

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Иркутский государственный университет путей сообщения

Практические задачи метрологии

Задание на расчетно-графическую работу
с методическими указаниями

ИРКУТСК 2015

УДК 006
ББК 30.10
М 55

С о с т а в и т е л и :

Е.Н. Жигулина, старший преподаватель кафедры электроэнергетики транспорта

Р е ц е н з е н т ы :

С.И. Фадеев, зам.начальника Восточно-Сибирского центра метрологии ВСЖД-филиала ОАО «РЖД».

В.М. Попов, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой АЭС и ПНК ИФ МГТУ ГА

П 55 **Практические задачи метрологии:** задание на расчетно-графическую работу с методическими указаниями / сост. Е.Н. Жигулина – Иркутск: ИрГУПС, 2015. – 20 с.

Приведены задания на расчетно-графическую работу с методическими указаниями, порядок и примеры расчета.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения специальности 190901.65 «Системы обеспечения движения поездов» для выполнения расчетно-графической работы по разделу «Метрология» дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация».

Табл. 10. Библиогр.: 5 назв.

УДК 006
ББК 30.10

© ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения, 2015

Оглавление

Предисловие	4
Задача 1. Поверка технических приборов и основы метрологии	6
Задача 2. Погрешности средств измерений	8
Задача 3. Методы и погрешности электрических измерений	9
Задача 4. Определение погрешности результата косвенных измерений	11
Задача 5. Обработка результатов прямых многократных измерений	15
Библиографический список	18

Предисловие.

Данные методические указания включают в себя задания и методические указания к выполнению расчётно-графической работы (РГР) по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов очной и заочной форм обучения специальностей 190901.65 «Системы обеспечения движения поездов». Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование у студентов основных и важнейших представлений в области решения профессиональных задач по достижению качества и эффективности работ на основе использования методов обеспечения единства измерений, приобретение ими практических навыков в использовании методов и средств измерений, приобретение знаний в области метрологии, стандартизации и сертификации. Задачи дисциплины - передача студентам теоретических основ и фундаментальных знаний в области метрологии, стандартизации и сертификации; обучение умению применять полученные знания для решения прикладных задач этой дисциплины, и развитие общего представления о современном состоянии нормативных документов, тенденциях и перспективах развития метрологии, стандартизации и сертификации в России и за рубежом.

Дисциплина входит в базовую часть профессионального цикла, опирается на содержание следующих учебных дисциплин: математика, информатика, ТОЭ, электрические измерения.

Дисциплина является опорой для изучения следующих учебных дисциплин: электромагнитная совместимость; эксплуатация технических средств обеспечения движения поездов, основы технической диагностики.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц или 144 часа. Количество аудиторных занятий составляет 54 часа, самостоятельная работа студента – 54 часа.

Процесс изучения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» направлен на формирование следующих компетенций: способность использования навыков проведения измерительного эксперимента и оценки его результатов на основе знаний о методах метрологии, стандартизации и сертификации (ПК-8); владеть методами оценки свойств и способами подбора материалов (ПК-11); умение использования нормативных документов по качеству, стандартизации, сертификации и правилам технической эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и производства систем обеспечения движения поездов; использование технических средств для диагностики технического состояния систем; использование элементов экономического анализа в практической деятельности (ПК-15); умение разрабатывать и использовать нормативно-технические документы для контроля качества технического обслуживания и ремонта систем обеспечения движения поездов, их модернизации, оценки влияния качества продукции на безопасность движения поездов, осуществлять анализ состояния безопасности (ПК-16); владеть нормативными документами

по ремонту и техническому обслуживанию систем обеспечения движения поездов, способами эффективного использования материалов и оборудования при техническом обслуживании и ремонте систем обеспечения движения поездов; владеет современными методами и способами обнаружения неисправностей в эксплуатации, определения качества проведения технического обслуживания систем обеспечения движения поездов; владеет методами расчета показателей качества (ПК-17); способность контролировать соответствие технической документации разрабатываемых проектов техническим регламентам, санитарным нормам и правилам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК-23).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- правовые основы метрологии, стандартизации и сертификации; метрологические службы, обеспечивающие единство измерений; технические средства измерений; принципы составления и использования международных стандартов, технических регламентов, руководящих документов и другой нормативно-технической документации.

