

ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ  
Институт механики и энергетики  
Кафедра электротехники, физики и охраны труда

Мастепаненко М.А.

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И  
СЕРТИФИКАЦИЯ**

**Методические указания и задания  
к курсовой работе**

по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

профиль подготовки: «Системы электроснабжения городов, промышленных  
предприятий, сельского хозяйства и их объектов»  
для студентов всех форм обучения

Ставрополь 2025

УДК 389.001

ББК 30.10

**Метрология. стандартизация и сертификация:** методические указания и задания к курсовой работе / Мастепаненко М.А.; ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: 2025. – 53 с.

по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

профиль подготовки: «Системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства и их объектов»

для студентов всех форм обучения

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i> .....	3
<i>Структура курсовой работы</i> .....	4
<i>Требования к оформлению курсовой работы</i> .....	5
<b>РАЗДЕЛ ПО МЕТРОЛОГИИ</b> .....	7
1 Часть – Метрологическая оценка результата косвенного измерения .....	7
Задания для выполнения .....	7
Теоретические сведения .....	17
Рекомендации для выполнения .....	22
1.2 Решение задач .....	26
Задания для выполнения .....	27
Рекомендации для выполнения .....	40
<b>РАЗДЕЛЫ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ.</b> ..	41
Задания для выполнения .....	41
Рекомендации для выполнения .....	50
Рекомендуемая литература .....	51
Приложение 1 – Образец титульного листа .....	52
Приложение 2 – Бланк задания на курсовую работу .....	53

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Курсовая работа представляет собой вид учебной и научно-исследовательской работы, проводимой обучающимися самостоятельно под руководством преподавателя по определенным темам. Она призвана углубить знания обучающихся по изучаемым дисциплинам, полученные ими в ходе теоретических и практических занятий, привить им навыки самостоятельного изучения материала, исследовательской деятельности, а также сформировать у обучающихся навык подбирать, изучать и обобщать материалы источников информации на бумажных и электронных носителях.

### **Цели выполнения курсовой работы:**

- закрепление, углубление и совершенствование знаний и профессиональных умений;
- формирование навыков самостоятельной учебной и научно-исследовательской работы;
- развитие навыков работы с литературой (подбор, описание, анализ литературных источников);
- сформировать умение применять методы исследования при выполнении работы.

**Задачи курсовой работы** определяются ведущим преподавателям в соответствии со спецификой дисциплины и отражаются в методических указаниях по выполнению работы.

Положение о курсовой работе разработано в соответствии с:

- приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 06.04.2021 №245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата;
- федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по направлениям подготовки бакалавриата;
- Устава ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет».

Изучаемая дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» состоит из трех частей – метрологии, стандартизации и сертификации.

**Целью изучения данной дисциплины** является формирование у студентов знаний, умений и навыков в указанных областях знаний, что подтверждается выполнением курсовой работы.

## СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа состоит из текстовой части.

Курсовая работа оформляется в соответствии с общими правилами оформления научно-исследовательских работ и должна содержать:

- титульный лист (*Приложение 1*);
- содержание (оглавление);
- введение;
- основную часть;
- заключение с указанием основных результатов работы;
- список использованных источников литературы;
- приложения (при необходимости).

Общие требования:

*Титульный лист курсовой работы (проекта)* содержит следующие элементы: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет» института / факультета и кафедры, название дисциплины; тему курсовой работы (проекта); сведения об исполнителе (Ф.И.О. обучающегося, группа, подпись); сведения о преподавателе (Ф.И.О., ученая степень, ученое звание); наименование места и год выполнения; сведения о регистрации на кафедре, количество баллов (по БРС) и оценка (переведенная в пятибалльную систему), даты и подписью ведущего преподавателя.

*Содержание (Оглавление)* включает порядковые номера и наименование структурных элементов курсовой работы с указанием номера страницы, на которой они помещены.

*Введение* характеризует:

Актуальность темы исследования - обоснование теоретической и практической важности выбранной для исследования проблемы.

Цель и задачи курсовой работы - краткая и четкая формулировка цели проведения исследования и нескольких задач, решение которых необходимо для достижения поставленной цели.

Предмет исследования - формулировка конкретного вопроса или анализируемой проблемы.

Объект исследования.

Методы исследования (желательно)

Структура работы - краткое содержание глав и параграфов основной части работы.

Последовательность рубрик должна соответствовать приведенному перечню, наименование каждой рубрики выделяется в тексте жирным шрифтом.

*Основная часть курсовой работы* может содержать следующие части: главы; разделы (параграфы); пункты; подпункты.

*Заключение* - краткое изложение основных, наиболее существенных результатов проведенного анализа, сформулированных в виде выводов, соответствующих цели и поставленным во введении задачам исследования.

*В списке использованных источников литературы* должны быть представлены основные источники по теме:

- нормативно-правовые документы (ГОСТы, кодексы, стандарты, законы);
- учебники и учебные пособия;
- научные статьи, монографии и материалы научных конференций;
- интернет-ресурсы (официальные сайты организаций, базы данных)
- материалы лабораторных и полевых исследований;
- данные, собранные во время практик;

Список должен содержать не менее 10 современных источников, изученных обучающимися (преимущественно даты издания не более 5 лет относительно года написания курсовой работы, кроме исторических вопросов).

На основные приведенные в списке источники должны быть ссылки в тексте курсовой работы. Оформление ссылок на источники литературы определяется в методических рекомендациях по выполнению курсовой работы (проекта).

*Приложения* - вспомогательные иллюстративно-графические, табличные, расчетные и текстовые материалы, которые нецелесообразно (объем более 1 страницы) приводить в основном тексте курсовой работы (проекта).

Курсовая работа должна быть напечатана на стандартном листе писчей бумаги в формате А4 с соблюдением следующих требований:

- поля: левое - 30 мм, правое - 15 мм, верхнее - 20 мм, нижнее - 20 мм;
- шрифт размером 14 пт, гарнитурой Times New Roman;
- межстрочный интервал - полуторный;
- отступ красной строки - 1,25;
- выравнивание текста - по ширине.

Общий объем курсовой работы составляет 25-30 страниц. Объем введения: 2-3 страницы, заключения: 1-2 страницы, основной части: 20-25 страниц.

Курсовая работа состоит из трех разделов.

В *первой части первого раздела* (Метрология) производится метрологическая оценка результата косвенного измерения. Необходимо определить результат косвенного измерения физической величины, функционально выраженной через физические величины, заданные рядами равноточных измерений. Задания отличаются физическими величинами и их значениями. В этой части студенты должны показать умение выполнять метрологическую оценку результатов равноточных измерений и знание правил округления результатов вычисления.

Во *второй части первого раздела* каждому студенту заданы для решения номера пяти задач по прикладной метрологии в области

электроэнергетики. Шестьдесят шесть таких задач, некоторые из которых еще с дополнительными вариантами, приведены в настоящих указаниях.

Во *втором и третьем разделах* (Стандартизация и сертификация) студентам необходимо, пользуясь учебной литературой, раскрыть содержание теоретических вопросов, указанных в задании.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Обучающийся:

- выбирает тему курсовой работы, согласовывает ее с преподавателем, планирует график выполнения и консультаций;
- систематически посещает консультации и отчитывается об этапах работы согласно по графику;
- предоставляет на кафедру готовую работу в распечатанном виде;
- размещает готовую работу в электронном виде в личном кабинете в разделе «Курсы» для проверки преподавателем и подготовки справки о степени оригинальности работы из системы «Антиплагиат.ВУЗ»;
- защищает курсовую работу на кафедре.

## **ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Законченная и оформленная в соответствии с установленными требованиями курсовая работа предоставляется на кафедру для защиты.

Курсовая работа допускается к защите при выполнении следующих условиях:

- степень оригинальности текста курсовой работы не ниже 25% для работ, выполненных обучающимися по образовательным программам бакалавриата;
- наличия рецензии преподавателя, принимающего курсовую работу.

В соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов, обучающихся по образовательным программам высшего образования курсовую работу необходимо оценивать по следующим критериям с учетом установленных максимальных баллов:

<b>Критерий</b>	<b>Максимальное значение в баллах</b>	<b>Набранных баллов</b>
Оформление курсовой работы/проекта	10	
Содержание курсовой работы/проекта	60	
Защита курсовой работы/проекта	30	
<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>	

Перевод оценки из 100-балльной в пятибалльную систему оценки знаний осуществляется следующим образом:

89-100 - оценка «отлично»,

77 - 88 баллов - оценка «хорошо»,

65 - 76 баллов - оценка «удовлетворительно»,

менее 64 баллов - оценка «неудовлетворительно».

## РАЗДЕЛ ПО МЕТРОЛОГИИ

Метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. В жизни человек сталкивается с измерениями каждый день. Измерения имеют первостепенное значение для торговли, планирования, для обеспечения качества продукции, совершенствования технологий, медицины.

### 1 ЧАСТЬ – МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТА КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ

#### *Задания для выполнения*

Номера заданий выдаются преподавателем индивидуально каждому студенту.

#### **Задание**

Заданы ряды результатов равноточных измерений исходных физических величин. Необходимо провести метрологическую оценку результата конкретного косвенного измерения, согласно варианту. Определить:

- среднюю арифметическую погрешность единичного измерения в каждом ряду  $r$ ,
- среднюю квадратическую погрешность единичного измерения в каждом ряду  $S$ ,
- выполнить проверку соотношения между  $S$  и  $r$ ,
- погрешность определения средней квадратической погрешности  $\Delta S$ ,
- среднюю квадратическую погрешность результата измерения  $\bar{S}_x$ ,
- среднюю квадратическую погрешность результата косвенного измерения  $S_k$ ,
- результат косвенного измерения и получить доверительный интервал результата измерения.

1.

$P = P_1 + P_2$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P <sub>1</sub> , Вт	2150	2200	2260	2240	2180	2250	2230	2190	2220	2210
P <sub>2</sub> , Вт	912	922	920	918	913	917	917,5	925	915	915,5

2.

$P = U \cdot I$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	20	21	21	22	21	20	21	22	21	22
I, А	4,3	4,0	4,0	4,4	4,3	4,2	4,4	4,6	4,4	4,2

3.

$P = U^2 / R$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	20	22	21	23	20	19	22	21	20	20
R, Ом	100	101	100	102	100	103	106	103	104	101

4.

$P = U \cdot I$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	256	264	257	263	258	262	259	261	260	-
I, А	0,125	0,130	0,126	0,131	0,127	0,128	0,132	0,129	-	-

5.

$I = U / R$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	381	382	385	388	389	390	395	397	399	-
R, Ом	116	117	118	120	121	130	130,5	131	134	-

6.

$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	115	123	125	116	126	122	117	121	119	118
I, А	7,1	7,9	7,8	7,7	8,2	8,3	7,4	7,3	7,2	-

7.

$P_1 = P - P_2$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P, Вт	961	970	962	969	061	968	964	967	965	966
P <sub>2</sub> , Вт	441	449	442	448	443	447	444	446	445	-

8.

$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	50,05	50,02	50,02	50,04	50,01	50,02	50,02	50,01	50,02	50,02
I, А	10,05	10,04	10,05	10,05	10,02	10,03	10,04	10,02	10,00	10,01
cos φ	0,85	0,90	0,89	0,88	0,87	0,85	0,84	0,85	0,86	0,84

9.

$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	15,05	15,03	15,00	15,04	15,01	15,02	15,10	14,99	15,05	15,00
I, А	1,05	1,04	1,05	1,05	1,02	1,03	1,04	1,02	1,00	1,01
cos φ	0,852	0,901	0,895	0,887	0,873	0,850	0,849	0,856	0,865	0,841

10.

$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	175	183	176	182	177	181	178	180	179	-
I, А	6,31	6,32	6,39	6,33	6,38	6,34	6,37	6,35	6,36	-

11.

$s = U^2 / Z$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	50,05	50,02	50,02	50,04	50,01	50,02	50,02	50,01	50,02	50,02
Z, Ом	25,05	25,04	25,05	25,05	25,02	25,03	25,04	25,02	25,00	25,01

12.

