные теоретические положения

Электронный осциллограф (ЭО) – многофункциональный прибор, он используется для визуального наблюдения электрических сигналов и измерения их параметров с помощью электронно-лучевой трубки (ЭЛТ). Он отличается высокой чувствительностью, большим входным сопротивлением, пренебрежимо малой инерционностью [4, 5, 10].

Воспроизведение изображения исследуемого сигнала на экране ЭЛТ основано на том, что сфокусированный электронный луч, проходя между вертикально отклоняющими пластинами Y , отклоняется по вертикальной оси пропорционально исследуемому напряжению, а горизонтально отклоняющие пластины отклоняют луч по горизонтальной оси с постоянной скоростью. С этой целью в осциллографе применяют линейную развертку, в качестве которой используют напряжение пилообразной формы (рис. 11).

В осциллографах при измерении амплитуды сигнала и его временных параметров применяют метод непосредственного отсчета по шкале на экране прибора. При этом методе перед измерением калибруют шкалу осциллографа по чувствительности и длительности развертки с помощью сигналов встроенного калибратора, а затем отсчитывают амплитуду и временные параметры исследуемого сигнала.

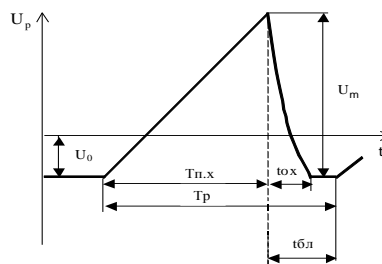


Рис. 11. Напряжение пилообразной формы

Указанные измерения производятся по масштабной сетке, которая нанесена на прозрачную пластину, наложенную на экран ЭЛТ. Расстояния между крайними горизонталями делятся линиями на деления и рисками на десятые доли деления так, например, в большинстве универсальных осциллографах шкала разделена на 8 делений по вертикали и 10 – по горизонтали и рисками – 0,2 деления.

Амплитуда синусоидального сигнала (рис.12, а) определяется как произведению измеренного значения изображения в делениях шкалы h_m на цифровую отметку коэффициента вертикального отклонения $K_{отк}$, установленного переключателем В/ДЕЛ, а период сигнала – произведению измеренного значения изображения в делениях шкалы

L_T на цифровую отметку коэффициента развертки K_p , установленного переключателем ВРЕМЯ/ДЕЛ (рис.12, а) и определяются по формулам

$$U_m = K_{омк} \cdot h_m, \quad (16)$$

$$T_c = K_p \cdot L_T, \quad (17)$$

Частота сигнала определяется по формуле

$$F_c = \frac{1}{K_p \cdot T_c} = \frac{1}{T_c} \quad (18)$$

Коэффициент амплитудной модуляции (рис.15, б) определяется по формуле

$$m = \frac{A - B}{A + B} \cdot 100 \% \quad (19)$$

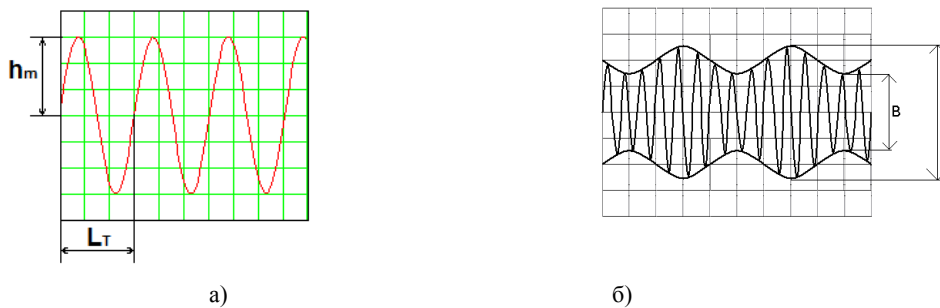
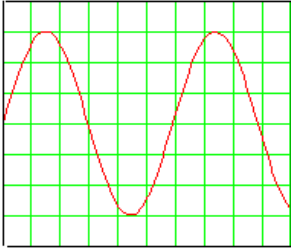
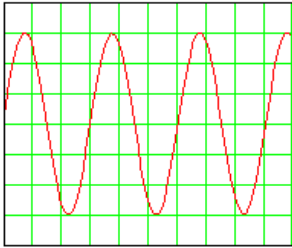
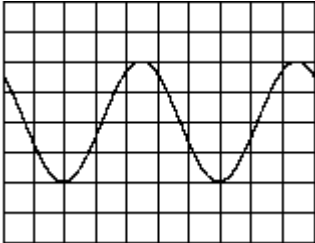
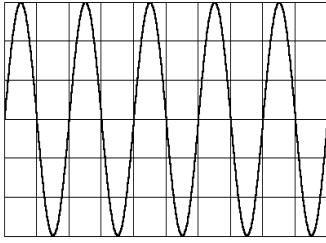