уметь:

- применять методы и средства технических измерений, технические регламенты и другие нормативные документы при оценке качества и сертификации продукции; разрабатывать нормативно-технические документы по модернизации систем обеспечения движения поездов.

владеть:

- методами и средствами технических измерений, приемами использования стандартов и других нормативных документов при оценке, контроле качества и сертификации продукции.

Задание на РГР состоит из задач по следующим темам:

Тема 1 - «Погрешности средств измерений» - задачи № 1,2.

Тема 2 - «Погрешности измерений» - задачи № 3,4.

Тема 3 - «Обработка результатов измерений» - задача № 5.

Вариант РГР задается преподавателем и состоит из двух цифр. Если вариант студента представляет однозначное число, то за предпоследнюю цифру следует принимать цифру 0.

Так как объем данных методических указаний ограничен, то теоретический материал необходимо предварительно проработать по указанной литературе.

Задача №1

Поверка технических приборов и основы метрологии

Технический амперметр магнитоэлектрической системы с номинальным током I_n , числом номинальных делений $\alpha_n = 100$ имеет оцифрованные деления от нуля до номинального значения, проставленные на каждой пятой части шкалы (стрелки обесточенных амперметров занимают нулевое положение).

Поверка технического амперметра осуществлялась образцовым амперметром той же системы.

Исходные данные для выполнения задачи указаны в табл. 1.1.

Числовые значения для задачи № 1

Таблица 1.1

Пове- ря- емый ампер- метр	Ед. изм.	Пред- послед- няя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Отмет- ка шка- лы α_x	Дел.	-	10	25	30	45	50	65	70	85	90	95
Абсо- лютная по- греш- ность Δ_1	А	-	-0,01	+0,03	-0,04	+0,02	-0,03	+0,05	-0,04	+0,02	-0,06	+0,03
		-	+0,02	-0,04	+0,06	-0,08	+0,05	-0,08	+0,03	+0,04	-0,03	+0,06
		-	-0,03	+0,05	-0,03	+0,07	+0,04	-0,04	+0,06	-0,05	+0,08	-0,05
		-	+0,04	-0,06	+0,02	-0,05	-0,08	+0,02	-0,07	+0,06	-0,02	+0,04
		-	-0,05	+0,07	-0,01	+0,04	-0,06	+0,03	-0,02	-0,08	+0,05	-0,02
Номи- наль- ный ток I_n	А	0; 5	2,5	20	15	20	5,0	10	5	10	2,5	15
		1; 6	10	1,0	20	15	1,0	2,5	15	20	5,0	2,5
		2; 7	5,0	10	1,0	2,5	2,5	20	10	2,5	10	5,0
		3; 8	20	15	2,5	10	5	5	20	5,0	20	10
		4; 9	15	2,5	10	5	20	15	2,5	15	1,0	20

Необходимо:

- 1) определить поправки измерений δ_x ;
- 2) определить приведенную погрешность γ ;
- 3) указать, к какому ближайшему стандартному классу точности относится данный прибор;

- 4) определить результат измерения на отметке шкалы α_x ;
- 5) определить относительную погрешность измерения на отметке шкалы α_x ;
- 6) построить график поправок $\delta_x = f(x)$.

Методические указания

Погрешность средств измерений - разность между показанием средства измерений и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины.

По способу выражения различают абсолютную, относительную, приведенную погрешности.

Абсолютная погрешность средства измерений - погрешность средства измерений, выраженная в единицах измеряемой физической величины (Δ):

$$\Delta = x - X, \quad (1.1)$$

где x – показание прибора;

X – истинное значение измеряемой величины.

Относительная погрешность - погрешность средства измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к результату измерений или к действительному значению измеренной физической величины (δ):

$$\delta = \frac{\Delta}{X} \cdot 100 \quad (1.2)$$

Приведенная погрешность - относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины, постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона (γ):

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100, \quad (1.3)$$

где x_N – условно принятое значение величины называют *нормирующим значением*. Часто за нормирующее значение принимают верхний предел измерений.

