

ФГБОУ ВО «СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Е.И. Папанцева, М.С. Жаворонкова, Ш.Ж.Габриелян,  
Е.Н. Голубницкая

## **МЕТРОЛОГИЯ**

**Методические указания и задания**

**к курсовой работе**

для студентов всех форм обучения

по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

профиль подготовки - Электроснабжение

Ставрополь 2015

УДК 389.001

ББК 30.10

**Метрология:** методические указания и задания к курсовой работе  
/ Е.И. Папанцева, М.С. Жаворонкова, Ш.Ж.Габриелян, Е.Н. Голубницкая; ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: 2015. – 63 с.

для студентов всех форм обучения  
по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
профиль подготовки – Электроснабжение

Методические указания рассмотрены на заседании учебно-методической комиссии Электроэнергетического факультета, протокол заседания № 1 от 1 сентября 2015 года и признана соответствующей требованиям ФГОС ВПО и учебного плана по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профилю подготовки «Электроснабжение».

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i> . . . . .	3
<i>Структура курсовой работы</i> . . . . .	4
<i>Требования к оформлению курсовой работы</i> . . . . .	5
РАЗДЕЛ ПО МЕТРОЛОГИИ . . . . .	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
РАЗДЕЛЫ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ. . . . .	41
Задания для выполнения . . . . .	41
Рекомендации для выполнения . . . . .	50
<i>Рекомендуемая литература</i> . . . . .	51
Приложение 1 – Образец титульного листа . . . . .	52
Приложение 2 – Бланк задания на курсовую работу . . . . .	53

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучаемая дисциплина состоит из трех частей – метрологии, стандартизации и сертификации.

*Метрология* – наука об измерениях, а измерения – один из важнейших путей познания. Они играют огромную роль в современном обществе. Наука, промышленность, экономика и коммуникации не могут существовать без измерений. Практически нет ни одной сферы деятельности, где бы интенсивно не использовались результаты измерений, испытаний и контроля.

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.

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 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.

## **ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Листы в курсовой работе должны иметь следующую последовательность: титульный лист (Приложение 1), задание на курсовую работу (Приложение 2), содержание, введение, листы разделов по метрологии, стандартизации и сертификации, заключение с выводами о проделанной работе, список используемых источников информации.

Титульный лист курсовой работы выполняется на компьютере в соответствии с формой, приведенной в Приложении 1.

В содержании располагается информация по разделам курсовой работы с указанием номера страницы, где они начинаются.

Текстовая часть курсовой работы выполняется на листах бумаги формата А4 в рукописном или машинописном виде. Текст выполняется следующими способами: рукописным – чернилами синего цвета, разборчивым почерком, высота строчных букв не менее 2,5 мм; машинописным – шрифт 14, через 1,5 интервала. Объем текста, выполненного рукописным способом, как правило, составляет 25 страниц. При машинописном исполнении – 20 страниц. Нумерация страниц начинается с титульного листа и проставляется в правом нижнем углу. Каждый раздел (по метрологии, стандартизации, сертификации) рекомендуется начинать с нового листа.

Учебники, справочники, статьи и другие источники, которые были использованы в тексте курсовой работы, должны быть отражены в работе номерами источников в порядке их использования (по ходу ссылки на них). Ссылка в тексте на формулу или определение из конкретного источника заключается в квадратные скобки с указанием порядкового номера этого источника.

Полностью оформленные все листы курсовой работы скрепляются скоросшивателем или степлером.

**РАЗДЕЛ ПО МЕТРОЛОГИИ**

**1 ЧАСТЬ – МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА**

**РЕЗУЛЬТАТА КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ**

*Задания для выполнения*

Номер задания выбирается по таблице 1.1 по двум последним цифрам шифра (номера зачетной книжки).

Таблица 1.1

№ задания	Последние две цифры шифра		№ задания	Последние две цифры шифра
<b>1</b>	01	71	<b>36</b>	36
<b>2</b>	02	72	<b>37</b>	37
<b>3</b>	03	73	<b>38</b>	38
<b>4</b>	04	74	<b>39</b>	39
<b>5</b>	05	75	<b>40</b>	40
<b>6</b>	06	76	<b>41</b>	41
<b>7</b>	07	77	<b>42</b>	42
<b>8</b>	08	78	<b>43</b>	43
<b>9</b>	09	79	<b>44</b>	44
<b>10</b>	10	80	<b>45</b>	45
<b>11</b>	11	81	<b>46</b>	46
<b>12</b>	12	82	<b>47</b>	47
<b>13</b>	13	83	<b>48</b>	48
<b>14</b>	14	84	<b>49</b>	49
<b>15</b>	15	85	<b>50</b>	50
<b>16</b>	16	86	<b>51</b>	51
<b>17</b>	17	87	<b>52</b>	52
<b>18</b>	18	88	<b>53</b>	53
<b>19</b>	19	89	<b>54</b>	54
<b>20</b>	20	90	<b>55</b>	55
<b>21</b>	21	91	<b>56</b>	56
<b>22</b>	22	92	<b>57</b>	57
<b>23</b>	23	93	<b>58</b>	58
<b>24</b>	24	94	<b>59</b>	59
<b>25</b>	25	95	<b>60</b>	60
<b>26</b>	26	96	<b>61</b>	61
<b>27</b>	27	97	<b>62</b>	62
<b>28</b>	28	98	<b>63</b>	63
<b>29</b>	29	99	<b>64</b>	64
<b>30</b>	30	00	<b>65</b>	65
<b>31</b>	31		<b>66</b>	66
<b>32</b>	32		<b>67</b>	67
<b>33</b>	33		<b>68</b>	68
<b>34</b>	34		<b>69</b>	69
<b>35</b>	35		<b>70</b>	70

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
$P_1, \text{Вт}$	2150	2200	2260	2240	2180	2250	2230	2190	2220	2210
$P_2, \text{Вт}$	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
$U, \text{В}$	20	21	21	22	21	20	21	22	21	22
$I, \text{А}$	4,3	4,0	4,0	4,4	4,3	4,2	4,4	4,6	4,4	4,2

3.