$\sin \varphi = \frac{Q}{U \cdot I}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q, ВАп	250	251	252	253	254	257	255	259	260	-
U, В	138	137	136	140	141	141	142	143	146	135
I, А	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	-	-

13.

$W' = W \cdot K_{\text{ТТ}}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W, кВт·ч	755	756	757	760	761	763	770	775	780	-
$K_{\text{ТТ}}$	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,85	7,9

14.

$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R, Ом	50,05	50,02	50,02	50,04	50,01	50,02	50,02	50,01	50,02	50,02
X, Ом	50,05	50,04	50,05	50,05	50,02	50,03	50,04	50,02	50,00	50,01

15.

$X = \sqrt{Z^2 - R^2}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R, Ом	10,05	10,02	10,02	10,04	10,01	10,02	10,02	10,01	10,02	10,02
Z, Ом	50,05	50,04	50,05	50,05	50,02	50,03	50,04	50,02	50,00	50,01

16.

$P = I^2 \cdot R$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I, А	1,0	1,1	1,2	1,04	1,09	1,05	1,07	1,13	1,12	1,15
R, Ом	10,4	10,5	10,4	10,5	11	10,9	10,0	10,5	10,9	10

17.

$A = P \cdot t$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P, Вт	600	601	605	603	600	601	599	600	602	605
t, с	60, 2	60	60, 3	60,5	60	60,1	60,5	60,4	59	60

18.

$P = P_1 + P_2$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

P <sub>1</sub> , Вт	615	627	626	624	618	625	623	619	622	621
P <sub>2</sub> , Вт	312	321	320	318	313	314	317	317	315	315

19.

$\eta = \frac{P_1}{P_2}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P <sub>1</sub> , Вт	375	376	383	377	382	378	381	379	381	380
P <sub>2</sub> , Вт	731	739	732	738	733	737	734	-	735	736

20.

$\Delta W = W_2 - W_1$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W <sub>1</sub> , кВт·ч	186	187	189	190	195	193	198	199	188	-
W <sub>2</sub> , кВт·ч	635	636	637	638	638,5	637,7	636,6	639	-	-

21.

$I = I_1 + I_2 + I_3$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I <sub>1</sub> , А	6,15	6,27	6,26	6,24	6,18	6,25	6,23	6,19	6,22	6,21
I <sub>2</sub> , А	3,12	3,21	3,20	3,18	3,13	3,14	3,17	3,17	3,15	3,15
I <sub>3</sub> , А	0,63	0,64	0,63	0,59	0,65	0,64	0,65	0,64	0,63	0,62

22.

$Z = \frac{S}{I^2}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S, ВА	50,05	50,02	50,02	50,04	50,01	50,02	50,02	50,01	50,02	50,02
I, А	5,05	5,04	5,05	5,05	5,02	5,03	5,04	5,02	5,00	5,01

23.

$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P, Вт	175	180	176	181	177	182	178	183	179	180
U, В	256	263	257	262	258	261	259	261	260	-
I, А	76,5	77,9	82,3	76,5	76,6	76,7	76,7	76,8	-	-

24.

$K = \frac{E_1}{E_2}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E <sub>1</sub> , В	286	287	288	289	290	295	297	298	299	-
E <sub>2</sub> , В	135	140	139	145	146	154	153	150	155	-

25.

$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S, ВА	631	633	635	632	637	640	639	641	-	-
U, В	356	357	359	363	365	361	369	367	371	-

26.

$$Z = \frac{S}{I^2}$$

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S, BA	90,05	90,02	90,12	90,04,	90,01	90,15	90,02	90,01	90,02	90,22
I, A	3,15	3,14	3,25	3,45	3,10	3,13	3,14	3,02	3,00	3,11

27.

$$P = U \cdot I$$

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, B	200	201	201	202	201	200	207	202	201	215
I, A	2,3	2,0	2,1	-	2,3	2,2	1,9	2,6	2,4	2,2

28.

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

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I, A	1,01	1,15	1,27	1,04	1,09	-	1,17	1,13	1,12	-
R, Ом	10,34	10,35	10,34	10,37	11,00	10,39	10,30	10,45	10,39	-

29.

$$X = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R, Ом	10,15	10,12	10,12	10,14	10,11	10,12	10,12	10,11	10,12	10,12
Z, Ом	52,05	52,04	52,05	52,00	52,02	52,03	52,04	52,02	52,10	52,01

30.

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R, Ом	50,05	50,02	50,02	50,04	50,01	50,02	50,02	50,01	50,02	50,02
X, Ом	50,05	50,04	50,05	50,05	50,02	50,03	50,04	50,02	50,00	50,01

31.

$$W' = W \cdot K_{\text{ТТ}}$$

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W, кВт·ч	755	756	757	760	761	763	770	775	780	-
$K_{\text{ТТ}}$	7,15	7,25	7,30	7,40	7,17	7,16	7,17	7,18	7,25	7,26

32.

$$\sin \varphi = \frac{Q}{U \cdot I}$$

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q, BAп	250	251	252	253	254	257	255	259	260	-
U, B	138	137	136	140	141	141	142	143	146	135
I, A	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	-	-

33.

$$W' = W \cdot K_{\text{ТТ}}$$

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W, кВт·ч	735	736	737	740	741	743	-	735	750	-
$K_{\text{ТТ}}$	7,10	7,22	-	7,45	7,55	7,62	7,70	7,85	7,85	7,95

34.

$$\sin \varphi = \frac{Q}{U \cdot I}$$

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q, БАп	430	431	432	433	434	437	435	439	440	-
U, В	188	187	-	190	191	191	192	193	186	185
I, А	3,15	3,25	3,30	3,45	3,50	3,60	3,75	3,80	-	-

35.

$S = \frac{U^2}{Z}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	50,05	50,02	50,02	50,04	50,01	50,02	50,02	50,01	50,02	50,02
Z, Ом	25,05	25,04	25,05	25,05	25,02	25,03	25,04	25,02	25,00	25,01

36.

$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	165	173	166	172	177	168	170	180	169	-
I, А	1,31	1,32	1,39	1,30	-	1,34	1,37	1,35	1,36	1,39

37.

$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	50,05	50,02	50,02	50,04	50,01	50,02	50,02	50,01	50,02	50,02
I, А	5,05	10,04	10,05	10,05	10,02	10,03	10,04	10,02	10,00	10,01
$\sin \varphi$	0,45	0,49	0,48	0,48	0,47	0,45	0,44	0,45	0,46	0,44

38.

$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	60,05	60,02	60,02	60,04	60,01	60,02	60,09	60,03	60,02	60,02
I, А	1,05	1,04	1,05	1,05	1,02	1,03	1,04	-	1,00	1,01
$\cos \varphi$	0,81	0,92	0,89	0,87	0,81	0,85	0,80	0,92	0,86	-

39.

$P_1 = P - P_2$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P, Вт	1061	1070	1062	1069	1061	1068	1064	1067	1065	1066
P <sub>2</sub> , Вт	641	649	642	-	643	647	644	646	645	-

40.

$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	105	113	115	106	116	112	117	121	119	-
I, А	1,1	1,9	1,8	1,7	2,2	1,3	1,4	1,3	1,2	-

41.

$I = \frac{U}{R}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	381	382	385	-	389	390	395	397	399	-
R, Ом	116	117	118	120	121	130	130,5	131	134	-

42.

$P = U \cdot I$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	226	224	227	223	228	222	229	221	230	-

I, A	0,125	0,130	0,126	0,131	0,127	0,128	0,132	0,129	0,124	0,132
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

43.

$P = \frac{U^2}{R}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, B	20,5	22,0	21,0	23,0	20,4	19,9	22,3	21,2	20,4	20,3
R, Ом	100	101	109	102	-	103	106	103	104	101

44.

$P = U \cdot I$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, B	200	210	215	220	212	200	210	225	214	226
I, A	3,3	3,0	3,0	3,4	3,3	3,2	3,4	3,6	3,4	3,2

45.

$R = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R <sub>1</sub> , Ом	100	101	102	99	103	105	97	96	100	102
R <sub>2</sub> , Ом	200	198	204	205	206	199	200	199	201	202
R <sub>3</sub> , Ом	300	306	305	294	295	301	299	297	303	302

46.

$P = \frac{U^2}{R}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, B	60	59	65	58	62	63	58,5	62	61	64
R, Ом	200	201	200	202	200	203	206	203	204	201

47.

$I = \frac{U}{R}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, B	182	184	187	190	188	191	192	187	189	-
R, Ом	146	147	148	140	141	150	155	141	144	-

48.

$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, B	245	243	245	236	246	242	237	241	239	238
I, A	3,1	3,9	3,85	3,7	3,2	3,35	3,4	3,3	3,2	-

49.

$P = P_1 + P_2$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P <sub>1</sub> , Вт	7610	7600	7620	7590	7610	7580	7640	7630	7650	7660
P <sub>2</sub> , Вт	541	549	542	548	543	547	544	546	545	-

50.

$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, B	52,5	52,2	52,2	52,4	52,1	52,2	52,2	52,1	52,2	52,2
I, A	1,5	1,4	1,5	1,5	1,2	1,3	1,4	1,2	1,0	1,1

$\cos \varphi$	0,75	0,80	0,79	0,78	0,77	0,75	0,74	0,75	0,76	0,74
----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

51.

$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	42,05	42,02	42,07	42,04	42,01	42,05	42,02	42,01	42,02	42,03
I, А	1,15	1,14	1,15	1,15	1,12	1,13	1,14	1,12	1,10	1,11
$\sin \varphi$	0,85	0,89	0,88	0,88	0,87	0,85	0,84	0,85	0,86	0,84

52.

$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	277	280	278	284	279	283	278	282	278	-
I, А	3,64	3,62	3,69	3,63	3,69	3,65	3,67	3,65	3,66	-

53.

$S = \frac{U^2}{Z}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	25,05	25,02	25,07	25,04	25,01	25,02	25,02	25,01	25,02	25,10
Z, Ом	125,03	125,02	125,02	125,03	125,00	125,01	125,02	125,02	125,04	125,01

54.

$\sin \varphi = \frac{Q}{U \cdot I}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q, ВАп	360	363,5	362	363	364	367	365	369	370	-
U, В	228	223	226	224	221	221	222	223	226	225
I, А	4,15	4,25	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	-	4,75

55.

$W' = W \cdot K_{\text{ТТ}}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W, кВт·ч	5955	5956	5957	5960	5961	5963	5970	5975	5980	-
$K_{\text{ТТ}}$	8,1	8,2	8,3	7,9	8,5	8,6	8,7	8,8	7,85	7,9

56.

$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R, Ом	150,5	150,2	150,2	150,4	150,1	150,2	150,2	150,1	150,2	150,2
X, Ом	152,5	152,3	152,5	152,9	152,2	152,3	152,4	152,2	152,0	152,1

57.

$X = \sqrt{Z^2 - R^2}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R, Ом	100,5	100,2	100,25	100,4	100,1	100,2	100,2	100,1	100,2	100,5
Z, Ом	253,5	253,2	253,5	253,5	253,2	253,3	253,4	253,2	253,0	254,0

58.

$P = I^2 \cdot R$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I, А	1,13	1,12	1,2	1,14	1,09	1,05	1,07	1,13	1,12	1,15

R, Ом	204	205,5	204	205	210	209	215	205	209	210
-------	-----	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

59.

$A = P \cdot t$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P, Вт	1305	1301	1305	1303	1300	1301	1299	1304	1302	1298
t, с	360	361	363	365	359	367	365	364	359	360

60.

$P = P_1 + P_2$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P <sub>1</sub> , Вт	1150	1200	1260	1240	1180	1250	-	1190	1220	1210
P <sub>2</sub> , Вт	902	904	910	908	903	907	909	902,5	903	905,5

61.