Абсолютная погрешность, взятая с обратным знаком, называется *поправкой* к показанию прибора:

$$\delta x = -\Delta \quad (1.4)$$

График поправок — это зависимость отметок шкалы в единицах измеряемой величины от значений поправок ($\delta_x = f(x)$).

Точность измерений характеризуется близостью их результатов к истинному значению измеряемой величины.

Согласно ГОСТ 8.401-80 «Классы точности средств измерений» пределы допускаемых основной и дополнительных погрешностей следует выражать в форме приведенных, относительных или абсолютных погрешно-

стей. Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме приведенной погрешности в соответствии с формулой (1.3), классы точности следует обозначать числами, которые равны этим пределам, выраженным в процентах

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100 = \pm p, \quad (1.5)$$

где p – отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда $1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2,5 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$;
 $n = 1, 0, -1, -2$ и т.д.

Значения, указанные в скобках, не устанавливают для вновь разрабатываемых средств измерений.

Результаты вычислений свести в табл. 1.2

Таблица 1.2

Оцифрованные деления шкалы, А	Абсолютная погрешность Δ_1 , А	Поправка измерений δ_x , А	Приведенная погрешность γ , %

Пример расчета

При поверке амперметра с пределом измерения 5 А в точках 1, 2, 3, 4, 5 А получили соответственно следующие показания образцового прибора: 0,95; 2,07; 3,05; 3,92; 4,95. Определить класс точности амперметра.

Решение

Наибольшая проявленная абсолютная погрешность (ф.1.1):

$$\Delta = 4,0 - 3,92 = 0,08 \text{ А.}$$

Приведённая погрешность амперметра (ф.1.5):

$$\gamma = \frac{0,08}{5} 100 = 1,6 \%$$

Следовательно, поверяемый прибор может быть отнесен к классу точности 2.

Задача № 2.

Погрешности средств измерений

Номинальный режим электроустановки постоянного тока характеризуется напряжением U_N и током I_N , измерение которых может быть произведено вольтметрами V_1 или V_2 и амперметрами A_1 или A_2 . Значения напряжения U_N , тока I_N и характеристики электроизмерительных приборов

приведены в таблице 2.1.

Необходимо:

1) из двух вольтметров и двух амперметров, предложенных в табл.2.1, выбрать электроизмерительные приборы, обеспечивающие меньшую возможную относительную погрешность;

2) определить пределы, в которых могут находиться действительные значения напряжения и тока при их измерении выбранными приборам

Вариант, подлежащий решению, определяется по двум последним цифрам варианта студента. В табл. 2.1 исходные данные разделены на две группы: А и Б. Номер варианта группы А выбирается по предпоследней цифре, а группы Б - по последней цифре варианта.

Числовые значения для задачи № 2

Таблица 2.1

Группа	Величина			Вариант									
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	Напряжение U_n , В			24	60	110	12	36	2,5	42	120	27	80
	Вольт-метры	V_1	Класс точности Предел измерения, В	2,5 30	1,0 150	1,0 300	4,0 15	2,5 75	1,5 3	4,0 50	1,0 300	4,0 30	1,5 150
		V_2	Класс точности Предел измерения, В	1,0 150	2,5 75	2,5 250	0,1 600	1,5 50	1,0 5	1,5 100	2,5 150	1,5 50	1,0 100
Б	Ток I_n , А			2,5	4,5	9,4	0,3	8,5	6,8	9,7	1,8	6,3	13
	Ампер-метры	A_1	Класс точности Предел измерения, А	4,0 3	1,0 30	4,0 10	0,2 3	2,5 10	2,5 7,5	1,0 50	2,5 2	4,0 7,5	2,5 30
		A_2	Класс точности Предел изменения А	1,0 15	4,0 5	1,0 75	1,5 0,5	1,0 30	1,0 30	2,5 10	1,0 5	1,5 30	4,0 15

Задача № 3

Методы и погрешности электрических измерений

Для измерения сопротивления косвенным видом использовались два прибора: амперметр и вольтметр магнитоэлектрической системы.

