

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания для самостоятельной работы и выполнения контрольного задания по дисциплине «Теоретические основы измерений» для студентов заочной формы обучения направлений 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 27.03.04 «Управление в технических системах»

Курган 2017

Кафедра автоматизации производственных процессов.

Дисциплина: «Теоретические основы измерений».

Составила: канд. техн.наук, доц. О.В. Дмитриева.

Утверждены на заседании кафедры .

«25» мая 2017 г.

Рекомендованы методическим советом университета «12» декабря 2016 г.

Содержание

Введение	4
1. Погрешности измерений.....	5
2. Законы распределения случайных величин	9
3. Обработка результатов прямых многократных измерений	12
Список литературы.....	13
Приложение	14

Введение

Целью освоения дисциплины «Теоретические основы измерений» является ознакомление студентов с основными видами измерений, методами оценки погрешностей измерений и обработки результатов измерений. Навыки, выработанные студентами при изучении курса, будут применяться при решении задач в научной и практической деятельности бакалавра-инженера по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Задачами освоения дисциплины «Теоретические основы измерений» являются:

- ознакомление студентов с основными понятиями теории измерений;
- формирование навыков планирования измерительных экспериментов; обработки экспериментальных данных и получения результата измерений.

В результате изучения дисциплины студент должен получить необходимые знания в области теории измерений и уметь применять их на практике.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- Знать основные понятия теории измерений;
- Знать виды и методы измерений;
- Знать методы обработки экспериментальных данных;
- Уметь осуществлять перевод единиц измерения в единицы системы СИ;
- Уметь использовать математические методы при обработке результатов экспериментальных исследований;
- Владеть методиками планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных;
- Владеть навыками обработки экспериментальных данных на ЭВМ.

В целях единообразия представления результатов и погрешностей измерений показатели точности и формы представления результатов измерений стандартизированы. Обработке подвергаются принципиально неточные данные, и точность методов обработки должна быть согласована с требуемой точностью результата измерения и точностью исходных данных.

Распространенной ошибкой при оценивании результатов и погрешностей измерений является вычисление их и запись с чрезмерно большим числом значащих цифр. Необходимо помнить, что поскольку погрешности измерений определяют лишь зону недоверности результатов, т.е. дают представление о том, какие цифры в числовом значении результата являются сомнительными, погрешности не требуется знать очень точно. Для технических измерений допустимой считается **погрешность оценивания погрешности в 15...20%**. **Стандартом установлено**, что в численных показателях точности измерений (в том числе и в погрешности) должно быть **не более двух значащих цифр**.

1. Погрешности измерений

В зависимости *от характера и причин появления* погрешности измерений и средств измерений делят на *систематические (детерминированные) и случайные (стохастические)*. Различают ещё грубые погрешности и промахи.

Систематическая погрешность – составляющая погрешности измерения, которая при повторении равнозначных измерений неизменного размера остается постоянной или закономерно изменяется. Систематические погрешности могут быть изучены, при этом результат измерения может быть уточнен или путем внесения поправок, если числовые значения этих погрешностей определены, или путем применения таких способов измерения, которые дают возможность исключить влияние систематических погрешностей без их определения. Числовые значения систематических погрешностей определяются путем проверки средств измерений.

При проведении измерений стараются в максимальной степени исключить или учесть влияние систематических погрешностей. Постоянная систематическая погрешность не устраняется при многократных измерениях.

Когда при проведении в одинаковых условиях повторных измерений одной и той же постоянной величины получаем результаты, отличающиеся друг от друга, это свидетельствует о наличии в них *случайных погрешностей*. Эта погрешность возникает вследствие одновременного воздействия на результат многих случайных возмущений и сама является случайной величиной. Для установления вероятностных (статистических) закономерностей появления случайных погрешностей и количественной оценки результата измерений и его случайной погрешности используются методы теории вероятностей и математической статистики

Грубая погрешность или промах – это погрешность результата отдельного измерения, входящего в ряд измерений, которая для данных условий резко отличается от остальных результатов этого ряда. Источником грубых погрешностей являются резкие изменения условий измерения и ошибки, допущенные оператором.