$\eta = \frac{P_1}{P_2}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P <sub>1</sub> , Вт	435	436	433	437	432	438	438	439	440	438,5
P <sub>2</sub> , Вт	931	939	945	938	933	937	934	930	935	936

62.

$\Delta W = W_2 - W_1$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W <sub>2</sub> , кВт·ч	2214	2218	2215	2218,6	2225	2213	2218	2218,9	2216	2210
W <sub>1</sub> , кВт·ч	1335	1336	1337	1338	1338,5	-	1336,6	1339	1345	1337,7

63.

$I = I_1 + I_2 + I_3$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I <sub>1</sub> , А	16,15	16,27	16,26	16,24	16,18	16,25	16,23	16,19	16,22	16,21
I <sub>2</sub> , А	4,3	4,1	4,6	4,8	4,2	4,4	4,5	4,7	4,35	4,15
I <sub>3</sub> , А	2,63	2,64	-	2,59	2,65	2,64	2,65	2,64	2,63	2,62

64.

$Z = \frac{S}{I^2}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S, ВА	2550	2520	2512	2540	2510	2525	2529	2521	2530	2522
I, А	3,15	3,14	3,25	3,12	3,10	3,13	3,14	3,12	3,00	3,11

65.

$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P, Вт	650	685	662	600	670	620	680	630	690	700
U, В	326	323	327	322	328	321	329	321	320	335
I, А	5,65	5,79	6,63	5,65	5,66	5,67	5,66	5,68	-	5,72

66.

$K = \frac{E_1}{E_2}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E <sub>2</sub> , В	295	291	293	299	310	305	297	298	299	315

E <sub>1</sub> , В	157	162	159	-	153	164	153	160	155	165
--------------------	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----

67.

$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S, ВА	521	523,5	525	522	527	530	529,5	531	-	512
U, В	145,6	145,5	145,9	-	145,5	145,1	145,9	145,6	145,1	145,3

68.

$Z = \frac{S}{I^2}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S, ВА	155,1	155,2	155,3	155,7	155,9	155,3	155,4	155,1	155,8	-
I, А	1,2	1,4	1,5	1,5	1,2	1,3	1,4	1,2	1,0	1,1

69.

$\eta = \frac{P_1}{P_2}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P <sub>2</sub> , Вт	831	839	832	838	833	837	834	-	835	836
P <sub>1</sub> , Вт	475	476	483	477	482	478	481	479	480	481

70.

$R = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R <sub>1</sub> , Ом	9,5	9,35	9,02	9,05	9,15	9,50	10,0	10,25	10,0	10,2
R <sub>2</sub> , Ом	20,0	19,8	20,4	20,5	20,6	19,9	20,0	19,9	20,1	20,2
R <sub>3</sub> , Ом	32,0	32,6	32,5	29,4	29,5	30,1	29,9	31,7	30,3	32,2

## *Теоретические сведения*

### **Порядок выполнения метрологической оценки результата косвенного измерения**

Целью любых измерений является получение результата измерения, то есть значения физической величины, найденного путем ее измерения. Однако, на практике не удастся получить значение физической величины, которое бы идеальным образом отражало ее истинное значение. В связи с этим возникает проблема определения того, насколько результат измерения отклоняется от истинного значения измеряемой величины, то есть проблема определения погрешности измерения. На важность задачи метрологической оценки результатов измерений указывает тот факт, что этот вопрос выделен в специальный раздел метрологии.

Рассмотрим особенности выполнения метрологической оценки результата косвенного измерения. При этом определяются следующие погрешности.

*Средняя арифметическая погрешность единичного измерения в ряду измерений* – определяется как среднее арифметическое значение из абсолютных значений  $i$ -ых погрешностей, присущих ряду измерений и вычисляется по формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n}, \quad (1)$$

где  $X_i$  – результат  $i$ -го измерения, входящего в ряд измерений;

$\bar{X}$  – среднее арифметическое из  $n$  значений величины;

$|X_i - \bar{X}|$  – абсолютное значение погрешности  $i$ -го измерения;

$i$  – номер измерения;

$n$  – число измерений.

Она дает обобщенную характеристику погрешности каждого измерения, входящего в ряд.

*Средняя квадратическая погрешность единичного измерения в ряду из  $n$  измерений* – это обобщенная характеристика рассеяния результатов, полученных в ряду независимых измерений одной и той же величины, вследствие влияния случайных погрешностей. Вычисляется по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}. \quad (2)$$

При достаточно большом числе измерений ( $n > 30$ ) между средней арифметической  $r$  и средней квадратической  $S$  погрешностями существует соотношение:

$$S = 1,25 \cdot r. \quad (3)$$

Преимуществом средней арифметической погрешности  $r$  является простота ее вычисления. Все же в большинстве случаев чаще применяется средняя квадратическая погрешность  $S$ , так как она является эффективной оценкой дисперсии.

Средняя квадратическая погрешность равна квадратному корню из дисперсии. Дисперсия характеризует рассеяние отдельных значений случайной величины. Чем меньше средняя квадратическая погрешность, тем меньше рассеяние и выше качество измерений.

В нормативно-технических документах в области метрологии применяют термин «среднее квадратическое отклонение», тогда как в технической литературе, связанной с обработкой результатов измерений, используется термин «средняя квадратическая погрешность».

В практике измерений необходимо всегда помнить о том, что случайные погрешности равновероятны по знаку, потому в оценке результатов измерений целесообразно ставить знак « $\pm$ » перед числовым значением погрешностей.

*Погрешность определения средней квадратической погрешности* –

оценивается на практике при ограниченном числе измерений. В этом случае для нормального закона распределения применяется формула:

$$\Delta S = \frac{S}{\sqrt{2 \cdot (n-1)}}. \quad (4)$$

*Средняя квадратическая погрешность результата измерения* вычисляется по формуле:

$$\bar{S}_x = \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (5)$$

Средняя квадратическая погрешность результата измерения в  $\sqrt{n}$  раз меньше средней квадратической погрешности единичного измерения.

Также эта погрешность в литературе известна как «оценка среднего квадратического отклонения». Дело в том, что на практике обычно используют не математическое ожидание (величину, относительно которой рассеиваются погрешности отдельных измерений) и дисперсию (характеризует рассеивание результатов отдельных измерений), а их оценки, так как невозможно провести неограниченное число измерений. Они являются случайными числовыми характеристиками измеряемой величины. Так, среднее арифметическое является оценкой измеряемой величины.

*Средняя квадратическая погрешность результата косвенных измерений* – величина, являющаяся функцией нескольких переменных:  $X = f(y_1, y_2, \dots, y_n)$ , вычисляется по формуле:

$$S_k = \sqrt{\left(\frac{dF}{dy_1}\right)^2 \cdot \bar{S}_1^2 + \left(\frac{dF}{dy_2}\right)^2 \cdot \bar{S}_2^2 + \dots + \left(\frac{dF}{dy_n}\right)^2 \cdot \bar{S}_n^2}, \quad (6)$$

где  $\bar{S}_1, \bar{S}_2, \dots, \bar{S}_n$  – средние квадратические погрешности результатов измерений величин  $y_1, y_2, \dots, y_n$ .

В инженерной практике точность измерений обычно выражается интервалом, в котором с установленной вероятностью (доверительной вероятностью  $P$ ) находится истинное значение измеряемой величины.

*Доверительный интервал погрешности результата измерений* – это интервал  $(\bar{X} - \Delta_\Sigma; \bar{X} + \Delta_\Sigma)$ , в который попадает измеряемая величина  $X$  с заданной вероятностью  $P$ . Ясно, что чем больше доверительный интервал, тем с большей вероятностью в него попадает значение измеряемой величины. Обычно доверительные интервалы строят, основываясь на распределении Стьюдента. При этом  $\Delta_\Sigma = t_S \cdot S_k$ , где  $t_S$  – коэффициент Стьюдента, который зависит от принятой доверительной вероятности (обычно 0,95) и числа измерений. Он используется на практике для определения доверительных интервалов при малом числе измерений ( $3 \leq n < 20$ ). В таблице 1.2 представлены значения коэффициента Стьюдента.

Таблица 1.2 – Значения распределения Стьюдента

<i>n</i>	Доверительная вероятность				
	0,90	<b>0,95</b>	0,98	0,99	0,999
2	6,31	12,71	31,82	63,68	636,62
3	2,92	4,30	6,97	9,93	31,60
4	2,35	3,18	4,54	5,84	2,92
5	2,13	2,78	3,75	4,60	8,61
6	2,02	2,57	3,37	4,06	6,87
7	1,94	2,45	3,14	3,71	5,96
8	1,90	2,37	3,00	3,50	5,41
9	1,86	2,31	2,90	3,36	5,04
10	1,83	2,26	2,82	3,25	4,78
11	1,81	2,23	2,76	3,17	4,59
12	1,80	2,20	2,72	3,11	4,44
13	1,78	2,18	2,68	3,06	4,32
14	1,77	2,16	2,65	3,01	4,22
15	1,76	2,15	2,62	2,98	4,14
16	1,75	2,13	2,60	2,95	4,07
17	1,75	2,12	2,58	2,92	4,02
18	1,74	2,11	2,57	2,90	3,97
19	1,73	2,10	2,55	2,88	3,92
20	1,73	2,09	2,54	2,86	3,88
∞	1,65	1,96	2,33	2,58	3,29

### ***Рекомендации для выполнения***

В качестве примера рассмотрим выполнение метрологической оценки результата косвенного измерения действительной постоянной счетчика электрической энергии  $C_0 = \frac{P \cdot t}{N}$ , где  $P$  – мощность,  $t$  – время,  $N$  – количество оборотов диска.

Ряды результатов равноточных измерений исходных физических величин:

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P$ , Вт	220	215	206	210	215	220	217	208	205	230
$t$ , с	300	315	307	291	290	300	305	306	320	309
$N$ , об	30	33	31	28	27	30	34	26	29	32

1) Определяем *среднюю арифметическую погрешность единичного измерения в каждом ряду измерений.*

для  $P$ :

- среднее арифметическое из  $n$  значений величины –  $\bar{P}$ :

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} = \frac{220 + 215 + \dots + 230}{10} = \frac{2146}{10} = 214,60 \text{ Вт.}$$

- средняя арифметическая погрешность единичного измерения в ряду измерений –  $r_p$ :

$$\begin{aligned} r_p &= \frac{\sum_{i=1}^n |P_i - \bar{P}|}{n} = \frac{|220 - 214,6| + |215 - 214,6| + \dots + |230 - 214,6|}{10} = \\ &= \frac{|5,4| + |0,4| + \dots + |15,4|}{10} = \frac{58,8}{10} = \pm 5,88 \text{ Вт.} \end{aligned}$$

Аналогично  $\bar{t} = 304,3$  с,  $r_t = \pm 7,24$  с;  $\bar{N} = 30$  об,  $r_N = \pm 2$  об.

2) Определяем *среднюю квадратическую погрешность единичного измерения в ряду измерений.*

для P:

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n - 1}}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{5,4^2 + 0,4^2 + \dots + 15,4^2}{9}} = \sqrt{\frac{29,16 + 0,16 + \dots + 237,16}{9}} = \sqrt{\frac{532,4}{9}} = \pm 7,69$$

Вт

Аналогично  $S_t = \pm 9,49$  с,  $S_N = \pm 2,58$  об.

3) Выполняем проверку соотношения между  $r$  и  $S$  в каждом ряду:

$$S = 1,25 \cdot r$$

для P:  $S_p = 1,25 \cdot r_p \rightarrow 7,69 = 1,25 \cdot 5,88 = 7,35;$

для t:  $S_t = 1,25 \cdot r_t \rightarrow 9,49 = 1,25 \cdot 4,24 = 9,05;$

для N:  $S_N = 1,25 \cdot r_N \rightarrow 2,58 = 1,25 \cdot 2,00 = 2,5.$

Вывод: так как  $n = 10 < 30$ , то и выполнение этих условий приблизительно.

4) Определяем *погрешность определения средней квадратической*

погрешности.