Данные приборов, их показания, при которых производилось измерение сопротивления, приведены в табл. 3.1.

Необходимо:

1) определить величину сопротивления R'_x по показаниям приборов и начертить схему;

- 2) определить величину сопротивления R'_x с учетом схемы включения приборов;
- 3) определить наибольшие возможные (относительную δ_r и абсолютную Δ_r) погрешности результата измерения этого сопротивления;
- 4) определить в каких пределах находятся действительные значения измеряемого сопротивления.

Числовые значения для задачи №3

Таблица 3.1

Наименование величин	Ед. изм.	Пред-последняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предел измерения U_H	В	-	3	150	15	75	300	30	300	150	75	30
Ток полного отклонения стрелки прибора при U_H	мА	-	3	7,5	1	1	7,5	1	1	3	1	7,5
Класс точности γ_H	%	-	0,2	0,5	1	0,2	0,5	1	1	0,5	0,5	1
Показания вольтметра U	В	0; 5	2,2	140	12	60	240	27	270	100	50	20
		1; 6	2,8	130	10	70	260	25	180	110	60	26
		2; 7	2,5	120	8	65	210	23	230	140	70	18
		3; 8	1,7	110	11	75	250	28	240	120	65	22
		4; 9	2,9	150	14	55	200	29	160	130	75	25
Предел измерения I_H	А	-	1,5	3	1,5	7,5	0,3	15	1,5	1,8	0,3	15
Падение напряжения на зажимах прибора при I_H	мВ	-	100	95	100	140	27	100	100	100	27	100
Класс точности γ_H	%	-	0,5	1	0,2	0,5	1	0,2	1	0,5	0,2	1,5
Показание амперметра I	А	0; 1	1	0,5	1	5	0,2	9	0,5	0,4	0,1	10
		6; 2	1,3	0,7	1,2	6	0,18	10	0,6	0,5	0,1	8
		7; 3	1,1	0,9	0,9	7	0,26	11	1,1	1	0,1	14
		8; 4	1,5	1,1	0,8	4	0,24	12	1,3	1,2	0,2	7
		9; 5	1,4	1,3	0,7	3,5	0,16	13	1,5	1,8	0,3	5

Методические указания

При измерении сопротивления методом двух приборов – амперметра и вольтметра, применяются две схемы. В этом случае приближенное значение сопротивления R'_x , согласно закона Ома, определится как $R'_x = U / I$.

Одна из схем (без учета внутреннего сопротивления приборов) используется в тех случаях, когда измеряемое сопротивление велико по сравнению с сопротивлением амперметра; другая – в тех случаях, когда измеряемое сопротивление мало по сравнению с сопротивлением вольтметра. Поскольку в практике измерений этим методом подсчет сопротивления R'_x обычно производится по приближенной формуле, то необходимо знать, какую схему следует выбрать для того, чтобы величина погрешности была наименьшей. Чтобы правильно выбрать схему, необходимо сначала определить соотношения R'_x / R_A и R_V / R'_x и по наибольшему из них принять и вычертить схему включения приборов.

Величина сопротивления R'_x определяется с учетом внутреннего сопротивления приборов R_A или R_V в зависимости от принятой схемы.

Относительная погрешность при косвенном виде измерения сопротивления определяется по формуле:

$$\delta = \pm \sqrt{(\Delta x_1 / x_1)^2 + (\Delta x_2 / x_2)^2}, \quad (3.1)$$

где x_1 – показание вольтметра;

x_2 – показание амперметра;

Δx_1 – максимальная абсолютная погрешность вольтметра, определяемая из формулы (1.3);

Δx_2 – максимальная абсолютная погрешность амперметра, определяемая из формулы (1.3).

Абсолютная погрешность Δ определяется по формуле:

$$\Delta = \pm \sqrt{\frac{x_2^2 \cdot (\Delta x_1)^2 + x_1^2 \cdot (\Delta x_2)^2}{x_2^4}} \quad (3.2)$$

Задача №4.

Определение погрешности результата косвенных измерений

Для измерения сопротивления или мощности косвенным методом использовались два прибора: амперметр и вольтметр магнитоэлектрической системы.

