

**Министерство образования и науки**

**Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет**

**Кафедра технологии строительных материалов и метрологии**

**В.А. НОРИН**

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ,  
СЕРТИФИКАЦИЯ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА**

**Программа, методические указания и задания  
к контрольным работам для студентов строительных специальностей без-  
отрывной формы обучения**

**Санкт-Петербург  
2016**

**УДК 621. 753. 1/2: 389 (076)**

Метрология, стандартизация, сертификация и контроль качества: Программа, методические указания и задания к контрольным работам для студентов строительных специальностей безотрывной формы обучения / В.А. Норин // СПбГАСУ.– СПб., 2016. – 44 с.

Приведены указания и даны рекомендации по самостоятельному изучению дисциплины «Метрология, стандартизация, сертификация и контроль качества». Приведены тридцать пять вариантов заданий к контрольной работе.

Рецензент: канд.техн.наук, доцент М.И.Харитонов (СПбГАСУ)

Рекомендовано Редакционно-издательским Советом СПбГАСУ в качестве учебного издания

## ВВЕДЕНИЕ

Целью дисциплины «Метрология, стандартизация, сертификация» является овладение студентами навыками применения стандартов и технических средств измерения в строительстве. Предусматривается также получение знаний по теоретическим основам метрологии, стандартизации и сертификации для творческого решения возникающих задач в профессиональной области.

Задачи изучения дисциплины:

- овладение знаниями в области теоретической метрологии, стандартизации и сертификации в строительстве, в области совершенствования технических измерений и стандартизации как основ повышения качества в области строительства;
- овладение практическими навыками грамотной обработки результатов измерений и правильного выбора технических средств измерений, применения положений стандартов для управления качеством продукции, контроля соблюдения установленных допусков размеров и формы поверхностей изделий с помощью технических средств измерения.

Для изучения дисциплины студентам необходимо иметь программу, учебную литературу, методические указания и задание к контрольной работе. Изучать дисциплину рекомендуется по темам с составлением краткого конспекта, в который следует вносить основные положения рассматриваемых вопросов. Усвоив полностью программу курса, студент может приступить к выполнению контрольной работы. Номер варианта задания студент получает на занятии. Контрольная работа оформляется в виде расчетно-пояснительной записки. Текст в расчетно-пояснительной записке разрешается писать на двух сторонах листа белой бумаги форматом 210x297 с полями: слева – 25 мм, справа – 10 мм, сверху – 20 мм, снизу – 25 мм. На титульном листе необходимо указать университет, институт, название работы, фамилию, номер варианта, год выполнения контрольной работы. **Вариант задания – последние две цифры зачетки студента, если количество вариантов заданий в данных методических указаниях меньше последних двух цифр зачетки, то номер варианта задания соответствует сумме этих цифр.**

Контрольная работа состоит из двух частей – теоретической и практической. В теоретической части студенту необходимо ответить

на теоретические вопросы по разделам метрологии, стандартизации и сертификации. В практической – приводится решение конкретных задач по обработке результатов измерений.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ»**

### **1. МЕТРОЛОГИЯ**

#### **1.1. Основные понятия метрологии**

Физические свойства, величины и шкалы. Качественная и количественная характеристики измеряемых величин. Системы физических величин и их единиц. Международная система единиц физических величин SI. Эталоны.

#### **1.2. Виды, методы и средства измерений**

Виды измерений: равноточные, неравноточные, однократные, многократные, статические, динамические, технические, метрологические, абсолютные, относительные, прямые, косвенные, совокупные, совместные. Методы измерений: непосредственной оценки, сравнения с мерой, дифференциальный, нулевой, контактный и бесконтактный. Классификация средств измерений, основные метрологические характеристики СИ, погрешности СИ, нормирование погрешностей СИ, классы точности СИ.

#### **1.3. Теория погрешностей**

Понятие погрешности измерения, классификация погрешностей измерения. Систематические погрешности, способы их обнаружения и исключения. Случайные погрешности, законы распределения, точечные оценки параметров распределения случайных величин, интервальные оценки. Грубые погрешности, обнаружение и исключение грубых погрешностей.