$P = \frac{U^2}{R}$										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U, \text{В}$	20	22	21	23	20	19	22	21	20	20
$R, \text{Ом}$	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
$U, \text{В}$	256	264	257	263	258	262	259	261	260	-
$I, \text{А}$	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 <sub>ТТ</sub>	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, BA	50,05	50,02	50,02	50,04,	50,01	50,02	50,02	50,01	50,02	50,02
I, A	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, BA	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, А	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, В	200	201	201	202	201	200	207	202	201	215
I, А	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, А	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 <sub>ТТ</sub>	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, 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	-	-

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 <sub>ТТ</sub>	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, ВАп	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, А	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, В	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, В	200	210	215	220	212	200	210	225	214	226
I, А	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, В	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, В	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, В	245	243	245	236	246	242	237	241	239	238
I, А	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, В	52,5	52,2	52,2	52,4	52,1	52,2	52,2	52,1	52,2	52,2
I, А	1,5	1,4	1,5	1,5	1,2	1,3	1,4	1,2	1,0	1,1
cos φ	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 φ	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,кВт·ч</sub>	2214	2218	2215	2218,6	2225	2213	2218	2218,9	2216	2210
W <sub>1,кВт·ч</sub>	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> , A	16,15	16,27	16,26	16,24	16,18	16,25	16,23	16,19	16,22	16,21
I <sub>2</sub> , A	4,3	4,1	4,6	4,8	4,2	4,4	4,5	4,7	4,35	4,15
I <sub>3</sub> , A	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, BA	2550	2520	2512	2540	2510	2525	2529	2521	2530	2522
I, A	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, A	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, BA	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, BA	155,1	155,2	155,3	155,7	155,9	155,3	155,4	155,1	155,8	-
I, A	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> , ВГ	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 удается 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 «±» 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

$n$	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
$\infty$	1,65	1,96	2,33	2,58	3,29

## Правила округления результатов измерений и вычислений

Результат любого точного измерения всегда выражается двумя числами: числовым значением измеряемой величины и параметром точности – результатом определения погрешности. Например, запись результата измерения активного сопротивления  $R = 40,78 \pm 0,01$  Ом.

Обычно погрешность выражают не более двумя значащими цифрами.

Округление результата должно производиться в полном соответствии с погрешностями (параметрами точности) результата. Числовое значение результата непременно должно оканчиваться десятичным знаком того же разряда, что и погрешность.

При округлении следует руководствоваться следующими правилами:

- лишние значащие цифры у целых чисел заменяются нулями, а у десятичных дробей отбрасываются;
- если цифра старшего (который левее) из отбрасываемых разрядов меньше 5, то остающиеся цифры числа не изменяются;
- если цифра старшего из отбрасываемых разрядов больше или равна 5, но за ней следуют отличные от нуля цифры, то последнюю оставляемую цифру увеличивают на 1;
- если отбрасываемая цифра равна 5, а следующие за ней цифры нули, то последнюю сохраняемую цифру не изменяют, если она четная, и увеличивают на 1, если она нечетная.

Примеры результатов измерений до и после округления:

- до округления  $X_1 = 1001,77 \pm 0,033$ ,  
после округления  $X_1 = 1001,770 \pm 0,033$ ; или  $1001,77 \pm 0,03$ ;
- до округления  $X_2 = 237,465 \pm 0,127$ ,  
после округления  $X_2 = 237,46 \pm 0,13$ ;
- до округления  $X_3 = 123357 \pm 678$ ,  
после округления  $X_3 = 123400 \pm 700$ .

## Рекомендации для выполнения

В качестве примера рассмотрим выполнение метрологической оценки результата косвенного измерения действительной постоянной счетчика электрической энергии  $C_o = \frac{P \cdot t}{N}$ , 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 –  $r_p$ :

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

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:

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

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:

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

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

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

Тогда  $S_\kappa = \sqrt{102,9 \cdot 2,4^2 + 51,2 \cdot 3^2 + 5264,7 \cdot 0,8^2} =$

$$= \sqrt{592,7 + 460,8 + 3369,4} = \sqrt{4422,9} = \pm 66,50 \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{об}}.$$

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 задач выбираются (таблица 1.2.1) по двум последним цифрам шифра (номера зачетной книжки). Некоторые из приведенных задач многовариантны. Их вариант также выбирается по двум последним цифрам номера зачетной книжки.