Данные приборов, их показания, при которых производилось измерение, приведены в табл. 4.1.

Определить:

- 1) величину сопротивления и мощность по показаниям приборов;

- 2) максимальные абсолютные погрешности амперметра и вольтметра;
- 3) абсолютную погрешность косвенного метода;
- 4) относительную погрешность измерения;
- 5) пределы действительных значений измеряемых физических величин.

Числовые значения для задачи № 4

Таблица 4.1

Наименование заданной величины	Предпоследняя цифра варианта	Последняя цифра варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предел измерения $U_{\text{ном}}$, В		150	250	15	30	50	75	100	150	250	300
Класс точности γ , %		0,2	0,5	0,2	0,5	1,0	0,2	1,0'	0,5	1,0	0,5
Показание вольтметра U , В	0; 5	140	200	8	28	20	70	90	100	245	250
	1; 6	120	210	10	26	25	65	80	110	230	210
	2; 7	130	220	12	24	30	60	70	120	200	270
	3; 8	110	230	14	22	35	55	60	130	225	290
	4; 9	100	240	15	25	40	50	50	140	210	260
Предел измерения $I_{\text{ном}}$, А		0,85	1,5	3	7,5	0,3	1,5	0,75	0,3	15	3
Класс точности γ , %		0,5	1,0	1,0	1,5	0,2	0,5	0,2	0,2	1,5	1,5
Показание амперметра I , А	0; 9	0,6	1,2	1	2	0,15	1,2	0,74	0,2	5	2,2
	1; 8	0,5	0,9	2	4	0,20	1,4	0,68	0,18	7	2,8
	2; 7	0,7	0,8	2,5	6	0,25	0,8	0,66	0,26	9	1,9
	3; 6	0,55	0,7	1,5	5	0,18	1	0,70	0,24	11	1
	4; 5	0,85	1,0	0,5	1	0,28	0,9	0,6	0,16	13	2,6

Методические указания

При косвенных измерениях искомое значение величины y находится на основании математической зависимости, связывающей эту величину с несколькими величинами $x_1, x_2, \dots, x_m$, измеряемыми прямыми методами. При этом погрешности прямых измерений приводят к тому, что окончательный результат имеет погрешность.

Максимальные абсолютные погрешности амперметра и вольтметра определяются:

$$\Delta I = \pm \frac{\gamma I_{\text{н}}}{100}, \quad (4.1)$$

$$\Delta U = \pm \frac{\gamma U_n}{100}, \quad (4.2)$$

где γ - приведенная погрешность измерительного прибора, равная классу точности прибора;

I_n, U_n - номинальное значение тока и напряжения соответственно.

Формулы для расчета абсолютных и относительных погрешностей результата косвенных измерений приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Функция у	Погрешности	
	абсолютная— Δy	относительная— δy
$x_1 \cdot x_2$	$\pm \sqrt{x_1^2 (\Delta x_2)^2 + x_2^2 (\Delta x_1)^2}$	$\pm \sqrt{(\Delta x_1 / x_1)^2 + (\Delta x_2 / x_2)^2}$
x_1 / x_2	$\pm \sqrt{[x_2^2 (\Delta x_1)^2 + x_1^2 (\Delta x_2)^2] / x_2^4}$	$\pm \sqrt{(\Delta x_1 / x_1)^2 + (\Delta x_2 / x_2)^2}$

В табл. 4.2 приняты следующие условные обозначения:

x_1, x_2 -измеренные значения электрических величин;

$\Delta x_1, \Delta x_2$ - максимальные абсолютные погрешности, допускаемые при измерениях значений x_1, x_2 .

Функция $x_1 \cdot x_2$ используется в задаче для расчета погрешности косвенного измерения мощности, функция x_1 / x_2 -то же для сопротивлений.

Результаты вычислений сопротивлений и мощности свести в табл. 4.3

Таблица 4.3

U, В	I, А	ΔU , В	ΔI , А	ΔP , Вт	ΔR , Ом	δ_P	δ_R	$P + \Delta P$, Вт	$R + \Delta R$, Ом

Пример расчета

Определить абсолютную и относительную погрешности косвенного метода измерения мощности при следующих данных приборов и их показаниях

$I=2$ А, $I_n=3$ А, $\gamma=1\%$, $U=50$ В, $U_n=100$ В, $\gamma=2,5\%$.