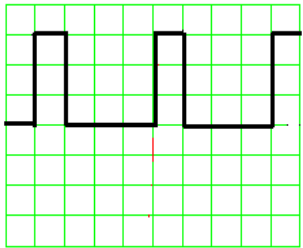
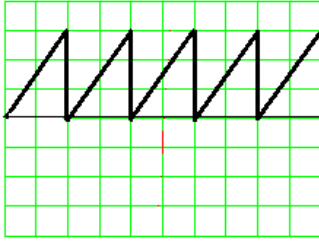
Рис.12. Измерение амплитудно-временных параметров и параметров амплитудой модуляции (а – синусоидальный сигнал, б – амплитудно-модулированный сигнал)

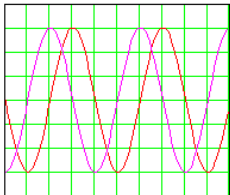
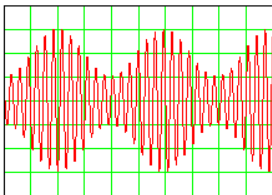
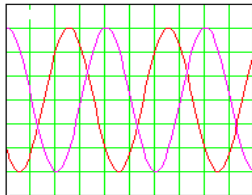
Задание 1. На экране осциллографа приведены осциллограммы сигналов (табл.16). В зависимости от варианта задания определить амплитуду, период повторения и частоту сигнала. Кроме того, необходимо определить погрешность и пределы, в которых находятся значения указанных параметров. Вид осциллограммы, требуемое значение коэффициента вертикального отклонения и коэффициента развертки приведены в табл.16, которые студент выбирает по последней цифре собственного шифра. Для определения коэффициента амплитудной модуляции и фазового сдвига сигналов, осциллограммы приведены в табл.17, которые студент выбирает по предпоследней цифре собственного шифра.

Таблица 16

Данные	Последняя цифра шифра									
	1 – 5					6 – 0				
										
$K_{отк}$ (В/дел)	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,5	2	5
K_p (мкс/дел)	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	0,1
$\delta_T, \%$	3	4	5	6	2	5	3	4	5	6
$\delta_U, \%$	3	2	6	4	5	4	3	2	6	4
$K_{отк}$ (В/дел)	1	2	5	10	0,5	0,1	0,2	0,5	5	2
K_p (мс/дел)	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	0,1
										

Продолжение таблицы 16

Данные	Последняя цифра шифра									
	1 – 5					6 – 0				
										
$K_{отк}$ (В/дел)	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,5	2	5
K_p (мс/дел)	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	0,1
$\delta_T, \%$	3	4	5	6	2	5	3	4	5	6
$\delta_U, \%$	3	2	6	4	5	4	3	2	6	4

Предпоследняя цифра шифра		
1 – 3	4 – 7	8 – 0
		

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните принцип получения развертки и осциллограммы в ЭЛО?
2. Перечислите основные параметры сигналов?
3. Поясните, как измеряется коэффициент амплитудной модуляции и частотно-временные параметры сигналов ЭЛО?

Практическое занятие № 7. Расчет рядов взаимосвязанных параметров

Цель занятия – научиться строить ряды взаимосвязанных параметров.

Основные теоретические положения

Предпочтительным числам свойственны определенные математические закономерности. С древнейших времен для построения рядов предпочтительных чисел использовалась геометрическая прогрессия, т.е. такая последовательность чисел, в которой отношение последующего к предыдущему члену остается постоянной [1, 11].

Любой ее член можно вычислить по формуле

$$a_n = a_1 \cdot q^{n-1}, \quad (20)$$

где a_1 – первый член; q – знаменатель прогрессии; n – номер взятого члена.