Таблица 1.2.1

Шифр	Номера решаемых задач					Шифр	Номера решаемых задач				
<b>01</b>	1	3	5	7	9	<b>51</b>	2	4	6	8	10
<b>02</b>	11	13	15	17	19	<b>52</b>	12	14	16	18	20
<b>03</b>	21	23	25	27	29	<b>53</b>	22	24	26	28	30
<b>04</b>	31	33	35	37	39	<b>54</b>	32	34	36	38	40
<b>05</b>	41	43	45	47	49	<b>55</b>	42	44	46	48	50
<b>06</b>	51	53	55	57	59	<b>56</b>	52	54	56	57	60
<b>07</b>	61	63	65	1	2	<b>57</b>	62	64	66	3	4
<b>08</b>	5	6	7	8	9	<b>58</b>	10	11	12	13	14
<b>09</b>	15	16	17	18	19	<b>59</b>	20	21	22	23	24
<b>10</b>	25	26	27	28	29	<b>60</b>	30	31	32	33	34
<b>11</b>	35	36	37	38	39	<b>61</b>	40	41	42	43	44
<b>12</b>	45	46	47	48	49	<b>62</b>	50	51	52	53	54
<b>13</b>	55	56	57	58	59	<b>63</b>	60	61	62	63	64
<b>14</b>	65	66	1	6	11	<b>65</b>	16	21	26	31	36
<b>15</b>	41	46	51	56	61	<b>66</b>	66	1	4	7	10
<b>16</b>	13	16	19	21	24	<b>67</b>	27	30	33	36	39
<b>17</b>	41	44	47	50	53	<b>68</b>	56	59	2	6	18
<b>18</b>	21	25	1	3	4	<b>69</b>	17	9	3	55	20
<b>19</b>	22	33	44	55	66	<b>70</b>	11	21	31	41	51
<b>20</b>	62	2	12	22	32	<b>71</b>	41	31	51	61	11
<b>21</b>	3	13	23	33	43	<b>72</b>	53	63	1	13	33
<b>22</b>	1	66	2	65	3	<b>73</b>	4	64	5	63	6
<b>23</b>	7	62	8	61	9	<b>74</b>	60	10	59	11	58
<b>24</b>	12	57	13	56	14	<b>75</b>	55	15	54	16	53
<b>25</b>	17	52	18	51	19	<b>76</b>	50	20	49	21	48
<b>26</b>	22	47	23	46	24	<b>77</b>	45	25	44	26	43
<b>27</b>	27	42	28	41	29	<b>78</b>	40	30	39	31	38
<b>28</b>	32	37	33	36	3	<b>79</b>	12	24	46	50	1
<b>29</b>	1	3	5	7	9	<b>80</b>	2	4	6	8	10
<b>30</b>	11	13	15	17	19	<b>81</b>	12	14	16	18	20
<b>31</b>	21	23	25	27	29	<b>82</b>	22	24	26	28	30
<b>32</b>	31	33	35	37	39	<b>83</b>	32	34	36	38	40
<b>33</b>	41	43	45	47	49	<b>84</b>	42	44	46	48	50
<b>34</b>	41	46	51	56	61	<b>85</b>	66	1	4	7	10

35	13	16	19	21	24	86	27	30	33	36	39
36	41	44	47	50	53	87	56	59	2	6	18
37	21	25	1	3	4	88	17	9	3	55	20
38	22	33	44	55	66	89	11	21	31	41	51
39	15	16	17	18	19	90	20	21	22	23	24
40	25	26	27	28	29	91	30	31	32	33	34
41	35	36	37	38	39	92	40	41	42	43	44
42	45	46	47	48	49	93	50	51	52	53	54
43	55	56	57	58	59	94	60	11	62	6	64
44	65	66	1	6	11	95	16	21	26	31	36
45	13	16	19	21	24	96	27	13	33	36	39
46	41	44	47	50	53	97	56	59	2	6	18
47	21	25	1	3	4	98	17	19	3	5	2
48	22	33	44	55	66	99	11	7	11	40	51
49	62	2	12	22	32	00	40	31	51	60	9
50	3	13	23	33	43						

### Задачи

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

2. Два сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  и амперметр включены параллельно в цепь. В цепях с сопротивлениями 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.

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

4. 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.

5. 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.

6. Для измерения энергии были найдены: напряжение с по-

грешностью  $\delta_u = 1\%$ , сопротивление с погрешностью  $\delta_r = 1,5\%$ , время с погрешностью  $\delta_t = 0,5\%$ . Определить относительную погрешность измерения.

7. Имеются амперметры с пределами измерения: 2 А, 3 А и 5 А, 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?

8. 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.

9. Элемент, у которого Э.д.с. 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.

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

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

12. При измерении мощности с помощью вольтметра ( $U_n = 300$  В, класс точности 1,5) и амперметра ( $I_n = 5$  А, класс точности 1,0) их показания соответственно составили:  $U = 215$  В и  $I = 3$  А. Определить нижнюю и верхнюю границы результата измерения мощности и относительную погрешность измерения.

13. 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.

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

15. 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  $R_0 = 30$  кОм.

16. Показания поверяемого амперметра  $I = 2,0$  А ( $I_n = 5,0$  А). Показания образцового амперметра, включенного последовательно с поверяемым амперметром, равны  $I_0 = 2,2$  А. Определить относительную и приведенную погрешности амперметра.

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

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

19. Определить наибольшую возможную относительную погрешность измерения электрической энергии с помощью ваттметра ( $P_n = 300$  Вт, класс точности 1,0) и секундомера за 3 минуты, измеренные с точностью до 1 секунды. Ваттметр показал 100 Вт.

20. 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 допустимых 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?

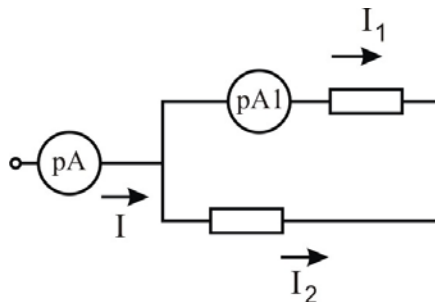
21. Определить методическую относительную погрешность измерения мощности постоянного тока косвенным методом по показаниям амперметра и вольтметра при схеме их включения с нагрузкой «амперметр перед вольтметром». Внутренние сопротивления амперметра и вольтметра соответственно равны  $R_A$  и  $R_V$ ,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

22. При отсутствии фазометра можно измерить  $\cos \varphi$  между током и напряжением косвенно – с помощью ваттметра, амперметра и вольтметра. Определить относительную погрешность оценки  $\cos \varphi$  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