Вопрос о том, содержит ли результат наблюдений грубую погрешность, решается методами проверки статистических гипотез. Проверяемая гипотеза состоит в утверждении, что результат наблюдения x_i не содержит грубой погрешности, т.е. является одним из значений измеряемой величины. Пользуясь определенными статистическими критериями, пытаются опровергнуть выдвинутую гипотезу. Если это удастся, то результат измерений рассматривают как содержащий грубую погрешность и его исключают.

Для выявления грубых погрешностей задаются вероятностью q (уровнем значимости) того, что сомнительный результат действительно мог иметь место в данной совокупности результатов измерений.

Вариационный критерий Диксона – удобный и достаточно мощный (с малыми вероятностями ошибок). При его применении полученные результаты наблюдений записывают в вариационный возрастающий ряд

$$x_1; x_2; \dots; x_n \quad (x_1 < x_2 < \dots < x_n).$$

Критерий Диксона определяется следующим образом:

$$K_D = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}. \quad (1.1)$$

Критическая область для этого критерия $P(K_D > Z_q) = q$. Значения Z_q приведены в табл.1.1.

Таблица 1.1 - Значения критерия Диксона

n	Z_q при q , равном			
	0,10	0,05	0,02	0,01
4	0,68	0,76	0,85	0,89
6	0,48	0,56	0,64	0,70
8	0,40	0,47	0,54	0,59
10	0,35	0,41	0,48	0,53
14	0,29	0,35	0,41	0,45
16	0,28	0,33	0,39	0,43
18	0,26	0,31	0,37	0,41
20	0,26	0,30	0,36	0,39
30	0,22	0,26	0,31	0,34

Пример 1

Было проведено пять измерений напряжения в электросети. Получены следующие данные: 127,1; 127,2; 126,9; 127,6; 127,2 В. Результат 127,6 В существенно отличается от остальных. Проверить, не является ли он промахом.

Решение

Составим вариационный ряд из результатов измерений:

$$126,9; 127,1; 127,2; 127,2; 127,6 \text{ В.}$$

Для последнего члена этого ряда критерий Диксона

$$K_D = (127,6 - 127,2) / (127,6 - 126,9) = 0,4 / 0,7 \approx 0,57.$$

Как следует из табл.1.1. этот результат может быть отброшен как промах лишь на уровне значимости $q = 0,10$.

Для устранения постоянных систематических погрешностей применяют графические и специальные статистические методы. К последним относятся способ последовательных разностей, дисперсионный анализ и др.

Способ последовательных разностей (критерий Аббе) применяется для обнаружения изменяющейся во времени систематической погрешности и состоит в следующем. Дисперсию результата измерений можно оценить двумя способами – обычным:

$$S^2[x] = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (1.2)$$

и вычислением суммы квадратов последовательных (в порядке проведения измерений) разностей $(x_{i+1} - x_i)^2$:

$$Q^2[x] = \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} (x_{i+1} - x_i)^2 \quad (1.3)$$

Если в процессе измерений происходило смещение центра группирования результатов наблюдений, т.е. имела место переменная систематическая погрешность, то $S^2[x]$ дает преувеличенную оценку дисперсии результатов наблюдений. Это объясняется тем, что на $S^2[x]$ влияют вариации \bar{x} . В то же время изменения центра группирования \bar{x} весьма мало сказываются на значениях последовательных разностей $d_i = x_{i+1} - x_i$, поэтому смещения \bar{x} почти не отражаются на значении $Q^2[x]$.