Ряды предпочтительных чисел должны удовлетворять следующим требованиям:

- представлять рациональную систему градаций, отвечающую потребностям производства и эксплуатации;
- быть бесконечными как в сторону малых, так и в сторону больших значений, т.е. допускать неограниченное развитие параметров или размеров в направлении их увеличения или уменьшения;
- включать в себя все десятикратные значения любого члена в единицу;
- быть простыми и легко запоминающимися.

Специальные исследования показали, что всем этим требованиям наилучшим образом удовлетворяют геометрические прогрессии с десятикратным увеличением каждого n -го члена и знаменателем равным

$$q = \sqrt[R]{10}, \quad (21)$$

где $R=5, 10, 20, 40, 80, 160$.

Ряды $R5, R10, R20, R40$ называются основными (табл.18), а ряды $R80$ и $R160$ – дополнительными.

На примере табл.18 рассмотрим некоторые свойства основных рядов предпочтительных чисел [1, 6, 7, 9, 11].

1. Стандартные значения предпочтительных чисел лежат в диапазоне $0 < a < \infty$ на основе фиксированных значений предпочтительных чисел, включенных в десятичный интервал $1 < a < \infty$. Все эти числа, включенные в ряд $R40$, приведены в табл.25.

2. Номер ряда предпочтительных чисел $R5$, $R10$, $R20$ и $R40$ указывает на количество чисел в десятичном интервале.

3. Все предпочтительные числа ряда $R40$ (табл. 18) имеют номера от 0 до 40, использование которых позволяет стандартизаторам упростить расчеты взаимосвязанных показателей стандартов, ускорить процесс вычислений.

При переходе от табл. 25 в другие десятичные интервалы, т.е. при умножении чисел на 10^k , номера чисел последовательно нарастают при $+k$ (от 41 и выше), а при $-k$ по мере удаления от предпочтительного числа 1 номера чисел растут по абсолютному значению, но имеют отрицательные знаки (0, -1 , -2 , -3 и т.д.).

Если учесть, что при умножении предпочтительного числа (табл.25) на 10^k в новом числе запятая оказывается перенесенной на k знаков (вправо – при $+k$, и влево – при $-k$), то номер нового числа можно определить по формуле

$$N = N_T \pm k \cdot 40, \quad (34)$$

где N_T – номер числа, представленного в табл.25.

Ряды с ограниченными пределами

$R40(15...190)$ – основной ряд $R40$, ограниченный членом 15 в качестве нижнего предела и членом 190 в качестве верхнего предела.

Производные ряды

$R20/3(14...40)$ – производный ряд, полученный путем отбора каждого третьего члена основного ряда $R20$ и ограниченный членом 14 в качестве нижнего предела и членом 40 в качестве верхнего предела.

Таблица 18

Основные ряды				Номер предпо- читительного числа	Мантиссы логариф- мов	Расчетные величины чисел	Разность меж- ду числами основного ряда и расчетными величинами, %
R5	R10	R20	R40				
1,00	1,00	1,00	1,00	0	000	1,0000	0
			1,06	1	023	1,0593	+0,07
		1,12	1,12	2	050	1,1220	-0,18
			1,18	3	075	1,1885	-0,71
	1,25	1,25	1,25	4	100	1,2589	-0,71
			1,32	5	125	1,3335	-1,01
		1,40	1,40	6	150	1,4125	-0,88
			1,50	7	175	1,4962	+0,25
1,60	1,60	1,60	1,60	8	200	1,5849	+0,95
			1,70	9	225	1,6788	+1,26
		1,80	1,80	10	250	1,7783	+1,22
			1,90	11	275	1,8836	-0,87
	2,00	2,00	2,00	12	300	1,9953	+0,24
			2,12	13	325	2,1135	+0,31
		2,24	2,24	14	350	2,2387	+0,06
			2,36	15	375	2,3714	-0,48
2,50	2,50	2,50	2,50	16	400	2,5119	-0,47
			2,65	17	425	2,6607	-0,40
		2,80	2,80	18	450	2,8184	-0,65
			3,00	19	475	2,9854	+0,49
	3,15	3,15	3,15	20	500	3,1623	-0,39
			3,35	21	525	3,3497	+0,01
		3,55	3,55	22	550	3,5481	+0,05
			3,75	23	575	3,7584	-0,22
4,00	4,00	4,00	4,00	24	600	3,9811	+0,47
			4,25	25	625	4,2170	+0,78
		4,50	4,50	26	650	4,4668	+0,74
			4,75	27	675	4,7315	+0,39
	5,00	5,00	5,00	28	700	5,0119	-0,24
			5,30	29	725	5,3088	-0,17
		5,60	5,60	30	750	5,6234	-0,42
			6,00	31	775	5,9566	+0,73
6,30	6,30	6,30	6,30	32	800	6,3096	-0,15
			6,70	33	825	6,6834	+0,25
		7,10	7,10	34	850	7,0795	+0,29
			7,50	35	875	7,4989	+0,01
	8,00	8,00	8,00	36	900	7,9433	+0,71
			8,50	37	925	8,4140	+1,02
		9,00	9,00	38	950	9,9125	+0,98
			9,50	39	975	9,4406	+0,63
10,00	10,00	10,00	10,00	40	000	10,000	0