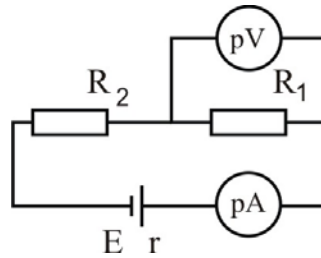
23. В цепи постоянного тока, изображенной на рисунке, включены приборы:  $pA$  – амперметр класса точности  $K_A$  с пределом измерений  $I_K$  и  $pA_1$  – амперметр класса точности  $K_{A1}$  с пределом измерений  $I_{K1}$ . Рассчитать наибольшую возможную относительную погрешность измерения тока  $I_2$ , 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

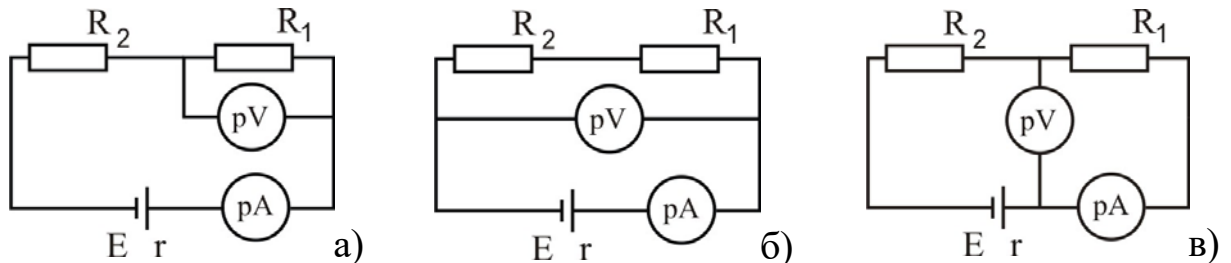
24. В схеме, приведенной на рисунке,  $E = 5$  В,  $R_1 = 5$  Ом и  $R_2 = 4$  Ом, сопротивление амперметра  $R_A = 0,1$  Ом. Какая систематическая

погрешность будет при измерении силы тока амперметром с сопротивлением  $R_A$ ? Сопротивление вольтметра очень большое, а внутреннее сопротивление источника  $r = 2$  Ом.



25. 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  $\pm 0,05$  мм.

26. 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.



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

27. 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?

28. 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									
$U, В$	100	120	150	200	220	110	90	120	100	220
$R_1, Ом$	5	10	12	6	15	10	15	7,5	6	10
$R_2, Ом$	10	10	24	10	25	25	20	15	9	5
	Предпоследняя цифра шифра									
$R_{V1}, кОм$	5	8	12	10	20	10	20	10	10	15
$R_{V2}, кОм$	500	100	300	250	500	300	100	50	15	25
$R_{V3}, кОм$	50	500	75	100	150	75	300	250	300	500

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

30. 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.

31. 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?

32. 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	4,72	8,41	7,34	6,31	9,14	10,23
$R, Ом$	12,14	15,06	11,71	10,31	7,94	8,57	9,48	13,09	14,25	6,51
$t, c$	314,1	210,4	180,6	175,3	418,2	150,2	350,4	455,1	370,6	470,7
	Предпоследняя цифра шифра									
$\delta I, \%$	0,015	0,02	0,023	0,035	0,009	0,012	0,025	0,031	0,018	0,011
$\delta R, \%$	0,011	0,015	0,009	0,007	0,021	0,019	0,005	0,003	0,006	0,023
$\delta t, \%$	0,2	0,1	0,15	0,13	0,19	0,12	0,23	0,16	0,17	0,21

33. Для определения мощности в цепи постоянного тока были измерены: напряжение сети  $U$  вольтметром класса точности  $N_V$  с пределом измерений  $U_n$ , ток  $I$  амперметром класса точности  $N_A$  с пределом измерений  $I_n$ . 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

34. 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	0,01	0,01	0,03	0,05	0,04	0,025

$R_V, \text{кОм}$	40	30	50	15	5	10	25	35	50	20
	Предпоследняя цифра шифра									
$R_x, \text{Ом}$	2	10	5	100	15	1000	3	1	500	50

35. 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									
$U_1, \text{мВ}$	2781	3509	1237	1834	378	194	229	1538	2910	1354
					4	4	3			
$U_2, \text{мВ}$	2836	3523	1245	1851	377	196	230	1540	2898	1343
					5	1	4			
$U_3, \text{мВ}$	2807	3501	1253	1867	378	195	231	1545	2894	1367
					8	1	1			
$U_4, \text{мВ}$	2763	3493	1262	1839	379	195	231	1554	2927	1362
					6	5	7			
$U_5, \text{мВ}$	2858	3497	1270	1862	380	196	231	1563	2903	1351
					3	7	0			
	Предпоследняя цифра шифра									
$\Delta U, \text{мВ}$	50	30	25	50	30	25	40	30	25	50

36. 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. Определить абсолютную и относительную погрешности измерения напряжения.

37. Сравнить погрешности измерений давления в 100 кПа пружинными манометрами классов точности 0,2 и 1,0 с пределами измерений на 600 и 100 кПа соответственно.

38. В цепь с сопротивлением  $R = 49$  Ом и источником тока с  $E = 10$  В и  $R_{\text{вн}} = 11$  Ом включен амперметр с сопротивлением  $R = 1$  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.

39. Определить абсолютную и относительную методические

погрешности измерения мощности постоянного тока косвенным методом по показаниям амперметра и вольтметра при схеме их включения с нагрузкой «вольтметр перед амперметром». Внутренние сопротивления амперметра и вольтметра соответственно равны  $R_A$  и  $R_V$ , также известно сопротивление нагрузки  $R_n$ . Привести схему соединения приборов.