Отношение (3.3) является критерием для обнаружения систематических смещений центра группирования результатов наблюдений. Критическая область для этого критерия (критерия Аббе) определяется как $P(v < v_q) = q$, где $q = 1 - P$ – уровень значимости, P – доверительная вероятность. Значения v_q для разных уровней значимости q и числа наблюдений n приведены в таблице 1.2.

$$v = Q^2[x] / S^2[x] \quad (1.4)$$

Таблица 1.2 - Значения критерия Аббе

n	v _q при q, равном			n	v _q при q, равном		
	0,001	0,01	0,05		0,001	0,01	0,05
4	0,295	0,313	0,390	13	0,295	0,431	0,578
5	0,208	0,269	0,410	14	0,311	0,447	0,591
6	0,182	0,281	0,445	15	0,327	0,461	0,603
7	0,185	0,307	0,468	16	0,341	0,474	0,614
8	0,202	0,331	0,491	17	0,355	0,487	0,624
9	0,221	0,354	0,512	18	0,368	0,499	0,633
10	0,241	0,376	0,531	19	0,381	0,510	0,642
11	0,260	0,396	0,548	20	0,393	0,520	0,650
12	0,278	0,414	0,564				

Если полученное значение критерия Аббе меньше v_q , при заданных q и n , то гипотеза о постоянстве центра группирования результатов наблюдений отвергается, т.е. обнаруживается переменная систематическая погрешность результатов измерений.

Пример 2

Таблица 1.3 - Результаты наблюдений

n	x_i	$d_i = x_{i+1} - x_i$	d_i^2	$v_i = x_i - \bar{x}$	v_i^2
1	13,4	-0,1	0,01	-0,6	0,36
2	13,3	+1,2	1,44	-0,7	0,49
3	14,5	-0,7	0,49	+0,5	0,25
4	13,8	+0,7	0,49	-0,2	0,04
5	14,5	+0,1	0,01	+0,5	0,25
6	14,6	-0,5	0,26	+0,6	0,86
7	14,1	+0,2	0,04	+0,1	0,01
8	14,3	+0,3	0,09	+0,3	0,09
9	14,0	+0,3	0,09	0,0	0,0
10	14,3	-1,1	1,21	+0,3	0,09
11	13,2	-	-	-0,8	0,64
Σ 154,0		-0,2	4,12	0,0	2,58

Используя способ последовательных разностей, определить, присутствует ли систематическая погрешность в ряду результатов наблюдений, приведенных во втором столбце таблицы 1.3.

Для приведенного ряда результатов вычисляем: среднее арифметическое $\bar{x} = 154,0/11 = 14$; оценку дисперсии $S^2[x] = 2,58/10 = 0,258$; значение $Q^2[x] = 4,12/(2 \cdot 10) = 0,206$; критерий Аббе $v = 0,206/0,258 = 0,8$. Как видно из табл.1.2, для всех уровней значимости ($q = 0,001$; $0,01$ и $0,05$) при $n = 11$ имеем $v > v_q$, т.е. подтверждается нулевая гипотеза о постоянстве центра группирования. Следовательно, условия измерений для приведенного ряда оставались неизменными, и систематических расхождений между результатами наблюдений нет.

Задача 1

Для измерения действующего значения напряжения переменного тока произведено несколько наблюдений этого напряжения. Полученные результаты приведены в приложении. Используя критерий Диксона проверить, не содержат ли результаты измерений грубые погрешности.

Используя способ последовательных разностей, определить, присутствует ли систематическая погрешность в ряду результатов наблюдений (с исключенными грубыми погрешностями)

2. Законы распределения случайных величин

Для характеристики свойств случайной величины в теории вероятностей используют понятие **закона распределения вероятностей случайной величины**. В метрологии преимущественно используется дифференциальная форма – **закон распределения плотности вероятностей случайной величины**.

Рассмотрим формирование дифференциального закона.

1. Проведем n измерений одной величины X .
2. Получим группу наблюдений $x_1; x_2, \dots, x_n$.
3. Расположим результаты в порядке возрастания от x_{min} до x_{max} .
4. Найдем размах ряда $L = x_{max} - x_{min}$.
5. Разделим размах ряда на k равных интервалов $\Delta l = L/k$.
6. Подсчитаем количество наблюдений n_k , попадающих в каждый интервал.
7. Изобразим полученные результаты графически (по оси абсцисс – значения физической величины с границами интервалов; по оси ординат – относительная частота попаданий n_k/n).
8. Достроив по полученным точкам соответствующие прямоугольники, получим гистограмму, дающую представление о плотности распределения результатов наблюдений в данном опыте.