Решение

- 1) значение мощности по показаниям приборов $P=UI=100$ Вт;
- 2) предельные абсолютные погрешности измерительных приборов:

амперметра $\Delta I = \gamma \frac{I_n}{100} = \pm 0,03 \text{ A};$

вольтметра $\Delta U = \gamma \frac{U_n}{100} = \pm 2,5 \text{ В};$

3) абсолютная погрешность косвенного измерения мощности:

$$\Delta P = \pm \sqrt{U^2 (\Delta I)^2 + I^2 (\Delta U)^2} = \pm 5,22 \text{ Вт};$$

4) относительная погрешность косвенного измерения мощности

$$\delta_P = \pm \sqrt{\left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2} = \pm 0,05;$$

5) действительное значение мощности $P = (100,00 \pm 5,22) \text{ Вт}.$

Задача №5

Обработка результатов прямых многократных измерений

Для определения достоверного значения измеряемого напряжения с заданной доверительной вероятностью **P** и уменьшения влияния случайных погрешностей выполнен в одинаковых условиях и одним и тем же прибором ряд повторных измерений напряжения в количестве **n=10**. По данным варианта (табл.5.1):

- 1) определить среднее значение измеряемого напряжения;
- 2) определить абсолютные погрешности **и** среднеквадратическое отклонение погрешности заданного ряда измерений;
- 3) найти среднеквадратическое отклонение среднего арифметического;
- 4) найти результат измерения и доверительный интервал для заданной доверительной вероятности;
- 5) определить, имеются ли в результатах измерений грубые погрешности измерения.

Методические указания

Обработка результатов полученного ряда измерений выполняется в следующей последовательности

- 1) вычислить среднее арифметическое значение измеряемого напряжения, принимаемое за действительное,

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (5.1)$$

где

x_i – показание единичного измерения, взятое из табл. 5.1;

2) определить абсолютную погрешность каждого единичного измерения:

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x} \quad (5.2)$$

3) вычислить среднее квадратическое отклонение результата наблюдений:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n-1}} \quad (5.3)$$

Отклонение $\bar{x}$ от истинного значения измеряемого напряжения с доверительной вероятностью P не превышает величины

$$\varepsilon = t_p * S_x, \quad (5.4)$$

где

t_p – коэффициент распределения Стьюдента при доверительной вероятности P и числе измерений n ;

$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}}$ – среднее квадратическое отклонение среднего арифметического.

Некоторые значения t_p приведены в табл. 5.2.

Коэффициенты Стьюдента

Таблица 5.2

N	P					
	0,9	0,95	0,98	0,99	0,995	0,999
8	1,9	2,36	3,0	3,5	4,03	5,4
9	1,86	2,31	2,9	3,36	3,83	5,04
10	1,83	2,26	2,82	3,25	3,69	4,78

В заключение следует записать результат измерения в виде

$$x = \bar{x} \pm \Delta x \quad (5.5)$$

Если какой-либо отдельный результат наблюдений в полученном ряде измерений вызывает сомнение, то необходимо проверять, не является ли он грубой погрешностью измерения. Для этого необходимо вычислить величину

$$\tau = \frac{|x^* - x_{cp}|}{S}, \quad (5.6)$$

где x^* – сомнительный результат ряда измерений, и сравнить τ со значением $\tau(n; P)$, взятым из табл. 5.3.

Коэффициенты для проверки промахов

Таблица 5.3

n	P					
	0,9	0,95	0,98	0,99	0,995	0,998
9	2,24	2,35	2,46	2,53	2,59	2,68
10	2,29	2,41	2,54	2,62	2,68	2,72

Результат x^* необходимо считать промахом, если вычисленное значение τ окажется больше табличного $\tau_{п,р}$. В этом случае обработку ряда измерений следует проводить, исключив x^* .