40. 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									
$X_1, Ом$	5,54	50,76	8,12	98,31	20,31	80,11	30,35	70,23	80,333	190,44
$X_2, Ом$	5,132	50,612	8,45	98,763	20,72	80,543	30,772	70,577	180,45	190,93
$X_3, Ом$	5,164	50,322	8,765	98,913	20,555	80,876	30,184	70,914	180,112	190,19
	Предпоследняя цифра шифра									
$\Delta X_1, Ом$	0,005	0,007	0,105	0,009	0,109	0,008	0,012	0,015	0,006	0,018
$\Delta X_2, Ом$	0,115	0,109	0,112	0,113	0,101	0,102	0,12	0,125	0,01	0,099
$\Delta X_3, Ом$	0,01	0,211	0,001	0,006	0,017	0,056	0,0009	0,079	0,134	0,154

41. 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.

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

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

0,05 потенциометра.

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

45. 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.

46. 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?

47. 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									
$U_v, В$	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
$\delta_t, \%$	0,3	0,25	0,15	0,4	0,2	0,1	0,45	0,32	0,45	0,2

48. 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.

49. 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.

50. 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									
$N, \text{дел}$	150	140	100	200	120	150	100	110	150	200
$I, \text{мА}$	30	30	25	20	35	40	25	32	28	30
$U, \text{В}$	150	160	140	155	130	125	165	150	145	150
	Предпоследняя цифра шифра									
$R, \text{кОм}$	1	0,9	0,75	0,5	0,6	1,2	0,8	1,5	0,85	0,9
$I_A, \text{А}$	5	4,8	5,1	5,2	4,3	5,15	4,9	4,7	5,1	5,05

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

52. 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 вместо  $R_1$  станет равным  $R_2$ ? Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$E, \text{В}$	1,5	1,45	1	1,2	1,45	1,5	1,6	1,55	1,8	2
$r, \text{Ом}$	0,2	0,15	0,19	0,22	0,25	0,16	0,22	0,2	0,17	0,23
	Предпоследняя цифра шифра									
$R_1, \text{Ом}$	14,8	14,2	15	14,9	14,5	14,3	15,1	14,8	15,05	15

$R_2, \text{Ом}$	0,3	0,4	0,2	0,28	0,25	0,31	0,32	0,45	0,2	0,5
------------------	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	-----	-----

53. Шкала миллиамперметра магнитоэлектрической системы с сопротивлением  $R_A$  разбита на  $N$  делений, цена деления  $C_d$ . 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									
$R_A, \text{Ом}$	2	2,5	1,5	2,2	1,8	2,1	2,5	2	1,9	1,6
$N, \text{дел}$	150	140	100	200	120	150	100	110	130	150
$C_d, \text{мА/дел}$	0,2	0,15	0,25	0,18	0,5	0,32	0,2	0,5	0,15	0,2
	Предпоследняя цифра шифра									
$I, \text{А}$	15	13	14,5	12	16	18	20	12,5	14	15,5
$U, \text{В}$	150	75	100	90	145	160	95	100	120	150

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

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

56. 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.

57. Определить наибольшую возможную относительную погрешность измерения электрической энергии ваттметром на номинальную мощность 750 Вт класса точности 0,5 за время 2 мин, измеренное с точностью 2 с, если ваттметр показывает 200 Вт.

58. Показание амперметра 20 А, а его верхний предел 50 А, показание образцового прибора, включенного последовательно 20,5 А. Определить относительную и приведенную погрешности амперметра.

59. Для определения электрической мощности, выделяемой в активном сопротивлении, были измерены напряжение 125 В вольтметром с номинальным напряжением 150 В класса точности 1,5, и

сопротивление нагрузки 20 Ом одинарным мостом с погрешностью 0,2%. Найти мощность в нагрузке и наибольшую возможную относительную погрешность при ее измерении.

60. При измерении сопротивления величиной 7,5 Ом по цепи протекал ток 16 А, а вольтметр показал напряжение 121 В. Определить абсолютную и относительную погрешности измерения сопротивления.

61. Десять одинаковых ламп соединены параллельно. Ток в каждой лампе равен 0,3 А. Определить абсолютную и относительную погрешности амперметра, включенного в неразветвленную часть цепи, если его показание 3,3 А.

62. При измерении напряжения на нагрузке сопротивлением 7 Ом вольтметр показал 13,5 В. Э.д.с. источника 14,2 В, а его внутреннее сопротивление 0,1 Ом. Определить абсолютную и относительную погрешность измерения.

63. Для измерения мощности, потребляемой активной нагрузкой, обладающей сопротивлением  $R \pm \Delta, \text{Ом}$ , применялся вольтметр на номинальное напряжение  $U_n$  класса точности  $K$ . Определить потребляемую мощность и наибольшую относительную погрешность, если вольтметр показывает  $U_V$ . Исходные данные приведены в таблице.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
$R \pm \Delta, \text{Ом}$	$11 \pm 0,5$	$12,2 \pm 0,5$	$10 \pm 0,4$	$12,5 \pm 0,3$	$12 \pm 0,6$	$15,2 \pm 0,1$	$13 \pm 0,1$	$10,5 \pm 0,3$	$9,5 \pm 0,6$	$8,3 \pm 0,4$
$U_n, \text{В}$	300	250	100	150	220	350	200	160	320	300
	Предпоследняя цифра шифра									
$K$	1,5	1	0,5	2	1	1,5	1	1,5	0,5	2
$U_V, \text{В}$	240	205	215,5	235	260	235	220	245	250	200

64. При поверке после ремонта вольтметра класса точности 1,5 с конечным значением шкалы 5 В в точках шкалы 1 В; 2 В; 3 В; 4 В; 5 В получены соответственно следующие показания образцового прибора: 0,95 В; 2,07 В; 3,045 В; 4,075 В; 4,95 В. Определить сохранился ли класс точности прибора.