Пример 3.

$N=50$ измерений.

№ интервала	1	2	3	4	5
n_k	5	10	18	11	6
n_k/n	0,1	0,2	0,36	0,22	0,12

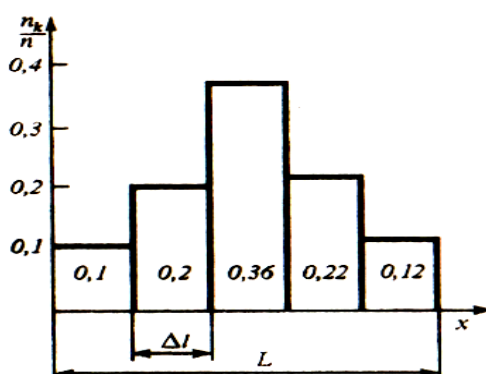


Рис.2.1. Гистограмма

Если распределение случайной величины статистически устойчиво, то можно ожидать, что при повторных сериях наблюдений той же величины в тех же условиях, относительные частоты попаданий в каждый интервал будут близки к первоначальным. Следовательно, по гистограмме можно предсказывать распределение результатов измерений по интервалам.

Числовые характеристики случайных величин вычисляются по следующим формулам:

- среднее арифметическое значение исправленных результатов наблюдений \bar{x} , которое принимается за результат измерения, если подтверждается гипотеза о нормальном распределении результатов наблюдений и ряд наблюдений не содержит промахов:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ; \quad (2.1)$$

$$S^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} ; \quad (2.2)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} . \quad (2.3)$$

- среднеквадратическая погрешность среднеарифметического значения:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} . \quad (2.4)$$

Методика проверки гипотезы о том, что результаты наблюдений распределены нормально, зависит от числа наблюдений:

- если $n \geq 50$, используют критерий χ^2 Пирсона;
- если $15 < n < 50$, то используют составной критерий;
- если $n \leq 15$, то гипотезу не проверяют (в этом случае данная методика обработки результатов может применяться, если априорно известно, что наблюдения распределены нормально).

Рассмотрим методику проверки гипотезы о нормальном законе распределения результатов наблюдений при $15 < n < 50$. В этом случае используется *составной критерий*, включающий в себя критерий 1 и критерий 2. Гипотеза считается не противоречащей результатам наблюдений при уровне значимости $\alpha \leq \alpha_1 + \alpha_2$, если требования критерия 1 выполняются при уровне значимости α_1 , а критерия 2 – при уровне значимости α_2 . Рекомендуются значения уровня значимости α от 0,02 до 0,10.

Критерий 1. Вычисляют значение d :

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{nS^*} . \quad (2.5)$$

Затем задаются уровнем значимости α_1 и по таблице 2.1. находят значения d_1 и d_2 . Гипотеза удовлетворяет критерию 1, если $d_1 < d < d_2$.

Критерий 2. Определяют значение m :

$$m = \begin{cases} 1 & \text{при } 15 < n \leq 20, \\ 2 & \text{при } 20 < n < 50. \end{cases}$$

Затем задаются уровнем значимости α_2 и по таблице 2.2. находят значение z . Далее находят число m_1 разностей $(x_i - \bar{x})$, удовлетворяющих неравенству $|x_i - \bar{x}| > z \cdot S$.

Гипотеза, удовлетворяет критерию 2, если $m_1 \leq m$.