Задание 1. Выбрать ряды взаимосвязанных параметров А и В и определить порядковые номера членов этих рядов на основе следующих данных:

а) зависимость, определяющая связь параметров, имеет вид

$$A=c \cdot B^n,$$

где c – постоянный коэффициент, а n – показатель степени, которые определяются по последней цифре шифра студента из табл.26.

б) параметр А задан рядом, определяемым из табл.19 по предпоследней цифре шифра студента.

Результаты расчетов внести в соответствующие графы табл. 20.

Таблица 19

Параметры	Вариант			
	1-3	4-6	7-8	9-0
Последняя цифра шифра				
С	1	0,25	2	1
n	1/2	2	1/2	2
Предпоследняя цифра шифра				
А	R10/2(1,6...25)	R40/3(2,8...8)	R5/2(1...250)	R20/3(1,4...11,2)

Таблица 20

Обозначение параметров	Обозначение ряда	Знаменатель ряда	Номера параметров членов ряда						
			1	2	3	4	5	6	7
А			Порядковые номера членов ряда						
В			Порядковые номера членов ряда						

Указания

1. На основе системы предпочтительных чисел находим ряд параметров А и определяем его знаменатель q_A .

2. Находим приближенное значение параметра B_1 , соответствующее первому члену A_1 ряда А.

3. Определяем знаменатель q_B ряда В, исходя из соотношения

$$q_A = (q_B)^n.$$

4. Определяем ряд параметра В, его обозначение и порядковые номера членов ряда $N=N_T+k \cdot 40$.

Результаты вносим в соответствующие графы табл.20.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните, как образуются и обозначаются производные ряды?
2. Поясните, как обозначаются ряды с ограниченными пределами?
3. Определите порядковые номера и знаменатель ряда $R_{10/2}(1,6\dots 25)$?
4. Перечислите основные свойства основных рядов предпочтительных чисел?

Практическое занятие № 10. Порядок заполнения бланка сертификата соответствия

Цель занятия – научиться определять регистрационный номер сертификата соответствия на продукцию, прошедшую сертификацию.

Основные теоретические положения

Форма сертификата соответствия приведена на рис. 13. Правила заполнения бланка сертификата соответствия на продукцию состоит в следующей последовательности.

Позиция 1 – регистрационный номер сертификата соответствия на продукцию составляется следующим образом. Структура регистрационного номера:

РОСС	XX	XXXX	X	XXXXXX
1	2	3	4	5

- 1 – знак регистрации в Государственном реестре Госстандарта России, где РОСС – [Российская Система Сертификации];
- 2 – код страны расположения организации-изготовителя данной продукции. В виде двух прописных букв латинского алфавита – кода страны по международному классификатору «Страны мира», к примеру, Россия – RU, Индия – IM, Италия – IT.
- 3 – код органа по сертификации, выдавшего сертификат (используются четыре последних знака регистрационного номера органа).