для P:

$$\Delta S_P = \frac{S_P}{\sqrt{2 \cdot (n-1)}} = \frac{7,69}{\sqrt{2 \cdot 9}} = \pm 1,81 \text{ Вт.}$$

Следовательно, значение  $S_P$  лежит в диапазоне от 5,89 – так как  $(7,69-1,81=5,89)$  до 9,51 – так как  $(7,69+1,81)$  и можно записать:  $S_P = \pm 8$  Вт (находим среднее и округляем до ближайшего целого).

Аналогично значение  $S_t$  лежит в диапазоне от 7,25 до 11,73 и можно записать  $S_t = \pm 10$  с. Значение  $S_N$  лежит в диапазоне от 1,97 до 3,19 и можно записать  $S_N = \pm 3$  об.

Пользуясь правилами округления, записываем *окончательные результаты* рядов измерений.

для P:  $P = \bar{P} \pm S_P \rightarrow P = 214,6 \pm 8 \text{ Вт} = 215 \pm 8 \text{ Вт};$

для t:  $t = \bar{t} \pm S_t \rightarrow t = 304,3 \pm 10 \text{ с} = 304 \pm 10 \text{ с};$

для N:  $N = \bar{N} \pm S_N \rightarrow N = 30 \pm 3 \text{ об.}$

5) Определяем *среднюю квадратическую погрешность результата измерения.*

для P:

$$\bar{S}_P = \frac{S_P}{\sqrt{n}} = \frac{7,69}{\sqrt{10}} = \pm 2,4 \text{ Вт}$$

Аналогично  $\bar{S}_t = \pm 3,0 \text{ с.}$  и  $\bar{S}_N = \pm 0,8 \text{ об.}$

б) Определяем *среднюю квадратическую погрешность результата косвенного измерения  $C_\delta$ .*

Так как  $C_\delta = \frac{P \cdot t}{N}$ , то  $C_\delta = f(P, t, N)$ . Тогда:

$$S_k = \sqrt{\left(\frac{dF}{dP}\right)^2 \cdot \bar{S}_P^2 + \left(\frac{dF}{dt}\right)^2 \cdot \bar{S}_t^2 + \left(\frac{dF}{dN}\right)^2 \cdot \bar{S}_N^2},$$

где  $\bar{S}_P = \pm 2,4 \text{ Вт}$ ,  $\bar{S}_t = \pm 3,0 \text{ с}$ ,  $\bar{S}_N = \pm 0,8 \text{ об.}$

Находим производные:

$$\frac{dF}{dP} = \left( \frac{P \cdot t}{N} \right)' = \frac{t}{N} \cdot P' = \frac{t}{N};$$

$$\frac{dF}{dt} = \frac{P}{N} \cdot t' = \frac{P}{N};$$

$$\frac{dF}{dN} = (P \cdot t) \cdot \left( \frac{1}{N} \right)' = (P \cdot t) \cdot \left( -\frac{1}{N^2} \right) = -\frac{P \cdot t}{N^2}.$$

Находим квадраты производных:

$$\left( \frac{dF}{dP} \right)^2 = \left( \frac{\bar{t}}{N} \right)^2 = \left( \frac{304,3}{30} \right)^2 = 102,9;$$

$$\left( \frac{dF}{dt} \right)^2 = \left( \frac{\bar{P}}{N} \right)^2 = \left( \frac{214,6}{30} \right)^2 = 51,2;$$

$$\left( \frac{dF}{dN} \right)^2 = \left( -\frac{\bar{P} \cdot \bar{t}}{N^2} \right)^2 = \left( -\frac{214,6 \cdot 304,3}{30^2} \right)^2 = 5264,7.$$

$$\begin{aligned} \text{Тогда } S_{\kappa} &= \sqrt{102,9 \cdot 2,4^2 + 51,2 \cdot 3^2 + 5264,7 \cdot 0,8^2} = \\ &= \sqrt{592,7 + 460,8 + 3369,4} = \sqrt{4422,9} = \pm 66,50 \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{об}}. \end{aligned}$$

7) Вычисляем границы доверительного интервала погрешности результата измерения:

$$\Delta_{\Sigma} = t_s \cdot S_{\kappa}, \text{ где } t_s = 2,26 \text{ так как } n = 10, P = 0,95.$$

$$\Delta_{\Sigma} = 2,26 \cdot 66,50 = 150,29.$$

Тогда, согласно правилу записи результатов измерения:

$$C_{\delta} = \bar{C}_{\delta} \pm \Delta_{\Sigma},$$

$$\text{где } \bar{C}_{\delta} = \frac{\bar{P} \cdot \bar{t}}{N} = \frac{214,60 \cdot 304,30}{30} = 2176,76 \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{об}}.$$

$$C_{\delta} = 2176,7 \pm 150,3 \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{об}} \text{ при } P = 0,95, n = 10.$$

И доверительный интервал результата измерения с вероятностью 0,95 будет равен (2026,4; 2327,0).

## 1.2 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

### *Задания для выполнения*

В этом разделе каждому студенту необходимо решить 5 задач, номера которых выданы преподавателем индивидуально.

1. В трехфазную сеть с равномерной нагрузкой фаз включены два ваттметра, показания которых соответственно равны 95 Вт и 385 Вт. Определить коэффициент мощности. Начертить схему включения приборов.

2. Показания приборов в цепи переменного тока с индуктивной катушкой: амперметра - 20 А, вольтметра - 120 В, ваттметра - 1500 Вт, частотомера - 50 Гц. Определить активное сопротивление и индуктивность катушки. Изобразить схему включения приборов.

3. При измерении напряжения используется вольтметр класса 1,5 с верхним пределом  $U_n = 100$  В. Определить максимальную допустимую абсолютную погрешность вольтметра.

4. В цепь переменного тока включен ваттметр на ток 5 А, напряжение 300 В со шкалой на 150 делений через трансформаторы тока 200/5 и напряжения 6000/100. Определить потребляемую мощность нагрузки, если показания ваттметра составили 53 деления. Привести схему включения измерительных приборов.

5. Два сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  и амперметр включены параллельно в цепь. В цепях с  $R_1$  и  $R_2$  текут токи  $I_1 = 2$  А и  $I_2 = 4$  А, а в неразветвленной части цепи течет ток  $I = 10$  А. Показание амперметра равно 3,5 А. Определить абсолютную и относительную погрешности амперметра. Привести схему.

6. На электростанции установлены счетчики активной и реактивной энергии. За год работы показания счетчиков увеличились соответственно на 110000 кВт·ч и 70000 кВАр·ч. Определить среднегодовой коэффициент мощности.

7. Измерение сопротивления изоляции электродвигателя производится с помощью магнитоэлектрического вольтметра с сопротивлением 50 кОм. Определить сопротивление изоляции, если напряжение сети равно 220 В, а показание вольтметра при последовательном его включении с сопротивлением изоляции равно 20 В.

8. Какова максимально допустимая абсолютная погрешность амперметра класса точности 0,5 с пределом измерения тока  $I_n = 5$  А?

9. Счетчик активной энергии подключен к сети через измерительные трансформаторы тока и напряжения. В начале месяца счетчик имел показания - 1234,2 кВт·ч, а в конце месяца - 1478,5 кВт·ч. Номинальные данные счетчика: напряжение 220 В, ток 5 А. Коэффициент трансформации трансформатора тока - 50/5, напряжения - 3000/100. Определить энергию, израсходованную за месяц. Изобразить схему включения измерительных

приборов.

10. Для определения мощности электропечи были измерены: напряжение сети 127 В и ток 100 А. Напряжение сети было измерено вольтметром с пределом измерения 150 В класса точности 1,5. Ток был измерен амперметром с пределом измерения 150 А класса точности 2,5. Определите мощность печи и наибольшую возможную абсолютную и относительную погрешности при ее измерении.

11. Определить максимально допустимую абсолютную погрешность электродинамического ваттметра класса точности 1,0 с пределами измерений: по току  $I_n = 5$  А, по напряжению  $U_n = 300$  В.

12. Счетчик активной энергии в начале месяца показал 6852 кВт·ч, в конце месяца - 9156 кВт·ч, счетчик реактивной энергии соответственно 972,5 кВАр·ч и 1123 кВАр·ч. Определить среднемесячный коэффициент мощности.

13. Для измерения тока в цепи использован амперметр на 5 А, имеющий сопротивление 0,8 Ом. Определить ток, протекающий по цепи, и коэффициент, на который нужно умножить показания амперметра, если последний включен с шунтом  $R_{ш} = 0,02$  Ом, а его стрелка остановилась на делении 2,2 А.

14. В цепи трехфазного тока с равномерной нагрузкой, соединенной в звезду для измерения активной мощности используют два ваттметра. Общая мощность, измеренная ваттметрами равна 2 кВт. Фазный ток равен 10А, линейное напряжение - 220В. Определить показания каждого ваттметра.

15. В мостовой схеме при изменении  $R=200$  Ом на величину 4 Ом в измерительной диагонали появился ток 20 мА. Определить абсолютную и относительную чувствительность мостовой схемы по току.

16. Для измерения энергии были найдены: напряжение с погрешностью  $\delta_u = 1\%$ , сопротивление с погрешностью  $\delta_r = 1,5\%$ , время с погрешностью  $\delta_t = 0,5\%$ . Определить относительную погрешность измерения.

17. Определить активную и полную мощности трехфазной сети, если измерение производится методом двух ваттметров (на  $P_n = 300$  Вт, со шкалой на 150 делений), включенных через трансформаторы тока ( $k_{тт} = 25/5$ ) и напряжения ( $k_{тн} = 500/100$ ). Ваттметры показывают 100 и 130 делений. Изобразить схему включения измерительных приборов.

18. Имеются амперметры с пределами измерения: 2А, 3А и 5А, у которых классы точности соответственно равны: 0,5; 0,2; 0,1. Какой прибор следует выбрать, если им необходимо измерить ток 2 А с наибольшей точностью?

19. По показаниям амперметра  $I = 20$  А, вольтметра  $U = 120$  В и ваттметра  $P = 2,0$  кВт определить активное и индуктивное сопротивление катушки. Привести схему включения приборов и построить векторную диаграмму.

20. На счетчике для учета электроэнергии написано «1 кВт·ч - 2500 оборотов диска». Определите потребляемую мощность, если диск счетчика сделал за 40 секунд 20 оборотов.

21. В симметричную сеть трехфазного тока включены по схеме «треугольник» три одинаковых потребителя, у каждого из них  $R=20\ \text{Ом}$ ,  $X_L=30\ \text{Ом}$ . Определить показания ваттметра и потребляемую активную мощность, если  $U = 220\ \text{В}$ . Изобразить схему включения измерительных приборов.

22. Предел измерения электростатического вольтметра 2 кВ. Требуется расширить предел измерения до 10 кВ. Определить емкость добавочного конденсатора, если емкость вольтметра равна  $2 \cdot 10^{-5}\ \text{мкФ}$ ?

23. Миллиамперметр рассчитан на ток 100 мА и имеет чувствительность по току 0,1 дел/мА. Определите число делений шкалы, цену деления и ток, если стрелка миллиамперметра отклонилась на 7 делений.

24. Проводится измерение взаимной индуктивности двух катушек с помощью совокупных измерений при напряжении 200 В с частотой 50 Гц. Для измерения используются амперметр и ваттметр. Определить взаимную индуктивность катушек, если при согласном их включении приборы показали: ток 3 А, мощность 200 Вт, а при встречном включении - ток 5 А, мощность 250 Вт.

25. Элемент, у которого ЭДС равна 1,5 В, а внутреннее сопротивление 0,3 Ом, замкнут на внешнее сопротивление 14,7 Ом. Определить относительную погрешность при расчете тока цепи, если внутренним сопротивлением элемента можно пренебречь.