65. Необходимо измерить ток 4 мА. Для этого имеются два миллиамперметра: один – класса точности 1,0 с пределом измерения 20 мА, а второй – класса точности 2,5 с пределом измерения 5 мА.

Определить, у какого прибора меньше предел допускаемой относительной погрешности, и какой прибор обеспечит более высокую точность заданного измерения.

66. Для измерения затрат энергии в течении суток были измерены: напряжение сети 215 В вольтметром на номинальное напряжение 250 В класса точности 1,5 и ток 120 А амперметром на 150 А класса точности 1,0. Определить количество энергии, расходуемой в печи за сутки и наибольшую возможную относительную погрешность при ее измерении, если время измерялось с точностью до 1 мин.

### ***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

### *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 выбираются по таблице 2.1. по двум последним цифрам шифра (номера зачетной книжки). При этом первая цифра в ячейке соответствует номеру вопроса по стандартизации, а вторая – по сертификации.

Таблица 2.1

Последняя цифра шифра Предпол. цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1 200	2 199	3 198	4 197	5 196	6 195	7 194	8 193	9 192	10 191
1	11 190	12 189	13 188	14 187	15 186	16 185	17 184	18 183	19 182	20 181
2	21 180	22 179	23 178	24 177	25 176	26 175	27 174	28 173	29 172	30 171
3	31 170	32 169	33 168	34 167	35 166	36 165	37 164	38 163	39 162	40 161
4	41 160	42 159	43 158	44 157	45 156	46 155	47 154	48 153	49 152	50 151
5	51 150	52 149	53 148	54 147	55 146	56 145	57 144	58 143	59 142	60 141
6	61 140	62 139	63 138	64 137	65 136	66 135	67 134	68 133	69 132	70 131
7	71 130	72 129	73 128	74 127	75 126	76 125	77 124	78 123	79 122	80 121
8	81 120	82 119	83 118	84 117	85 116	86 115	87 114	88 113	89 112	90 111
9	91 110	92 109	93 108	94 107	95 106	96 105	97 104	98 103	99 102	100 101

## 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. Межгосударственная система стандартизации, Межгосударственный Совет стран-участниц СНГ.

26. Технические условия как нормативный документ.

27. Правила согласования и утверждения технических условий.

28. Работы, выполняемые при стандартизации.

29. Систематизация, кодирование и классификация как работы, выполняемые при стандартизации.

30. Унификация, типизация и агрегатирование как работы, выполняемые при стандартизации.

31. Научно-технические принципы и методы стандартизации.

32. Основные принципы стандартизации.

33. Принципы, определяющие научно-техническую организацию работ по стандартизации.

34. Методы стандартизации.

35. Принцип предпочтительности. Предпочтительные числа и их ряды.

36. Государственные и отраслевые системы стандартов на общетехнические нормы, термины и определения.

37. Единая десятичная система классификации и кодирования технико-экономической информации.

38. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Характеристика системы, задачи, основные стандарты.

39. Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП). Характеристика системы, задачи, основные стандарты.

40. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).

41. Единая система технологической документации (ЕСТД). Характеристика системы, задачи, основные стандарты.

42. Единая система технологической документации (ЕСТД). Характеристика системы, задачи, основные стандарты.

43. Комплексная стандартизация как один из методов

стандартизации.

44. Опережающая стандартизация как один из методов стандартизации.

45. Стандартизация отклонений геометрических параметров деталей.

46. Стандарты Единой системы допусков и посадок.

47. Стандарты отклонений формы и расположения поверхностей деталей.

48. Стандарты волнистости и шероховатости поверхностей.

49. Межотраслевые системы (комплексы) стандартов.

50. Стандарты, обеспечивающие качество продукции.

51. Система стандартов по управлению и информации.

52. Система стандартов социальной сферы.

53. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов.

54. Государственный надзор за внедрением и исполнением государственных стандартов.

55. Стандартизация в банковском деле.

56. Стандартизация и экология.

57. Кодирование информации о товаре.

58. Основные положения Закона “О стандартизации”.

59. Международные стандарты серии ISO 9000.

60. Стандартизация систем обеспечения качества.

61. Стандартизация в сфере управления качеством продукции – концепция TQM и QS 9000.

62. Стандартизация в сфере услуг.

63. Состояние стандартизации услуг в Российской Федерации.

64. Особенности требований стандартов к отдельным видам услуг.

65. Концепция национальной системы стандартизации и совершенствования Государственной системы стандартизации Российской Федерации.

66. ГАТТ/ВТО и перспективы вступления России в ГАТТ/ВТО.

67. Сотрудничество Российской Федерации в области стандартизации с международными организациями по стандартизации.

68. Актуальные вопросы в практике международной

стандартизации.

69. Приоритетные направления и задачи международной стандартизации.

70. Гармонизация стандартов.

71. Применение международных стандартов в России.

72. Международные организации по стандартизации.

73. Международная стандартизация.

74. Международная организация по стандартизации ИСО, ее структура и принципы работы.

75. Международная электротехническая комиссия, ее структура и принципы работы.

76. Общеввропейские организации по стандартизации.

77. Европейский комитет по стандартизации (СЕН).

78. Организационная структура Европейского комитета по стандартизации (СЕН).

79. Европейский комитет по стандартизации в электротехнике (СЕНЭЛЕК).

80. Организационная структура Европейского комитета по стандартизации в электротехнике (СЕНЭЛЕК).

81. Европейский институт по стандартизации в области электросвязи (ЕТСИ).

82. Организационная структура Европейского института по стандартизации в области электросвязи (ЕТСИ).

83. Деятельность ЕС (Европейского Союза) по стандартизации.

84. Организационная работа по стандартизации в рамках Европейского Союза.

85. Стандартизация в США.

86. Стандартизация в Великобритании.

87. Стандартизация в Германии.