Код представлен двумя прописными буквами русского алфавита и двухзначным числом. Расшифровка наиболее часто встречающихся буквенных индексов: АТ – авиационная техника; АЮ, АЛ – расширенная область аккредитации; ББ – пожарная безопасность; БП – посуда; ЖТ – железнодорожный транспорт; ИМ – инструмент медицинский; ИС – системы качества и производства; ЛД – товары детского ассортимента; ЛК – коженно-обувные изделия; ЛТ – текстильная продукция; МД – игрушки; МЖ – ручное оружие и патроны; ММ – станки металлообрабатывающие; МС – сельскохозяйственная техника; МЭ – электромагнитная совместимость; ПВ – вода; ПК – парфюмерно-косметические товары; 11Л, ПМ, ПН, ПО, ПП, ПР, ПТ, ПУ, ПФ, ПХ – пищевые продукты и продовольственное сырье; СП – программные средства; СС – спортивные и туристские изделия; СЩ – средства индивидуальной защиты; ТБ – тара; УБ, УВ – услуги по ремонту и техническому обслуживанию бытовой радиоэлектронной аппаратуры, электробытовых машин и приборов; УП – услуги общественного питания; УХ – услуги химической чистки; ЦЦ – взрывоопасные материалы и изделия из них; ЧС, ЭФ – черные металлы и сплавы; ЭУ – электроустановки зданий.

4 – код типа объекта сертификации:

А – партия (единичное изделие), сертифицированная на соответствие обязательным требованиям;

В – серийно выпускаемая продукция, сертифицированная на соответствие обязательным требованиям;

С – партия (единичное изделие), сертифицированная на соответствие требованиям нормативных документов;

Н – серийно выпускаемая продукция, сертифицированная на соответствие требованиям нормативных документов;

Е – транспортное средство, на которое выдается одобрение типа транспортного средства.

5 – номер объекта регистрации в виде порядкового номера (от 00001 до 99999) по каждому типу объекта регистрации.

Пример:

РОСС 1Т.АЯ46.А53146

- РОСС – Российская система сертификации;

- 1Т – предприятие-изготовитель данного товара находится в Италии;

- АЯ46 – сертификат выдан органом по сертификации промышленной продукции Российского центра испытаний и сертификации Ростест-Москва;

- А – сертификат оформлен на партию (образец), сертифицированную на соответствие обязательным требованиям нормативной документации;

- 53146 – запись внесена в регистрационный журнал под № 53146.

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р
ГОССТАНДАРТ РОССИИ

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

(1) №
(2) Срок действия с _____ по _____ **6652606**

(3) Орган по сертификации _____

(4) Продукция _____ (5) код по ОКП _____

(6) Соответствие требованиям нормативных документов _____ (7) код ТН ВЭД России _____

(8) Изготовитель _____

(9) Сертификат выдан _____

(10) На основании _____

(11) Дополнительная информация
Схема сертификации _____

(12) Руководитель органа
Эксперт _____

Сертификат имеет юридическую силу на всей территории РФ

Рис. 13. Лицевая сторона бланка сертификата соответствия в Системе ГОСТ Р

Позиция 2 – срок действия сертификата устанавливается в соответствии с правилами и порядками сертификации однородной продукции. Даты записываются следующим образом: число и месяц – двумя арабскими цифрами, разделенными точками, год – четырьмя арабскими цифрами. При этом первую дату проставляют по дате регистрации сертификата в Государственном реестре. При сертификации партий или единичного изделия вторая дата не проставляется.

Позиция 3. Здесь приводятся регистрационный номер органа по сертификации – по Государственному реестру, его наименование – в соответствии с аттестатом аккредитации (прописными буквами), адрес (строчными буквами), телефон и факс.

Позиция 4. Здесь указываются наименование, тип, вид, марка продукции, обозначение стандарта, технических условий или иного документа, по которому она выпускается (для импортной продукции ссылка на документ необязательна). Далее указывают: «серийный выпуск», или «партия», или «единичное изделие». Для партии и единичного изделия приводят номер и размер партии или номер изделия, номер и дату выдачи накладной, договора (контракта), документа о качестве и т. п. Здесь же дается ссылка на имеющееся приложение записью.

Позиция 5 – код продукции (6 разрядов с пробелом после первых двух) по Общероссийскому классификатору продукции (ОКП).

Позиция 6 – обозначение технического регламента и других нормативных документов, на соответствие которым проведена сертификация. Если продукция сертифицирована не на все требования нормативного(ых) документа(ов), то указывают разделы или пункты, содержащие подтверждаемые требования.