26. Амперметр с внутренним сопротивлением 0,02 Ом и вольтметр с сопротивлением 200 Ом применяются для измерения сопротивления якоря электродвигателя. При измерении приборы показали:  $I = 4,5\ \text{А}$ ,  $U = 2,0\ \text{В}$ . Определить относительную погрешность измерения. Изобразить схему включения измерительных приборов.

27. Ваттметр, вольтметр и амперметр, включенные в однофазную цепь, дали показания:  $P = 2\ \text{Вт}$ ,  $U = 8\ \text{В}$ ,  $I = 0,3\ \text{А}$ . Определить значение угла сдвига фаз между напряжением  $U$  и током  $I$ . Изобразите схему включения измерительных приборов и построить векторную диаграмму.

28. К амперметру с номинальным током 5 А и внутренним сопротивлением 0,1 Ом подключен шунт сопротивлением 0,01 Ом. Определить верхний предел измерения амперметра с шунтом.

29. Определить предел измерения и чувствительность вольтметра со шкалой на 150 делений и ценой деления 0,3 В/дел.

30. Приборы, включенные в однофазную цепь, дали показания:  $P = 5\ \text{Вт}$ ,  $U = 60\ \text{В}$ ,  $I = 0,2\ \text{А}$ . Определить активную и реактивную составляющие сопротивления. Изобразить схему включения измерительных приборов.

31. При измерении мощности с помощью вольтметра ( $U_H = 300\ \text{В}$ , класс точности 1,5) и амперметра ( $I_H = 5\ \text{А}$ , класс точности 1,0) их показания соответственно составили:  $U = 215\ \text{В}$  и  $I = 3\ \text{А}$ . Определить нижнюю и верхнюю границы результата измерения мощности и относительную

погрешность измерения.

32. При измерении мощности ваттметром, имеющим класс точности 0,2, рассчитанным на номинальную мощность 300 Вт, получено показание 120 Вт. Найдите нижнюю и верхнюю границы результата измерения мощности, в пределах которых заключено действительное значение измеряемой мощности.

33. При поверке счетчика переменного тока поддерживались неизменными напряжение 220 В и ток 2 А. В течение 3 минут число оборотов счетчика, измеренное три раза, составило: 123, 125, 124. Определить действительную постоянную счетчика.

34. Определите относительную погрешность измерения тока в 1 А амперметром, имеющим класс точности 2,0 и пределом 5 А.

35. На щитке счетчика написано «220 В, 5 А, 1кВт·ч = 500 оборотов диска». Определите погрешность счетчика, если при поверке получены значения: напряжения  $U = 220$  В, тока  $I = 3$  А, диск сделал 10 оборотов за 1 минуту. Изобразить схему включения счетчика.

36. К вольтметру с внутренним сопротивлением 8 кОм подключено добавочное сопротивление  $R_d = 12$  кОм. При наличии добавочного сопротивления с помощью этого вольтметра можно измерить напряжение до 500 В. Определить, какое напряжение можно измерить этим прибором без добавочного сопротивления.

37. Магнитоэлектрический вольтметр имеет предел измерений 100 В, внутреннее сопротивление  $R = 10$  кОм и число делений шкалы, равное 100. Определить цену деления вольтметра при включении его с добавочным резистором, сопротивление которого равно  $R_d = 30$  кОм.

38. Ваттметр ( $I_n = 5$  А,  $U_n = 150$  В, шкала на 150 делений) включен через измерительный трансформатор тока 100/5 и измерительный трансформатор напряжения 6000/100 для измерения мощности потребителя. Определить мощность цепи, если ваттметр показывает 120 делений. Привести схему включения измерительных приборов.

39. Амперметр со шкалой на 5 А и сопротивлением 0,8 Ом зашунтирован для измерения больших значений тока. При измерении тока 70 А стрелка прибора остановилась против деления 2,8 А. Определить сопротивление шунта.

40. Показания поверяемого амперметра  $I = 2,0$  А ( $I_n = 5,0$  А). Показания образцового амперметра, включенного последовательно с поверяемым амперметром, равны  $I_o = 2,2$  А. Определить относительную и приведенную погрешности амперметра.

41. Прибор имеет шкалу на 150 делений и класс точности 0,1. Определить относительную погрешность измерения физической величины, если прибор показал 90 делений.

42. Определите относительную погрешность измерения ЭДС генератора при измерении ее вольтметром с сопротивлением 20 кОм, если внутреннее сопротивление генератора 0,15 Ом.

43. Однофазный ваттметр, рассчитанный на напряжение 220 В и ток 5 А, включен через трансформатор тока ( $k_{\text{ТТ}} = 300/5$ ) в трехфазную цепь с симметричной нагрузкой. Определить полную мощность трехфазной цепи, если ваттметр показал 300 Вт. Привести схему включения измерительных приборов.

44. Температура горячего спая (сварки) термопары равна  $820^{\circ}\text{C}$ , а температура ее свободных концов -  $20^{\circ}\text{C}$ . Определить температурный коэффициент материала термопары, если ЭДС термопары равна 8 мВ.

45. При измерении мощности в цепи трехфазного переменного тока методом двух ваттметров показания одного из ваттметров оказались равны нулю. Определить коэффициент мощности и активную мощность всей цепи.

46. По катушке, присоединенной к сети постоянного тока напряжением 110 В, протекает ток 1,8 А. По той же катушке, присоединенной к сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц, протекает ток 2,5 А. Определить индуктивность катушки.

47. Определить наибольшую возможную относительную погрешность измерения электрической энергии с помощью ваттметра ( $P_{\text{н}} = 300$  Вт, класс точности 1,0) и секундомера за 3 минуты, измеренные с точностью до 1 секунды. Ваттметр показал 100 Вт.

48. Для измерения мощности в трехпроводной трехфазной цепи при равномерной нагрузке фаз установлены два однофазных ваттметра. Определить коэффициент мощности установки, если показания ваттметров 380 Вт и 210 Вт. Изобразить схему включения измерительных приборов.

49. Два вольтметра с одинаковыми пределами измерения 300 В, но с разными внутренними сопротивлениями:  $R_1 = 3$  кОм,  $R_2 = 2$  кОм, соединены последовательно и включены на напряжение 380 В. Определить показания каждого вольтметра.

50. Определить показания каждого ваттметра в цепи трехфазного тока, если мощность измеряется по схеме двух ваттметров, нагрузка фаз равномерная, соединена в звезду, фазный ток 5 А, линейное напряжение 220 В, активная мощность, измеренная ваттметрами, составляет 1000 Вт.

51. Поверяется вольтметр типа Э421 класса точности 2,5 с пределом измерения 30 В методом сличения с показаниями образцового вольтметра типа Э59 класса точности 0,5. Заведомо известно, что погрешность образцового прибора находится в допусковых пределах ( $\pm 0,5\%$  от верхнего предела измерений), но максимальна. Как исключить влияние этой погрешности образцового прибора на результат поверки, чтобы не забраковать годный прибор?

52. Определить индуктивность  $L_x$  катушки, включенной в одно из плеч уравновешенного моста переменного тока. В противоположное плечо моста включено образцовое сопротивление  $R_3$ , а в два других плеча соответственно образцовое сопротивление  $R_4$  и образцовая катушка индуктивности с параметрами  $L_2$  и  $R_2$ . Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант
----------	---------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$R_2, Ом$	3	4	5	7	9	10	8	20	12	15
$L_2, Гн$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1 5	0,2 5	0,3	0,2	0,15	0,1
	Предпоследняя цифра шифра									
$R_3, Ом$	20	15	10	25	30	10	35	20	40	25
$R_4, Ом$	10	20	15	30	35	25	10	15	30	20

53. Конденсатор с ёмкостью  $C = 1/6280 \Phi$  установлен в цепи синусоидального тока с напряжением  $u = \sqrt{2} \cdot 220 \sin(2\pi \cdot 1000t + \pi/6) В$ . Определить емкостное сопротивление.

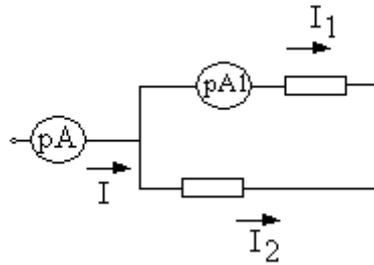
54. Определить относительную чувствительность моста с сопротивлением плеч  $R = 1$  кОм, если при изменении сопротивления одного из плеч уравновешенного моста на 0,1%, напряжение в измерительной диагонали изменилось на 1мВ.

55. Определить методическую относительную погрешность измерения мощности постоянного тока косвенным методом по показаниям амперметра и вольтметра при схеме их включения с нагрузкой «амперметр перед вольтметром». Внутренние сопротивления амперметра и вольтметра соответственно равны  $R_A$  и  $R_V$ , также известно сопротивление нагрузки  $R_n$ . Привести схему соединения приборов.

56. При отсутствии фазометра можно измерить  $\cos(\phi)$  между током и напряжением косвенно – с помощью ваттметра, амперметра и вольтметра. Определить относительную погрешность оценки  $\cos(\phi)$  двигателя, если классы точности приборов  $K_p, K_U, K_I$  соответственно и на приборах эти числа помещены в окружность. Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$K_I, \%$	2,5	1,0	0,5	1,5	4,0	2,5	1,5	4,0	0,5	2,5
$K_p, \%$	1,5	2,5	4,0	2,5	0,5	1,5	1,0	2,5	1,5	0,5
	Предпоследняя цифра шифра									
$K_U, \%$	1,0	1,5	2,5	4,0	0,5	4,0	2,5	1,0	1,5	0,5

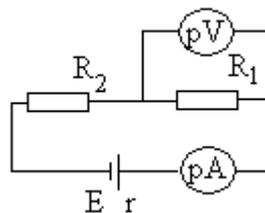
57. В цепи постоянного тока, изображенной на рисунке, включены приборы:  $pA$  - амперметр класса точности  $\hat{E}_A$  с пределом измерений  $I_K$  и  $pA_1$  - амперметр класса точности  $\hat{E}_{A1}$  с пределом измерений  $I_{K1}$ . Рассчитать наибольшую возможную относительную погрешность измерения тока  $I_2$ , если приборы показали  $I$  и  $I_1$ . Рассчитать возможные пределы действительного значения тока  $I_2$ , определённого по показаниям амперметров  $pA$  и  $pA_1$ . Исходные данные приведены в таблице.



Параметр	Вариант										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Последняя цифра шифра											
$\hat{E}_A$	1,5	2,0	2,5	4,0	1,5	2,5	2,0	4,0	1,5	2,0	
$I_K, A$	25	20	30	40	20	25	35	45	50	10	
$I, A$	20	17	22	35	11	24	32	39	38	9	
Предпоследняя цифра шифра											
$\hat{E}_{A1}$	1,0	0,5	0,2	0,1	0,5	1,0	0,2	0,1	1,0	0,5	
$I_{K1}, A$	8	10	15	12	17	20	25	30	45	5	
$I_1, A$	6	8	12	10	9	15	17	22	37	3	

58. Рассчитать емкость конденсатора, зная что угол потерь равен  $1.64^0$ , а активное сопротивление  $8,16 \text{ Ом}$ .

59. В схеме, приведенной на рисунке,  $E = 5 \text{ В}$ ,  $R_1 = 5 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 40 \text{ Ом}$ , сопротивление амперметра  $R_a = 0,1 \text{ Ом}$ .

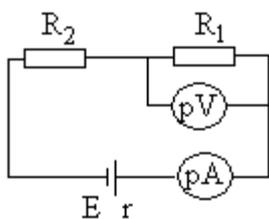


Какая систематическая погрешность, будет при измерении силы тока амперметром с сопротивлением  $R_a$ ? Сопротивление вольтметра очень большое, а внутреннее сопротивление источника  $r = 2 \text{ Ом}$ .

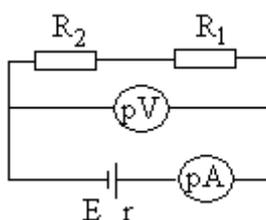
60. При 10 измерениях длины металлического бруска получены следующие результаты: 358,59; 358,55; 358,53; 358,52; 358,51; 358,49; 358,48; 358,46; 358,45; 358,42 мм. Определить вероятность того, что погрешность среднего значения 358,50 мм не выйдет за границы интервала  $\pm 0,05 \text{ мм}$ .