Таблица 2.1 - Значения d_1 и d_2

n	$\alpha_1=0,02$		$\alpha_1=0,10$	
	d_1	d_2	d_1	d_2
16	0,6829	0,9137	0,7236	0,8884
21	0,6950	0,9001	0,7304	0,8768
26	0,7040	0,8901	0,7360	0,8686
31	0,7110	0,8826	0,7404	0,8625
36	0,7167	0,8769	0,7440	0,8578
41	0,7216	0,8722	0,7470	0,8540
46	0,7256	0,8682	0,7496	0,8508
51	0,7291	0,8648	0,7518	0,8481

Таблица 2.2 - Значения z

n α_2	16	20	24	28	32	36	40	44	49
0,01	2,5	2,6	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6
0,02	2,5	2,6	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6
0,05	2,3	2,4	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4

Задача 2

По данным, приведенным в приложении и обработанным по методике раздела 1 данных методических указаний, проверить гипотезу о согласованности эмпирического и теоретического распределения по составному критерию.

3. Обработка результатов прямых многократных измерений

Обработку наблюдений рекомендуется проводить в такой последовательности:

1. Исключить известные систематические погрешности из результатов измерений.

2. Вычислить среднее арифметическое значение исправленных результатов наблюдений \bar{x} , которое принимается за результат измерения, если подтверждается гипотеза о нормальном распределении результатов наблюдений и ряд наблюдений не содержит промахов по формуле (4.3).

3. Вычислить смещенную (S^*) и несмещенную (S) среднеквадратическую погрешность ряда измерений по формулам (4.4) и (4.5).

4. Вычислить среднеквадратическую погрешность среднеарифметического значения по формуле (4.6).

5. Проверить гипотезу о нормальном распределении результатов наблюдений.

6. Выявить грубые погрешности (промахи).

7. Вычислить доверительные границы (пределы допускаемых значений) случайной составляющей погрешности измерений.

$$\Delta = \pm t_p \cdot S_x,$$

где t_p – коэффициент Стьюдента, зависящий от числа наблюдений n и выбранной доверительной вероятности. Значения коэффициента приведены в табл.6.2.

Таблица 6.2

Коэффициент распределения Стьюдента t_p

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

Пример 4

Определить наиболее достоверное значение напряжение U постоянного тока, измеренного компенсатором постоянного тока и предельную погрешность найденного значения при заданной доверительной вероятности $P=0,99$. Результаты 13 равнозначных измерений следующие: 100,08 мВ; 100,09 мВ;

100,07 мВ; 100,10 мВ; 100,05 мВ; 100,06 мВ; 100,04 мВ; 100,06 мВ; 99,95 мВ; 99,92 мВ; 100,02 мВ; 99,98 мВ; 99,97 мВ.

Решение

Среднее арифметическое значение ряда измерений

$$\bar{U} = \frac{1}{13} \sum_{i=1}^{13} U_i = 100,03 \text{ мВ}.$$

Сумма остаточных погрешностей $\sum_{i=1}^{13} (U_i - \bar{U}) = 0$, что свидетельствует о правильности расчета \bar{U} .

Среднеквадратическая погрешность ряда измерений

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{13} (U_i - \bar{U})^2}{13 - 1}} = 0,057 \text{ мВ}.$$

Среднеквадратическая погрешность среднеарифметического значения

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{0,057}{\sqrt{13}} = 0,016 \text{ мВ}.$$

Доверительный интервал $\Delta = 2,33 \cdot S_x = 2,33 \cdot 0,016 \approx 0,04 \text{ мВ}$.

Наиболее достоверное значение напряжения $U = (100,03 \pm 0,04) \text{ мВ}$, $P = 0,98$.

Задача 3

По результатам, полученным при решении задачи №2 (с исключенными промахами), провести обработку результатов измерений и определить наиболее достоверное значение напряжения и предельную погрешность найденного значения.

Список использованной литературы

1. Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений.-М.:Высшая школа,2001.-205с.
2. Сергеев А.Г. Крохин В.В. Метрология:Уч.пособие для вузов.-М.: ЛОГОС,2000.-408с.
3. Маркин Н.С. Практикум по метрологии: Уч.пособие.- М: Изд-во стандартов, 1994.-188с.