Исходные данные для решения задачи №5

Таблица 5.1

Наименован заданной величины	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Показание единичного измерения $U_i, В$	—	139,52	72,08	50,25	100,64	80,75	120,25	93,32	60,48	113,32	132,13
		140,48	73,32	49,52	99,52	82,13	122,13	92,08	62,13	110,64	133,32
		142,13	70,75	52,08	100,48	81,36	119,52	90,75	60,25	112,13	132,08
		141,36	69,87	53,32	99,87	80,25	120,48	90,64	63,32	110,25	129,52
		140,25	70,64	50,48	100,75	79,52	121,36	89,87	60,75	110,75	129,87
		140,64	70,25	50,75	102,08	80,48	122,08	90,25	60,64	111,36	130,75
		139,87	71,36	49,87	103,32	82,08	123,32	91,36	61,36	109,87	131,36
		140,75	72,13	52,13	102,13	83,32	120,75	90,48	59,87	112,08	130,64
		143,32	70,48	51,36	101,36	80,64	119,87	89,52	59,52	109,52	130,48
		142,08	69,52	50,64	100,25	79,87	120,64	92,13	62,08	110,48	130,25
Доверительная вероятность P	0; 5	0,9	0,999	0,95	0,98	0,99	0,995	0,9	0,98	0,99	0,999
	1; 6	0,95	0,98	0,9	0,99	0,995	0,999	0,98	0,99	0,9	0,95
	2; 7	0,98	0,9	0,995	0,95	0,999	0,98	0,995	0,95	0,98	0,9
	3; 8	0,99	0,95	0,98	0,9	0,98	0,9	0,95	0,999	0,995	0,98
	4; 9	0,995	0,99	0,99	0,999	0,95	0,99	0,999	0,9	0,999	0,995

Пример расчета

При многократном измерении постоянного напряжения U получены значения в В: 14,2; 13,8; 14,0; 14,8; 13,9; 14,1; 14,5; 14,3. Укажите доверительный интервал истинного значения напряжения с вероятностью $P=0,99$ ($t_p = 3,499$)

Решение:

Среднее арифметическое значение измеряемого напряжения:

$$\bar{U} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i$$

$$U = \frac{1}{8} (14,2 + 13,8 + 14,0 + 14,8 + 13,9 + 14,1 + 14,5 + 14,3) = \frac{113,6}{8} = 14,2 \text{ В}$$

$$S = \sqrt{\frac{(14,2 - 14,2)^2 + \dots + (14,3 - 14,2)^2}{7}} = 0,33 \text{ В}$$

Среднеквадратическое отклонение среднего арифметического

$$S_x = S/\sqrt{n} = 0,33/\sqrt{8} = 0,12 \text{ В}$$

Доверительные границы $\varepsilon = S_x * t_p = 0,12 * 3,499 = 0,42 \text{ В}$

Ответ:

$$U = (14,2 \pm 0,42) \text{ В}; P=0,99$$

Библиографический список

Основная литература

1. *Кузнецов, В. П.* Термины и определения метрологии : учеб. пособие по дисциплине "Метрология, стандартизация и сертификация" / В. П. Кузнецов, Е. Н. Жигулина ; Федер. агентство ж.-д. трансп., Иркут. Гос. ун-т путей сообщ. - Иркутск : ИрГУПС, 2008. - 59 с
2. *Димов, Ю. В.* Метрология, стандартизация и сертификация : Учеб. Для вузов/ Ю. В. Димов, МО РФ. ИГТУ. – Иркутск: ИГТУ, 2002. –447 с.

Дополнительная литература

1. *Сергеев А.Г.* Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пособие/ Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. – М.: Логос, 2001. – 536 с.
2. *Тартаковский Д.Ф.* Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учебник для вузов/ Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. – М.: Высш. шк., 2001. – 205
3. РМГ 29-99 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. - Минск: МГС по стандартизации, метрологии и сертификации, 2000

Учебное издание

Практические задачи метрологии

Задание на расчетно-графическую работу
с методическими указаниями

Редактор
Компьютерный набор *Е.Н.Жигулиной*

Подписано в печать 5.03.2012 г.
Формат 60×84 ¹/₁₆. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 3,71.
План 2012 г. Тираж 100 экз. Заказ

Типография ИрГУПС, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15