61. Определить резонансные ток и частоту для последовательного контура с известными параметрами: напряжение 20 В, емкость 1 мкФ, индуктивность 1 мГн, активное сопротивление 10 Ом.

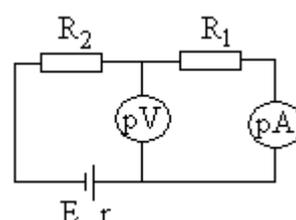
62. Для схемы, приведенной на рисунке, заданы  $E$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ , сопротивление амперметра  $R_a$ . Какая систематическая относительная погрешность будет при измерении силы тока амперметром с сопротивлением  $R_a$ , если сопротивление вольтметра очень большое или конечное и равно  $R_v$ , а внутреннее сопротивление источника равно  $r$ ? Исходные данные приведены в таблице.



а)



б)



в)

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
Вариант схемы	а	б	в	а	б	в	а	б	в	а
$R_1, \text{Ом}$	8	1305	17	5,5	29, 2	22, 8	37, 8	22, 2	43,5	39,2
$r, \text{Ом}$	2	1,5	3	2,5	0,8	1,2	2,2	2,8	0,5	1,8
$R_2, \text{Ом}$	10	16	22	42	32	52	44	68	58	71
	Предпоследняя цифра шифра									
$R_A, \text{Ом}$	0,1	0,5	0,2	0,3	0,7	1,0	0,8	1,2	0,4	0,6
$E, \text{В}$	5	7	10	4	8	12	9	11	15	13
$R_V, \text{Ом}$	1000	2000	3000	1500	2500	3500	1200	2700	2200	1400

63. Появился новый вольтметр с погрешностью измерения напряжения постоянного тока  $\pm 1\%$ , а у предыдущей модели с таким же пределом измерения, погрешность была  $\pm 2,5\%$ . Что можно сказать о точности этих приборов?

64. Цепь постоянного тока напряжением  $U$  состоит из двух последовательно соединенных сопротивлений  $R_1$  и  $R_2$ . Имеется три вольтметра магнитоэлектрической системы с внутренними сопротивлениями  $R_{V1}$ ,  $R_{V2}$  и  $R_{V3}$ . Рассчитать истинное значение напряжения на сопротивлении  $R_1$ , определить показания вольтметров при поочередном их подключении к  $R_1$  и относительные методические погрешности измерения, вызванные подключением вольтметров. Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$U, \text{В}$	100	120	150	200	220	110	90	120	100	220
$R_1, \text{Ом}$	5	10	12	6	15	10	15	7,5	6	10
$R_2, \text{Ом}$	10	10	24	10	25	25	20	15	9	5
	Предпоследняя цифра шифра									
$R_{V1}, \text{кОм}$	5	8	12	10	20	10	20	10	10	15
$R_{V2}, \text{кОм}$	500	100	300	250	500	300	100	50	15	25
$R_{V3}, \text{кОм}$	50	500	75	100	150	75	300	250	300	500

65. Чему равен угол  $\varphi$  в последовательной RL-цепи, если известны синусоидальное напряжение 10 В, активное сопротивление 10 Ом и мощность  $P = 8$  Вт?

66. Основная приведенная погрешность амперметра, рассчитанного на ток 10 А, составляет 2,5%. Определить возможную относительную погрешность для первой отметки шкалы ( $I = 1$ А).

67. Напряжение источника ЭДС  $U_x$  с внутренним сопротивлением  $R_i = 60 \pm 10$  Ом измерено вольтметром класса точности 0,5. Сопротивление вольтметра  $R_V = 5$  кОм и известно с погрешностью  $\pm 0,5\%$ . Показание вольтметра  $U_V = 12,35$  В. Найти поправку, которую нужно внести в показание прибора для определения действительного значения напряжения источника ЭДС.

68. Измеряют напряжение двумя параллельно включенными вольтметрами: у первого класс точности 2,5, а предел измерения 30 В, а у второго класс точности 1,0 и предел 150 В. Показания какого вольтметра точнее, если первый показал 29,2 В, а второй 30 В?

69. Найти значение электрической энергии и относительную погрешность ее определения по результатам косвенных измерений силы тока  $I \pm \delta I$ , сопротивления  $R \pm \delta R$  и времени  $t \pm \delta t$ . Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$I, A$	2,33	5,41	3,41	1,56	4,7	8,4	7,3	6,3	9,14	10,2
					2	1	4	1		3
$R, Ом$	12,1	15,0	11,7	10,3	7,9	8,5	9,4	13,	14,2	6,51
	4	6	1	1	4	7	8	09	5	
$t, c$	314,	210,	180,	175,	418	150	350	455	370,	470,
	1	4	6	3	,2	,2	,4	,1	6	7
	Предпоследняя цифра шифра									
$\delta I, \%$	0,01	0,02	0,02	0,03	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01
	5		3	5	9	2	5	1	8	1
$\delta R, \%$	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
	1	5	9	7	1	9	5	3	6	3
$\delta t, \%$	0,2	0,1	0,15	0,13	0,19	0,12	0,23	0,16	0,17	0,21

70. Для определения мощности в цепи постоянного тока были измерены: напряжение сети  $U$  вольтметром класса точности  $N_V$  с пределом измерений  $U_i$  ток  $I$  амперметром класса точности  $N_A$  с пределом измерений  $I_i$ . Определить мощность, потребляемую приемником, а также относительную и абсолютную погрешности ее определения. Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

	Последняя цифра шифра									
$U, B$	220	120	250	175	110	200	100	230	90	130
$U_n, B$	300	150	300	300	150	300	150	300	150	150
$I, A$	350	10	400	200	20	250	12	260	25	8
$I_n, A$	500	15	500	300	30	300	15	300	30	15
	Предпоследняя цифра шифра									
$N_V$	1,5	1,0	1,0	1,5	0,5	2,5	1,0	1,5	0,5	1,0
$N_A$	2,5	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	2,5	1,5	0,5

71. Определить относительную погрешность измерения сопротивления  $R_x$  в цепи постоянного тока с помощью амперметра и вольтметра при подключении их по схеме «вольтметр перед амперметром». Сопротивление амперметра -  $R_A$ , вольтметра -  $R_V$ . Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$R_A, Ом$	0,01	0,2	0,02	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,04	0,025
$R_V, кОм$	40	30	50	15	5	10	25	35	50	20
	Предпоследняя цифра шифра									
$R_x, Ом$	2	10	5	100	15	1000	3	1	500	50

72. Проведено пять независимых наблюдений одного и того же напряжения  $U$ . Найти результат измерения и доверительную вероятность того, что абсолютная погрешность измерения не превышает по модулю  $\Delta U$ . Систематической погрешностью можно пренебречь. Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$U_1, мВ$	2781	3509	1237	1834	378	194	229	153	2910	1354
$U_2, мВ$	2836	3523	1245	1851	377	196	230	154	2898	1343
$U_3, мВ$	2807	3501	1253	1867	378	195	231	154	2894	1367
$U_4, мВ$	2763	3493	1262	1839	379	195	231	155	2927	1362
$U_5, мВ$	2858	3497	1270	1862	380	196	231	156	2903	1351
	Предпоследняя цифра шифра									
$\Delta U, мВ$	50	30	25	50	30	25	40	30	25	50

73. Напряжение источника ЭДС  $U_x$  с внутренним сопротивлением  $R_i = 60 \pm 10 Ом$  измерено вольтметром класса точности 0,5. Сопротивление

вольтметра  $R_V = 5 \text{ кОм}$  и известно с погрешностью  $\pm 0,5\%$ . Показание вольтметра  $U_V = 12,35 \text{ В}$ . Определить абсолютную и относительную погрешности измерения напряжения.

74. Сравнить погрешности измерений давления в  $100 \text{ кПа}$  пружинными манометрами классов точности  $0,2$  и  $1,0$  с пределами измерений на  $600$  и  $100 \text{ кПа}$  соответственно.

75. В цепь с сопротивлением  $R = 49 \text{ Ом}$  и источником тока с  $E = 10 \text{ В}$  и  $R_{BH} = 1 \text{ Ом}$  включен амперметр с сопротивлением  $R = 1 \text{ Ом}$ . Определить показания амперметра  $I$  и вычислить относительную погрешность его показания, возникающую из-за того, что амперметр имеет определенное сопротивление, отличное от нуля. Классифицировать погрешность.

76. Проведены три группы измерений индуктивного сопротивления одной и той же катушки и получены следующие результаты:  $X_1 \pm \Delta X_1$ ,  $X_2 \pm \Delta X_2$ ,  $X_3 \pm \Delta X_3$ . Путем дальнейшей обработки результатов найти среднюю арифметическую погрешность единичного измерения в ряду измерений. Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$X_1, \text{ Ом}$	5,54 9	50,76 5	8,12 3	98,31 1	20,3 14	80,1 12	30,3 57	70,2 31	180,3 33	190,4 44
$X_2, \text{ Ом}$	5,13 2	50,61 2	8,45 2	98,76 3	20,7 25	80,5 43	30,7 72	70,5 77	80,45 2	190,9 31
$X_3, \text{ Ом}$	5,16 4	50,32 2	8,76 5	98,91 3	20,5 55	80,8 76	30,1 84	70,9 14	80,11 2	190,1 95
	Предпоследняя цифра шифра									
$\Delta X_1, \text{ Ом}$	0,00 5	0,007	0,10 5	0,009	0,109	0,008	0,012	0,015	0,006	0,018
$\Delta X_2, \text{ Ом}$	0,11 5	0,109	0,11 2	0,113	0,101	0,102	0,12	0,125	0,01	0,099
$\Delta X_3, \text{ Ом}$	0,01	0,211	0,00 1	0,006	0,017	0,056	0,000 9	0,079	0,134	0,154

77. Произведя  $10$  измерений длины  $l_i$  металлического стрежня, получили следующие результаты:  $30,45$ ;  $30,52$ ;  $30,43$ ;  $30,49$ ;  $30,48$ ;  $30,50$ ;  $30,46$ ;  $30,51$ ;  $30,47$ ;  $30,49$ . Обработать результаты измерения (найти среднее арифметическое, остаточные погрешности, дисперсию) и привести значение длины стрежня, наиболее приближенное к истинному.

78. Определить абсолютную и относительную методические погрешности измерения мощности постоянного тока косвенным методом по показаниям амперметра и вольтметра при схеме их включения с нагрузкой «вольтметра перед амперметром». Внутренние сопротивления амперметра и

вольтметра соответственно равны  $R_A$  и  $R_V$ , также известно сопротивление нагрузки  $R_n$ . Привести схему соединения приборов.

79. Определить абсолютную погрешность измерения постоянного тока амперметром, если он в цепи с образцовым сопротивлением 5 Ом показал ток 5А, а при замене прибора образцовым амперметром для получения тех же показаний пришлось уменьшить напряжение на 1 В.

80. Определить относительную чувствительность моста с сопротивлением плеч  $R = 1$  кОм, если при изменении сопротивления одного из плеч уравновешенного моста на 0,1%, напряжение в измерительной диагонали изменилось на 1мВ.

81. Потенциометр постоянного тока в диапазоне 0-50мВ имеет основную погрешность  $\delta = \pm[0,05 + 2,5/A]$ , где  $A$  – показания потенциометра, мВ. Определить предел допускаемой погрешности в конце и середине диапазона измерений. Сравнить их и класс точности 0,05 потенциометра.

82. Рассчитать емкость конденсатора, зная, что тангенс угла потерь равен 0,0312, а активное сопротивление 6,12 Ом.

83. Определить математическое ожидание при измерении напряжения, если известны среднеквадратичное отклонение 0,62, пороговое значение -0,5 и величина интеграла вероятности 0,99621.