88. Стандартизация в Японии.

89. Сравнение работ по стандартизации в европейских странах.

90. Сравнение работ по стандартизации в США и Японии.

91. Сравнение работ по стандартизации в США и европейских странах.

92. Стандартизация в скандинавских странах (Дания, Норвегия,

Финляндия, Швеция).

93. Стандартизация в Юго-Восточной Азии.

94. Стандартизация в странах Латинской Америки.

95. Стандартизация в Содружестве независимых государств (СНГ).

96. Сходства и различия (в статусе, содержании) международных стандартов ИСО и МЭК.

97. Сравнение стандартизации в Западной Европе и Латинской Америке.

98. Особенности региональной и международной стандартизации.

99. Сравнение региональной стандартизации в Западной Европе и Юго-Восточной Азии.

100. Сравнение региональной стандартизации в Западной Европе и скандинавских странах.

101. Сущность сертификации. Основные термины и понятия. Цели и задачи сертификации.

102. История развития сертификации. Основные направления формирования современной сертификации.

103. Сертификация как процедура подтверждения соответствия установленным стандартам.

104. Сущность обязательной и добровольной сертификации.

105. Участники сертификации.

106. Особенности, объекты и участники обязательной сертификации.

107. Особенности, объекты и участники добровольной сертификации.

108. Сравнение обязательной и добровольной сертификации.

109. Виды сертификации.

110. Система добровольной сертификации СовАсК.

111. Требования к проведению сертификации.

112. Способы информирования заинтересованных лиц о соответствии товара установленным стандартам.

113. Формы участия в системах сертификации и соглашения по взаимному признанию на примере Российской Федерации.

114. Правила и документы по проведению работ в области

сертификации.

115. Правила по проведению сертификации.

116. Законодательная и нормативная база сертификации.

117. Структура нормативно-методического обеспечения сертификации.

118. Принципы, правила и порядок проведения сертификации продукции.

119. Принципы проведения сертификации продукции.

120. Порядок проведения сертификации продукции.

121. Основные стадии сертификации.

122. Схемы сертификации.

123. Содержание схем сертификации.

124. Выбор конкретной схемы сертификации в соответствии с российскими правилами.

125. Условия ввоза импортируемой продукции, подлежащей обязательной сертификации.

126. Система сертификации.

127. Правовые основы сертификации в Российской Федерации.

128. Закон “О защите прав потребителей” и сертификация.

129. Закон “О сертификации продукции и услуг”.

130. Анализ статей Закона “О защите прав потребителей”.

131. Анализ статей Закона “О сертификации продукции и услуг”.

132. Роль сертификации в защите интересов и прав потребителей.

133. Знаки соответствия для маркировки товаров, подлежащих сертификации.

134. Стандарты на объекты сертификации.

135. Стандартизация методов оценки соответствия, используемых в процессе сертификации.

136. Органы по сертификации и испытательные лаборатории.

137. Деятельность органов по сертификации, предъявляемые к ним требования.

138. Процедуры аттестации и аккредитации органов по сертификации.

139. Испытательные лаборатории. Аккредитация испытательных лабораторий.

140. Отличительные особенности процедуры аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий в Российской Федерации и за рубежом.
141. Российская система аккредитации (РОСА).
142. Структура Российской системы аккредитации (РОСА).
143. Деятельность Российской системы аккредитации (РОСА).
144. Схема организации органа по сертификации.
145. Этапы процесса аккредитации.
146. Стандарты на органы по сертификации и испытательные лаборатории.
147. Перспективные задачи сертификации.
148. Переход на подтверждение соответствия в форме принятия декларации о соответствии.
149. Сертификация экспортируемых товаров как перспективная задача сертификации.
150. Развитие сравнительных испытаний как гарантия безопасности товаров.
151. Сертификация импортируемой продукции в России.
152. Сертификация импортируемой продукции в Системе ГОСТ Р.
153. Признание зарубежных сертификатов в Российской Федерации на импортируемые товары.
154. Схема испытаний и сертификации ввозимой в Россию продукции.
155. Система сертификации ГОСТ Р.
156. Роль сертификации в предотвращении поступления некачественных товаров и подделок на российский рынок.
157. Основные правила для разрешения ввоз товара на территорию России.
158. Признание зарубежных сертификатов.
159. Процедура признания зарубежных сертификатов на импортируемый товар в России.
160. Обязательная сертификации импортируемой электронной и электротехнической продукции в России.
161. Обязательная сертификации импортируемых продовольственных товаров в России.

162. Сертификация продукции, импортируемой из стран Юго-Восточной Азии.
163. Порядок ввоза в Россию товаров, подлежащих обязательной сертификации.
164. Сертификация и технические барьеры в торговле.
165. Сертификация услуг.
166. Схемы сертификации услуг.
167. Обязательная сертификация туристических услуг.
168. Стандарт SA 8000 в области защиты прав человека.
169. Сертификация в банковском деле.
170. Сертификация персонала.
171. Государственный контроль и надзор за соблюдением государственных стандартов, правил обязательной сертификации и за сертифицированной продукцией.
172. Экологическая сертификации в России.
173. Экологическая сертификации в западноевропейских странах.
174. Знаки экологической сертификации.
175. Соглашения по техническим барьерам в торговле. Обязанности стран-участниц соглашения.
176. Деятельность ИСО в области сертификации.
177. Международная система сертификации электротехнических изделий (МЭКСЭ).
178. Международная система МЭК по сертификации изделий электронной техники.
179. Участие Европейской экономической комиссии ООН (ЕЭК ООН) в международной и национальной сертификации.
180. Международная конференция по аккредитации испытательных лабораторий ИЛАК.
181. Сертификация в Европейском Союзе (ЕС).
182. Директивы Европейского Союза (ЕС).
183. Европейская организация по испытаниям и сертификации (ЕОИС), ее структура и принципы работы.
184. Сертификация в СНГ.
185. Сравнение региональной сертификации в США и Японии.
186. Пути устранения препятствий для признания российских

сертификатов за рубежом.