Позиция 7 – 9-разрядный код продукции по классификатору товарной номенклатуры внешней экономической деятельности (заполняется обязательно для импортируемой и экспортируемой продукции).

Позиция 8 – наименование, адрес организации-изготовителя (индивидуального предпринимателя).

Позиция 9 – наименование; адрес; телефон; факс юридического лица, которому выдан сертификат соответствия.

Позиция 10 – документы, на основании которых органом по сертификации выдан сертификат, например:

- протокол испытаний с указанием номера и даты выдачи, наименования и регистрационного номера аккредитованной лаборатории в Государственном реестре;

- документы (гигиеническое заключение, ветеринарное свидетельство, сертификат пожарной безопасности и др.), выданные органами и службами федеральных органов исполнительной власти, с указанием наименования органа или службы, адреса, наименования вида документа, номера, даты выдачи и срока действия;

- документы других органов по сертификации и испытательных Лабораторий с указанием наименования, адреса, наименования вида документа, номера, даты выдачи и срока действия;

- декларация о соответствии с указанием номера и даты ее принятия.

Позиция 11 – дополнительную информацию приводят при необходимости, определяемой органом по сертификации. К такой информации могут относиться внешние идентифицирующие признаки продукции (вид тары, упаковки, нанесенные на них

сведения и т. п.), условия действия сертификата (при хранении, реализации), место нанесения знака соответствия, номер схемы сертификации и т. п.

Позиция 12 – подпись, инициалы, фамилия руководителя органа, выдавшего сертификат, и эксперта, проводившего сертификацию; печать органа по сертификации.

Приложение к сертификату оформляют в соответствии с правилами заполнения аналогичных реквизитов в сертификате.

Сертификат и приложение к нему выполняют машинописным способом. Исправления, подчистки и поправки не допускаются. Правила заполнения бланка сертификата соответствия на услугу применяются аналогичные. Различие в 2-х пунктах. В позиции 1 4-й элемент – код типа объекта сертификации имеет обозначения У – услуга (работа), сертифицированная на соответствие обязательным требованиям; М – услуга (работа), сертифицированная на соответствие требованиям нормативных документов);

Задание 1. Заполнить позиции Сертификата соответствия и составить регистрационный номер сертификата соответствия на продукцию, используя данные табл. 23

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.21 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 21

Номер и содержание позиции					
По- следняя цифра шифра	№1 Регистра- ционный номер и номер сер-	*	№2 Срок действия (годы, ре- ализация)	№3 Код орга- на по сер- тифика- ции	№4 Продукция
0 – 1		Обязательная сертифика- ция	5	РОСС RU.0001.1 1МУ03	Установка для освоение скважин, партия
2 – 3		Добро- вольная сертифика- ция	Реализация	РОСС RU.0001.1 1АЮ64	Картонные заготовки для спичек коробковое, партия
4 – 5		Обязательная сертифика- ция	5	РОСС RU.0001.1 0АЯ27	Молоко «Лианозов- ское», серия
6 – 7		Добро- вольная сертифика- ция	3	РОСС RU.9001.1 1СЛ08	Теплоизоля- ционные плиты, серия
8 – 9		Обязательная сертифика- ция	Реализация	РОСС RU.0001.1 1МЕ83	Полотно ав- томобильное ворсовое, серия

Последняя цифра шифра	Номер и содержание позиции						№5
	№10	№9	№8	№7	№6	№6	
	Основание выдачи сертификата соответствия	Сертификат выдан	Изготовитель, продавец	Код продукции ТН ВЭД	Соответствие ТР и НТД	Код продукции	
0 – 1	Протоколов испытаний	ОАО Машиностроительный завод	ОАО Машиностроительный завод	870520000	ТР на добычу нефти	366612	
2 – 3	Протоколов испытаний	ОАО «Солнце»	Фирма «KUDUS»	4819201000	ГОСТ 12301-81	548123	
4 – 5	Протоколов испытаний	ОАО «Лиянозавский молочный комбинат»	ОАО «Лиянозавский молочный комбинат»		ТР на молочнопродукцию	922217	
6 – 7	Протоколов испытаний	ОАО «ФЛАЙ-ДЕРЕВ»	ОАО «ФЛАЙ-ДЕРЕВ»	7019199000	ТУ 5763-002-00287697	576312	
8 – 9	Протоколов испытаний	ЗАО Московский шелковый комбинат АОК	ЗАО Московский шелковый комбинат АОК	600192500	ТР на производство билетов	837651	