84. Для измерения сетевого переменного напряжения 220 В используется вольтметр со шкалой 0...300 В и относительной погрешностью, не превышающей 2%. Записать результат измерения с учетом погрешности, если прибор показал 225 В.

85. Отсчетное устройство вольтметра с максимальной приведенной погрешностью 0,5%, имеет пределы 0 и 200 В. Указатель показывает напряжение 127 В. Чему равно измеряемое напряжение с учетом погрешности измерения?

86. Оценить результат и погрешность однократного измерения значения напряжения на участке электрической цепи сопротивлением  $R$ , выполненном вольтметром, у которого максимальная приведенная погрешность составляет  $\gamma_{max}$ , верхний предел измерения  $U_n$ , а внутреннее сопротивление  $R_V$ . Показание вольтметра при этом  $U_v$ . Известно, что дополнительные относительные погрешности показаний вольтметра из-за влияния магнитного поля и окружающей температуры не превышают соответственно значений  $\delta_{МП}$  и  $\delta_t$  допускаемой предельной относительной погрешности. Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$R, Ом$	4	3,5	4,5	5	3	2	3,5	4,6	5	5,5
$\gamma_{max}, \%$	0,5	1	1,5	1	0,5	0,5	1,	1,5	2	0,5
$U_n, В$	1,5	1	1,5	2	1	2,5	1	1,5	2	3
$R_V, кОм$	1	0,9	0,75	0,5	0,6	1,2	1,5	0,8	1	0,5

	Предпоследняя цифра шифра									
$U_v, B$	0,9	0,8	1,3	1,5	0,75	0,55	0,3	1,2	1,45	1
$\delta_{МП}, \%$	0,75	0,6	0,5	0,8	0,5	0,55	0,65	0,49	0,68	0,7
$\delta_i, \%$	0,3	0,25	0,15	0,4	0,2	0,1	0,45	0,32	0,45	0,2

87. Имеется амперметр с пределом измерения 10 А и наибольшей допустимой приведенной погрешностью 1%. Им проводятся три измерения: в начале шкалы тока 1 А, в конце – 10 А и в середине 5А. Оценить точность проведенных измерений и сделать вывод о том, в какой части диапазона измерений лучше всего проводить измерения.

88. Для косвенного измерения электрической энергии измерили напряжение 215 В вольтметром с пределом измерения 250 В и классом точности 1,5, ток 120 А амперметром с пределом измерения 150 А и тем же классом точности и время 24 ч с погрешностью 1 мин. Определить измеренное значение электрической энергии, относительную и абсолютную погрешности измерения.

89. Определить цену деления ваттметра, шкала которого разбита на  $N$  делений, а параллельная обмотка рассчитана на ток  $I$ , если напряжение подведено к а) зажиму  $U$ , б) зажиму  $R$ . Ток в цепи  $I_A$ . Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$N, дел$	150	140	100	200	120	150	100	110	150	200
$I, mA$	30	30	25	20	35	40	25	32	28	30
$U, B$	150	160	140	155	130	125	165	150	145	150
	Предпоследняя цифра шифра									
$R, k\Omega$	1	0,9	0,75	0,5	0,6	1,2	0,8	1,5	0,85	0,9
$I_A, A$	5	4,8	5,1	5,2	4,3	5,15	4,9	4,7	5,1	5,05

90. Определить сопротивление шунта к миллиамперметру, рассчитанному на 0,5 А с шкалой на 100 делений, если требуется измерить ток 25А. Каков ток в цепи, если стрелка прибора с этим шунтом отклонилась на 60 делений? Сопротивление миллиамперметра 0,2 Ом.

91. Шкала амперметра с пределом измерения 1 а разбита на 100 делений. Определить цену деления и ток в цепи, если показание амперметра 55 делений.

92. Номинальный ток измерительного механизма 5 мА при напряжении 75 мВ. Определить величины добавочных сопротивлений для изготовления вольтметра на три предела измерения 3 В, 15 В, 150 В.

93. Элемент, у которого напряжение  $E$ , а внутреннее сопротивление  $r$ , замкнут на внешнее сопротивление  $R_1$ . Определить, чему будет равна относительная погрешность при расчете тока в цепи, если внутренним сопротивлением элемента пренебречь. Как изменится относительная

погрешность, если при прочих равных условиях внешнее сопротивление место  $R_1$  станет равным  $R_2$ ? Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$E, В$	1,5	1,45	1	1,2	1,4 5	1,5	1,6	1,5 5	1,8	2
$r, Ом$	0,2	0,15	0,19	0,22	0,2 5	0,1 6	0,2 2	0,2	0,17	0,23
	Предпоследняя цифра шифра									
$R_1, Ом$	14,8	14,2	15	14,9	14,5	14,3	15,1	14,8	15,05	15
$R_2, Ом$	0,3	0,4	0,2	0,28	0,25	0,31	0,32	0,45	0,2	0,5

94. Шкала миллиамперметра магнитоэлектрической системы с сопротивлением  $R_A$  разбита на  $N$  делений, цена деления  $C_0$ . Определить: а) сопротивление шунта миллиамперметра, если этим прибором необходимо измерить ток  $I$ , б) величину добавочного сопротивления, если необходимо измерить напряжение  $U$ . Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$R_A, Ом$	2	2,5	1,5	2,2	1,8	2,1	2,5	2	1,9	1,6
$N, дел$	150	140	100	200	120	150	100	110	130	150
$C_0, мА/дел$	0,2	0,15	0,25	0,18	0,5	0,32	0,2	0,5	0,15	0,2
	Предпоследняя цифра шифра									
$I, А$	15	13	14,5	12	16	18	20	12,5	14	15,5
$U, В$	150	75	100	90	145	160	95	100	120	150

95. Миллиамперметр магнитоэлектрической системы рассчитан на ток 500 мА. Определить чувствительность прибора и число делений, если цена деления прибора 5 мА/дел.

96. Максимальный ток гальванометра 2 мА. Чему равно сопротивление шунта при увеличении предела измерения в 5 раз, если сопротивление гальванометра 10 Ом?

97. Какова относительная погрешность измерения э.д.с. генератора при измерении ее вольтметром с сопротивлением 10кОм? Внутреннее сопротивление генератора 0,2 Ом.

98. Амперметр с пределом  $I_n$  и сопротивлением  $R_A$  зашунтирован для измерения тока большой величины. При измерении тока  $I_A$  стрелка прибора остановилась против деления  $I_{изм}$ . Определить сопротивление шунта и предел измерения зашунтированного амперметра. Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$I_n, A$	5	4,5	5,5	5,2	4,8	5	5,5	4,5	4,2	5,6
$R_A, Ом$	0,6	0,5	0,45	0,65	0,8	1	1,2	0,7	0,95	0,8
	Предпоследняя цифра шифра									
$I_A, A$	90	110	85	70	60	80	100	101	105	95
$I_{изм}, A$	3,6	3,5	3,0	2,8	2,9	3,4	3,8	3,7	3,85	3,5

99. При измерении мощности ваттметром класса точности 0,5, рассчитанным на номинальную мощность 500 Вт, записано показание 150 Вт. Найти пределы, между которыми заключено действительное значение измеряемой мощности.

100. Шкала измерительного механизма с сопротивлением 0,3 Ом разбита на 150 делений, цена деления 0,001 А/дел. Определить сопротивление шунта для измерения тока 300 А, а также цену деления прибора с шунтом.

101. Определить чувствительность по напряжению магнитоэлектрического прибора с пределом  $I_n$  с внутренним сопротивлением  $R_A$  и шкалой на  $N$  делений. Каким сопротивлением должен обладать прибор,

### **Рекомендации для выполнения**

Для решения задач необходимо изучить основные разделы метрологии: теорию погрешностей, средства измерений, средства расширения пределов измерительных приборов, измерение сопротивлений, мощности, индуктивности и емкости, измерение электрической энергии.

При решении задач требуется: указывать единицы заданных и найденных физических величин в системе СИ; вычисления производить с точностью до второго знака; окончательные результаты вычислений приводить в соответствии с правилами округления результатов измерений; условные обозначения всех элементов схем изображать по действующим ГОСТам.

## 2. РАЗДЕЛЫ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ

На современном этапе мирового сообщества значительно возросла роль стандартизации. Стандартизация изучает вопросы разработки и применения таких правил и норм, которые отражают действие общественных технико-экономических законов, играют большую роль в развитии промышленного производства. Стандартизация имеет непосредственное отношение к совершенствованию управления производством, повышению качества всех видов товаров и услуг.

Большое значение для регулирования механизмов рыночной экономики приобрела сертификация. Сертификация рассматривается как официальное подтверждение соответствия стандартам и во многом определяет конкурентоспособность продукции.

### *Задания для выполнения*

Во третьей и четвертой части курсовой работы, согласно задания, необходимо раскрыть содержание теоретических вопросов по стандартизации и сертификации.

Номера теоретических вопросов по стандартизации и сертификации выдаются преподавателем каждому студенту индивидуально.

### **Перечень теоретических вопросов**

1. Сущность стандартизации. Основные цели и задачи стандартизации. Объекты стандартизации.
2. История развития стандартизации. Основные направления формирования стандартизации как научного направления.
3. Цели, функции, принципы и задачи стандартизации.
4. Стандартизация в условиях рыночных отношений и ее экономические, социальные и коммуникативные функции.
5. Оценка эффективности работ по стандартизации.
6. Тенденции и основные направления развития стандартизации в России.
7. Правовые основы стандартизации и ее задачи.
8. Государственная система стандартизации Российской Федерации (ГСС РФ).
9. Общая характеристика Государственной системы стандартизации Российской Федерации (ГСС РФ).
10. Органы и службы стандартизации Российской Федерации.
11. Российские организации по стандартизации.
12. Категории и виды стандартов.
13. Общая характеристика стандартов разных категорий.
14. Общая характеристика стандартов разных видов.

15. Порядок разработки, принятия, пересмотра и отмены стандартов.
  16. Порядок разработки стандартов.
  17. Порядок разработки и утверждения национальных стандартов.
  18. Понятие нормативных документов по стандартизации.
  19. Применение нормативных документов и характер их требований.
  20. Информационное обеспечение работ по стандартизации.
- Международная информационная система.
21. Информационное обеспечение работ по стандартизации в Российской Федерации.
  22. Классификация и кодирование информации. Общероссийские классификаторы.
  23. Информация о документах по стандартизации и технических регламентах.
  24. Единая система классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации (ЕСКК ТЭИ) как объект стандартизации.
  25. Технические условия как нормативный документ.
  26. Правила согласования и утверждения технических условий.
  27. Работы, выполняемые при стандартизации.
  28. Систематизация, кодирование и классификация как работы, выполняемые при стандартизации.
  29. Унификация, типизация и агрегатирование как работы, выполняемые при стандартизации.
  30. Научно-технические принципы и методы стандартизации.
  31. Основные принципы стандартизации.
  32. Принципы, определяющие научно-техническую организацию работ по стандартизации.
  33. Методы стандартизации.
  34. Принцип предпочтительности. Предпочтительные числа и их ряды.
  35. Государственные и отраслевые системы стандартов на общетехнические нормы, термины и определения.
  36. Единая десятичная система классификации и кодирования технико-экономической информации.
  37. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Характеристика системы, задачи, основные стандарты.
  38. Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП). Характеристика системы, задачи, основные стандарты.
  39. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).
  40. Единая система технологической документации (ЕСТД). Характеристика системы, задачи, основные стандарты.
  41. Единая система технологической документации (ЕСТД). Характеристика системы, задачи, основные стандарты.
  42. Комплексная стандартизация как один из методов стандартизации.
  43. Опережающая стандартизация как один из методов стандартизации.
  44. Стандартизация отклонений геометрических параметров деталей.