187. Практика сертификации в Российской Федерации.

188. Совместная сертификация как способ признания российских сертификатов за рубежом.

189. Сертификация систем обеспечения качества.

190. Структура Регистра систем качества в Российской Федерации.

191. Процедуры сертификации систем качества и производств.

192. Сертификация производства.

193. Показатели качества продукции.

194. Оценка уровня качества продукции.

195. Политика предприятия в области качества.

196. Региональные и международные организации по сертификации систем качества.

197. Политика Европейского Союза (ЕС) в области качества.

198. Европейская программа качества - EQP.

199. Нормы на системы качества предприятий.

200. Аудит качества.

### ***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.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Литература:

#### а) основная литература (электронные ресурсы):

1.ЭБС «Znanium»: Метрология, стандартизация, сертификация: Учебник / В.И. Колчков. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 432 с.

2.ЭБС «Znanium»: Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пособие / А.И. Аристов, В.М. Приходько и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 256 с.

3.ЭБ "Труды ученых СтГАУ": Бондарь, М. С. Метрология, стандартизация и сертификация (сборник тестов) [электронный полный текст] : учеб.-метод. пособие для студентов вузов по специальностям: 110302.65 - Электрификация и автоматизация сел. хоз-ва, 140211.65 - Электроснабжение / М. С. Бондарь, Е. И. Папанцева ; СтГАУ. - Ставрополь : АГРУС, 2010. - 1,13 МБ. - (Гр. УМО).

4.ЭБС «Znanium»:Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие / Г.М. Дехтярь. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 154 с.

5.ЭБС «Znanium»:Сергеев, А. Г. Метрология: история, современность, перспективы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Г. Сергеев. — М. : Университетская книга; Логос, 2011. — 381 с.. (Новая университетская библиотека).

#### основная литература:

6.Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация, сертификация : учебник для бакалавров / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря ; Владимир. гос. ун-т. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2014. - 838 с. - (Бакалавр. Углубленный курс. Гр. УМО). - ISBN 978-5-9916-3404-5 : 762 р. 19 к.

Кол-во экземпляров: всего - 50

7.Бондарь, М. С. Метрология, стандартизация и сертификация (сборник тестов): учеб.-метод. пособие для студентов вузов по специальностям: 110302.65 - Электрификация и автоматизация сел. хоз-ва, 140211.65 - Электроснабжение / М. С. Бондарь, Е. И. Папанцева ; СтГАУ. - Ставрополь : АГРУС, 2010.

#### б) дополнительная литература:

1.ЭБ "Труды ученых СтГАУ: Жаворонкова, М. С. Метрология, стандартизация и сертификация : метод. указания и задания для выполнения лаборатор. работ для студентов всех форм обучения по направлениям 110300 «Агроинженерия», 140200 «Электроэнергетика» и специальностям 110302.65 «Электрификация и автоматизация сел. хоз-ва», 140211.65 «Электроснабжение» / М. С. Жаворонкова, Е. И. Папанцева. - Ставрополь : Сервисшкола, 2011. – 5,01 Мб.

2.ЭБ "Труды ученых СтГАУ": Метрология, стандартизация и сертификация [электронный полный текст] : метод. рекомендации по выполнению лабораторных и практ. работ для студентов всех форм обучения по направлению 110800.62 – Агроинженерия, профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии в сел. хоз-ве» / Е. И. Папанцева, Е. Н. Голубницкая, Ш. Ж. Габриелян, М. С. Жаворонкова ; СтГАУ. - Ставрополь : АГРУС, 2014. – 642 Кб.

3.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, 2010. – 72 с.

4.ЭБС «Znanium»:Метрология и средства измерений: Учебное пособие / В.Ф. Пелевин. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 272 с.

5.Стандарты и качество (периодическое издание).

6.Business Excellence = Деловое совершенство (периодическое издание).

#### Электронные ресурсы: сайты

1. Преподаватель он-лайн <http://gavoronkova.professorjournal.ru/student/baza>

2. РОССТАНДАРТ Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии <http://www.gost.ru/wps/portal/>

3. Главный форум метрологов <http://metrologu.ru/>

4.Официальный сайт ОАО Концерн «Энергомера» <http://www.energomera.ru/>

5.Федеральная Сетевая Компания ОАО «ФСК ЕЭС» <http://www.fsk-ees.ru/>

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ФГБОУ ВО «СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
КАФЕДРА ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ, АВТОМАТИКИ И МЕТРОЛОГИИ

ШИФР: \_\_\_\_\_

### КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине

«Метрология»

*Выполнил: студент \_\_\_ курса, \_\_\_ группы*

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_  
(подпись и дата)

*Приняли:*

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(оценка и дата)

**Ставрополь, \_\_\_\_\_ год**

**Задание**

на курсовую работу по дисциплине «Метрология»  
выдано студенту \_\_\_\_ курса \_\_\_\_ группы дневной (заочной) формы  
обучения электроэнергетического факультета ФГБОУ ВО Ставропольского  
государственного аграрного университета.

---

\_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество, № зачетной книжки)

**1. Метрология**

1.1 Провести метрологическую оценку результата косвенного измерения. *(Таблица 1.1 Методических указаний)*.

1.2 Решить 10 задач  
*(Таблица 1.2.1 Методических указаний)*.

**2. Стандартизация, Сертификация**

2.1. Раскрыть содержание теоретических вопросов по стандартизации и сертификации *(Таблица 2.1 Методических указаний)*.

Задание получил

Задание выдал