Последняя цифра шифра	Номер и содержание позиции		3а
	№12	№11	
0 – 1	Руководитель, эксперт	Дополнительная информация (схема сертификации)	3а
2 – 3	Руководитель, эксперт		4
4 – 5	Руководитель, эксперт		5
6 – 7	Руководитель, эксперт		4
8 – 9	Руководитель, эксперт		3а

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите цели и принципы подтверждения соответствия?
2. Поясните правила заполнения сертификата соответствия?
3. Перечислите основные этапы проведения сертификации?
4. Кто оформляет декларацию о соответствии?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В методических указаниях приводятся 8 практических занятий, которые построены по алгоритму: тема и цель занятия; основные теоретические положения, включая справочный материал; 2 – 3 практических задания и указания к их выполнению; контрольные вопросы, необходимые для самопроверки студентов при подготовке к занятию.

Для понимания основных вопросов, связанных с вероятностной оценкой погрешностей измерений, студентам необходимо знать основные положения теории вероятности и математической статистики и уметь принять их на практике.

Методические указания позволят студентам определить роль и место курса «Метрология, стандартизация и технические измерения» в общей системе подготовки бакалавриата 11.03.04 – Электроника и наноэлектроника, а также Российской промышленности

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Алексеев Г.А.* Метрология, стандартизация и сертификация: учебно-методический комплекс/Г.А. Алексеев, О.В. Новикова, Э.И. Медякова, В.М. Станякин, И.Ф. Шишкин. – СПб.:Изд-во СЗТУ, 2009. – 227 с.
2. ГОСТ 8.009-84. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 25 с.
3. ГОСТ 8.417-2003. ГСИ. Единицы величин. – М.: Изд-во стандартов, 2003.
4. *Куликовский К.Л.* Методы и средства измерений: учебное пособие для вузов/К.Л. Куликовский, В.Я. Купер. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 448 с.
5. *Кукуш В.Д.* Электрорадиоизмерения: учеб. пособие для вузов /В.Д. Кукуш – М.: Радио и связь, 1985. – 368 с.
6. *Лифиц И.М.* Стандартизация, метрология и сертификация: учеб. для вузов/ И.М. Лифиц. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2004. – 330 с.
7. *Радкевич Я.М.* Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов/ Я.М. Радкевич, А.Г.Схиртладзе, Б.И. Лактионов. – М.: Высш. шк., 2007.
8. РМГ 29-99. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
9. *Сергеев А.Г.* Метрология. Стандартизация. Сертификация: учеб. пособие /А.Г.Сергеев, М.В. Латышев, В.В. Терегеря. – М.: Логос, 2003. – 525 с.
10. *Сытько И.И.* Измерительные приборы РЭТ: учеб. пособие/И.И. Сытько. – СПб.: Изд-во СПбВУРЭ, 1996. – 96 с.
11. *Сытько И.И.* Метрология, стандартизация и сертификация. Стандартизация: учеб. пособие/И.И. Сытько. – СПб.: Изд-во СПбВВУРЭ, 2006. – 71 с.
12. *Сытько И.И.* Метрология и измерительная техника. МУ к практ. занятиям/И.И. Сытько. – СПб.: Изд-во НМСУ «Горный», 2015б. – 52 с.
13. *Тартаковский Д.Ф.* Метрология, стандартизация и технические средства измерений: учеб. для вузов/Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребов. – М.: Высш. шк., 2002. – 205 с.

ВВЕДЕНИЕ.....	2
Практическое занятие № 1. Применение теории размерности для проверки правильности формул....	3
Практическое занятие № 2. Применение методов измерения типовых физических величин.....	5
Практическое занятие № 3. Расчет погрешностей измерений	10
Практическое занятие № 4. Обработка экспериментальных данных при многократном измерений.....	14
Практическое занятие № 5. Выбор средств измерений по точности при измерении и контроле параметров	18
Практическое занятие № 6. Измерение параметров электрических сигналов.....	20
Практическое занятие № 7. Расчет рядов взаимосвязанных параметров.....	23
Практическое занятие № 8.Порядок заполнения бланка сертификата соответствия.....	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	32
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	33