Результаты измерений

№ варианта	U, В								
1	12,38	11,97	12,34	11,46	11,75	12,05			
	11,88	11,81	14,05	12,33	12,45				
	12,07	11,78	11,23	11,91	11,74				
2	12,91	12,88	12,99	13,09	13,33	13,43			
	13,72	13,06	12,76	13,23	10,57				
	11,98	12,78	12,95	13,07	13,25				
3	14,38	14,44	14,32	14,21	13,78	14,22	13,59	14,21	13,77
	13,88	14,01	13,67	14,09	13,06	13,69	13,89	13,75	
4	14,88	14,43	15,79	14,66	15,34	14,99			
	15,21	16,98	15,57	14,69	15,32	15,27			
	15,36	14,45	14,79	15,37	15,01				
5	16,31	16,02	15,58	15,88	15,92	16,01	15,88	15,82	15,94
	16,69	16,09	15,97	15,94	16,01	16,04	15,69	15,87	
6	17,09	17,35	17,34	16,99	16,85	17,21	17,11	16,44	
	17,22	16,81	17,72	17,15	17,25	17,89	17,13	17,09	
7	18,11	18,21	18,32	18,41	17,88	17,67	17,79		
	17,91	17,67	18,25	18,32	15,44	17,98	18,44		
	18,24	18,12	18,28	18,22	17,93	17,86			
8	19,09	19,03	18,77	18,98	18,75	19,36			
	18,66	16,88	18,71	19,61	19,49	19,22			
	18,83	18,79	19,29	19,74	19,33				
9	19,98	19,89	20,03	20,14	20,28	19,84	20,08	20,23	
	19,99	19,83	20,33	20,11	19,76	22,16	20,41	20,77	
10	21,09	20,87	21,33	21,34	21,21	20,09			
	21,04	21,24	21,24	21,22	21,19	21,41			
	21,13	20,67	20,94	21,12	21,19				
11	22,12	22,28	22,44	24,06	21,75	21,32			
	21,88	21,81	22,33	22,45	22,02	21,97			
	21,91	22,07	22,34	21,74	21,46	21,32			
12	22,75	22,87	22,29	23,43	23,33				
	23,72	23,06	23,23	20,57	22,96				
	22,98	21,99	27,07	23,25	23,09				
13	24,38	23,96	23,59	23,75	24,07				
	24,29	24,35	23,97	26,05	23,77				
	23,78	23,69	24,21	23,93	24,44				
1*	25,79	24,93	25,03	24,88	25,29	25,11	24,99	24,79	
	25,02	25,06	24,95	25,13	26,98	24,68	25,08	25,03	
15	28,88	25,82	25,87	25,97	26,55	26,11	26,31	26,09	25,88
	25,69	25,92	25,94	24,09	26,02	26,88	26,69	25,58	
16	27,09	26,77	27,22	26,93	24,69	26,44	26,96	26,85	
	26,91	26,89	26,76	27,72	27,22	27,08	26,81	27,09	
17	28,24	27,88	28,85	25,43	27,67	27,86	28,44	28,22	
	28,32	28,12	27,93	28,41	28,32	28,21	28,11	27,91	
18	29,74	28,83	28,66	29,03	29,29	28,71	29,61	29,33	29,36
	28,98	29,09	28,79	26,88	28,77	28,75	29,49	29,22	28,77
1*	29,88	29,99	30,11	30,34	30,28	30,33	30,06	32,16	
	30,12	30,01	29,95	29,78	30,05	30,12	30,13	30,03	
2*	31,113	31,27	31,20	31,19	30,52	31,17	31,23	31,07	31,18
	31,25	31,01	30,24	30,66	30,48	31,33	30,09	28,76	31,12

Дмитриева Ольга Венедиктовна

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания для самостоятельной работы и выполнения контрольного задания по дисциплине «Теоретические основы измерений» для студентов заочной формы обучения направлений 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 27.03.04 «Управление в технических системах»

Авторская редакция

Подписано к печати 23.08.17	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 1,0	Уч. изд. л. 1,0
Заказ №140	Тираж 25	Не для продажи

Библиотечно-издательский центр КГУ.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/ 4.
Курганский государственный университет.