45. Стандарты Единой системы допусков и посадок.
46. Стандарты отклонений формы и расположения поверхностей деталей.
47. Стандарты волнистости и шероховатости поверхностей.
48. Межотраслевые системы (комплексы) стандартов.
49. Стандарты, обеспечивающие качество продукции.
50. Система стандартов по управлению и информации.
51. Система стандартов социальной сферы.
52. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов.
53. Государственный надзор за внедрением и исполнением государственных стандартов.
54. Стандартизация в банковском деле.
55. Стандартизация и экология.
56. Кодирование информации о товаре.
57. Основные положения Закона “О стандартизации”.
58. Международные стандарты серии ISO 9000.
59. Стандартизация систем обеспечения качества.
60. Стандартизация в сфере услуг.
61. Состояние стандартизации услуг в Российской Федерации.
62. Особенности требований стандартов к отдельным видам услуг.
63. Концепция национальной системы стандартизации и совершенствования Государственной системы стандартизации Российской Федерации.
64. Сотрудничество Российской Федерации в области стандартизации с международными организациями по стандартизации.
65. Актуальные вопросы в практике международной стандартизации.
66. Приоритетные направления и задачи международной стандартизации.
67. Гармонизация стандартов.
68. Применение международных стандартов в России.
69. Международные организации по стандартизации.
70. Стандартизация в США. Особенности стандартизации в США.
71. Стандартизация в Великобритании.
72. Стандартизация в Германии.
73. Стандартизация в Японии.
74. Стандартизация в скандинавских странах (Дания, Норвегия, Финляндия, Швеция).
75. Стандартизация в Юго-Восточной Азии.
76. Стандартизация в странах Латинской Америки.
77. Стандартизация в Содружестве независимых государств (СНГ).
78. Сущность сертификации. Основные термины и понятия. Цели и задачи сертификации.
79. История развития сертификации. Основные направления формирования современной сертификации.

80. Сертификация как процедура подтверждения соответствия установленным стандартам.
81. Сущность обязательной и добровольной сертификации.
82. Участники сертификации.
83. Особенности, объекты и участники обязательной сертификации.
84. Особенности, объекты и участники добровольной сертификации.
85. Сравнение обязательной и добровольной сертификации.
86. Виды сертификации.
87. Система добровольной сертификации СовАсК.
88. Требования к проведению сертификации.
89. Способы информирования заинтересованных лиц о соответствии товара установленным стандартам.
90. Формы участия в системах сертификации и соглашения по взаимному признанию на примере Российской Федерации.
100. Правила и документы по проведению работ в области сертификации.
101. Правила по проведению сертификации.
102. Законодательная и нормативная база сертификации.
103. Структура нормативно-методического обеспечения сертификации.
104. Принципы, правила и порядок проведения сертификации продукции.
105. Принципы проведения сертификации продукции.
106. Порядок проведения сертификации продукции.
107. Основные стадии сертификации.
108. Схемы сертификации.
109. Содержание схем сертификации.
110. Выбор конкретной схемы сертификации в соответствии с российскими правилами.
111. Условия ввоза импортируемой продукции, подлежащей обязательной сертификации.
112. Система сертификации.
113. Правовые основы сертификации в Российской Федерации.
114. Закон “О защите прав потребителей” и сертификация.
115. Закон “О сертификации продукции и услуг”.
116. Анализ статей Закона “О защите прав потребителей”.
117. Анализ статей Закона “О сертификации продукции и услуг”.
118. Роль сертификации в защите интересов и прав потребителей.
119. Знаки соответствия для маркировки товаров, подлежащих сертификации.
120. Стандарты на объекты сертификации.
121. Стандартизация методов оценки соответствия, используемых в процессе сертификации.
122. Органы по сертификации и испытательные лаборатории.
123. Деятельность органов по сертификации, предъявляемые к ним требования.

124. Процедуры аттестации и аккредитации органов по сертификации.
125. Испытательные лаборатории. Аккредитация испытательных лабораторий.
126. Отличительные особенности процедуры аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий в Российской Федерации и за рубежом.
127. Российская система аккредитации (РОСА).
128. Структура Российской системы аккредитации (РОСА).
129. Деятельность Российской системы аккредитации (РОСА).
130. Схема организации органа по сертификации.
131. Этапы процесса аккредитации.
132. Стандарты на органы по сертификации и испытательные лаборатории.
133. Перспективные задачи сертификации.
134. Переход на подтверждение соответствия в форме принятия декларации о соответствии.
135. Сертификация экспортируемых товаров как перспективная задача сертификации.
136. Развитие сравнительных испытаний как гарантия безопасности товаров.
137. Сертификация импортируемой продукции в России.
138. Сертификация импортируемой продукции в Системе ГОСТ Р.
139. Признание зарубежных сертификатов в Российской Федерации на импортируемые товары.
140. Схема испытаний и сертификации ввозимой в Россию продукции.
141. Система сертификации ГОСТ Р.
142. Роль сертификации в предотвращении поступления некачественных товаров и подделок на российский рынок.
143. Основные правила для разрешения ввоз товара на территорию России.
144. Признание зарубежных сертификатов.
145. Процедура признания зарубежных сертификатов на импортируемый товар в России.
146. Обязательная сертификации импортируемой электронной и электротехнической продукции в России.
147. Обязательная сертификации импортируемых продовольственных товаров в России.
148. Сертификация продукции, импортируемой из стран Юго-Восточной Азии.
149. Порядок ввоза в Россию товаров, подлежащих обязательной сертификации.
150. Сертификация и технические барьеры в торговле.
151. Сертификация услуг.
152. Схемы сертификации услуг.
153. Обязательная сертификация туристических услуг.

154. Стандарт SA 8000 в области защиты прав человека.
155. Сертификация в банковском деле.
156. Сертификация персонала.
157. Государственный контроль и надзор за соблюдением государственных стандартов, правил обязательной сертификации и за сертифицированной продукцией.
158. Экологическая сертификации в России.
159. Знаки экологической сертификации.
160. Соглашения по техническим барьерам в торговле. Обязанности стран-участниц соглашения.
161. Деятельность ИСО в области сертификации.
162. Международная система сертификации электротехнических изделий (МЭКСЭ).
163. Международная система МЭК по сертификации изделий электронной техники.
164. Сертификация в СНГ.
165. Практика сертификации в Российской Федерации.
166. Совместная сертификация как способ признания российских сертификатов за рубежом.
167. Сертификация систем обеспечения качества.
168. Структура Регистра систем качества в Российской Федерации.
169. Процедуры сертификации систем качества и производств.
170. Сертификация производства.
171. Показатели качества продукции.
172. Оценка уровня качества продукции.
173. Политика предприятия в области качества.
174. Региональные и международные организации по сертификации систем качества.
175. Нормы на системы качества предприятий.

### ***Рекомендации для выполнения***

В качестве примера рассмотрим особенности раскрытия вопроса по стандартизации. Например, такой вопрос: «Государственная система стандартизации Российской Федерации (ГСС РФ)». Для ответа на этот вопрос необходимо: дать определение ГСС; привести ее общую характеристику; раскрыть направления ее реформирования; рассмотреть органы и службы стандартизации РФ, их функции; объяснить деятельность Госстандарта России как национального органа РФ по стандартизации; указать основополагающие стандарты ГСС.

Особенности раскрытия вопроса по сертификации. Например, такой вопрос: «Международная система МЭК по сертификации изделий электронной техники». Для ответа на этот вопрос необходимо: дать определение международной электротехнической комиссии МЭК; указать основные цели и функции этой организации; показать возможности участия стран в Системе МЭК и их цели; раскрыть участие России в Системе МЭК по

сертификации изделий электронной техники.

### **Заключение**

В ходе первой части работы была проведена метрологическая оценка результата косвенного измерения, согласно заданного варианта. Был определён результат косвенного измерения физической величины, функционально выраженной через физические величины, заданные рядами равнозначных измерений.

Во второй части работы были решены задачи под номерами из указанного варианта.

В третьей части работы было раскрыто содержание теоретических вопросов по стандартизации и сертификации.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Литература:

#### а) основная:

1. ЭБС «Университетская библиотека ONLINE»: Колочков В.И. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студентов вузов. – М.: ВЛАДОС, 2020. – 400 с.
2. ЭБС «Университетская библиотека ONLINE»: Архипов А.В. [ и др.]. Метрология. Стандартизация. Сертификация: учебник. – М.: Юнити-Дана, 2019. – 496 с.
3. ЭБС «Университетская библиотека ONLINE»: Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник. – М.: Абрис, 2022. – 792 с.
4. ЭБС «Университетская библиотека ONLINE»: Крюков Р.В. Стандартизация, метрология, сертификация: учеб. пособие; консп. лекций. – М.: А-Приор, 2019. – 190 с.
5. Бондарь М.С., Папанцева Е.И. Метрология, стандартизация и сертификация: сборник тестов (учебно-методическое пособие с грифом УМО по классическому университетскому и техническому образованию Российской Академии естествознания). – Ставрополь: АГРУС, 2020. – 120 с.
6. Бондарь М.С., Папанцева Е.И., Минаев И.Г., Габриелян Ш.Ж. Метрология, стандартизация и сертификация: методические указания и задания к курсовой работе (методические указания). – Ставрополь: АГРУС, 2020. – 72 с.
7. Жаворонкова М.С. Метрология, стандартизация и сертификация. Методические указания и задания для выполнения лабораторных работ / М.С. Жаворонкова, Е.И. Папанцева. – Ставрополь: Сервис школа, 2023. – 152 с.
8. Сергеев А.Г. Метрология и метрологическое обеспечение: учебник/ А.Г. Сергеев, - М.: Высшее образование, 2019. – 575 с.

#### б) дополнительная:

1. Никифоров А.Д. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие/ А.Д. Никифоров, Т.А. Бакиев. – 3-е изд. испр. – М.: Высш.шк., 2005. –422 с.
2. Кравченко И.Н. Основы стандартизации, сертификации и управления качеством: Учебное пособие для вузов/ И.Н. Кравченко. – М.: Изд. «Эко-Пресс». 2010. – 308 с.
3. Сергеев А.Г. Метрология. Стандартизация. Сертификация.: учеб. Пособие для вузов. – М.: Логос, 2003. – 536 с. – (Учебник XXI века. Гр.).

#### Электронные ресурсы: сайты

1. РОССТАНДАРТ Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии <http://www.gost.ru/wps/portal/>
2. Главный форум метрологов <http://metrologu.ru/>
- 3.Официальный сайт ОАО Концерн «Энергомера» <http://www.energomera.ru/>
- 4.Федеральная Сетевая Компания ОАО «ФСК ЕЭС» <http://www.fsk-ees.ru/>
5. <https://ru.wikipedia.org>

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Институт механики и энергетики**

**Кафедра электротехники, физики и охраны труда**

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

по дисциплине

«Метрология, стандартизация и сертификация»

«Метрологическая оценка результата косвенного измерения.

Стандартизация и сертификация»

Выполнил:

Студент \_\_ курса \_\_\_\_ группы  
ФИО

Направление подготовки:

\_\_\_\_\_

Форма обучения: \_\_\_\_\_

Проверил:

\_\_\_\_\_

уч. Степень, должность

ФИО \_\_\_\_\_

Зарегистрирована

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

<b>Критерий</b>	<b>Максимальное значение в баллах</b>	<b>Набранных баллов</b>
Оформление курсовой работы (проекта)	10	
Содержание курсовой работы (проекта)	60	
Защита курсовой работы (проекта)	30	
<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>	

Оценка «\_\_\_\_\_»      Дата \_\_\_\_\_      Подпись

\_\_\_\_\_

Ставрополь, 2025

**Задание**

на курсовую работу по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

выдано студенту \_\_\_\_ курса \_\_\_\_\_ группы очной формы обучения

Институт механики и энергетики

ФГБОУ ВПО Ставропольского государственного аграрного университета.

---

\_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество, № зачетной книжки)

**1. Метрология**

1.1 Провести метрологическую оценку результата косвенного измерения.

1.2 Решить 5 задач.

**2. Стандартизация, Сертификация**

2.1. Раскрыть содержание теоретических вопросов по стандартизации и сертификации.

Задание получил

Задание выдал