## **1.4 Обработка результатов измерений**

Закономерности формирования результата измерения. Понятие многократного измерения. Обработка измерений с однократными наблюдениями, обработка прямых многократных равноточных измерений, обработка неравноточных измерений, обработка результатов косвенных измерений,

## **1.5. Организационные, научные, правовые и методические основы обеспечения единства измерений**

Понятие единства измерения. Организационные основы ОЕИ, научно-методические и правовые основы ОЕИ. Технические основы ОЕИ. Государственный метрологический контроль и надзор. Поверка и калибровка СИ. Основные положения закона РФ об обеспечении единства измерений. Задачи, права и обязанности метрологических служб.

## **2. СТАНДАРТИЗАЦИЯ**

### **2.1. Стандартизация. Основные принципы и теоретическая база стандартизации**

Понятия и определения. Задачи стандартизации. Стандартизация в Российской Федерации. ГСС. Правовые основы стандартизации. Основные принципы и теоретическая база стандартизации. Методы стандартизации. Виды стандартов. Категории стандартов. Техническое регулирование. Технические регламенты. Цели, принципы технического регулирования, стандартизации.

### **2.2. Методы стандартизации. Международная стандартизация**

Упорядочение объектов, унификация, агрегатирование, комплексная стандартизация, опережающая стандартизация. Определение оптимального уровня унификации и стандартизации. Международная организация по стандартизации ИСО. Международная электротехническая комиссия (МЭК). Европейский комитет по стандартизации (СЕН).

## **3. СЕРТИФИКАЦИЯ**

### **3.1 . Основные положения в сертификации в строительстве. Этапы сертификации**

Термины и определения. Основные цели, объекты и принципы сертификации. Закон «О техническом регулировании». Обязательное и добровольное подтверждение соответствия. Формы подтверждения соответствия. Декларация о соответствии, сертификат соответствия. Знак соответствия, знак обращения на рынке. Порядок проведения сертификации. Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий.

### **3.2 . Системы и схемы сертификации**

Системы сертификации, системы сертификации однородной продукции, участники сертификации, схемы сертификации продукции и услуг.

### **3.3. Сертификация услуг. Сертификация систем качества**

Порядок проведения сертификации работ и услуг. Участники сертификации работ и услуг. Схемы сертификации услуг. Объекты и участники сертификации систем качества. Этапы проведения работ по сертификации систем качества. Совершенствование систем качества.

## 4. ЗАДАНИЯ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

### Вариант №1

1. Принципы стандартизации
2. Система сертификации ГОСТ Р 1.0-92 ГСС.
3. Объекты измерения (свойства, величины).

### Вариант №2

1. Виды стандартов.
2. Сертификация систем качества.
3. Средства измерения

### Вариант №3

1. Международная стандартизация
2. Методы определения показателей качества (расчётный, статический, инструментальный).
3. Методы измерений.

### Вариант №4

1. Методы стандартизации
2. Цели сертификации.
3. Классификация погрешностей

### Вариант №5

1. Принципы технического регулирования
2. Сертификация продукции и услуг.
3. Классы точности средств измерений.

### Вариант №6

1. Принципы предпочтительности в стандартизации. Ряды предпочтительных чисел и линейных размеров.
2. Сущность обязательной сертификации. Объекты.
3. Основы обеспечения единства измерений.

### Вариант №7

1. Методы стандартизации

2. Сущность добровольной сертификации.
3. Основные характеристики измерительных средств.

#### Вариант №8

1. Технический регламент.
2. Цели подтверждения соответствия
3. Виды измерений.

#### Вариант №9

1. Виды стандартов
2. Декларирование соответствия
3. Основные задачи метрологической службы предприятия.

#### Вариант №10

1. Стандартизация и ее задачи.
2. Схемы сертификации продукции
- 3 Систематические и случайные погрешности.

#### Вариант №11

1. Виды стандартов..
2. Сертификат соответствия.
3. Эталонные измерительные средства.

#### Вариант №12

1. Международная стандартизация.
2. Знак обращения на рынке
3. Основные характеристики измерительных средств.

#### Вариант №13

1. Государственный метрологический надзор..
2. Формы подтверждения соответствия.
3. Классификация погрешностей измерения.

#### Вариант №14

1. Методы стандартизации.
2. Сертификация импортной продукции.
3. Метрологические показатели средств измерения.



## Вариант №15

1. Цели стандартизации
2. Сертификация услуг.
3. Поверка средств измерений.

## Вариант №16

1. Принципы стандартизации
2. Виды стандартов.
3. Обработка результатов прямых многократных измерений.

## Вариант №17

1. Типизация.
2. Системы сертификации однородной продукции.
3. Грубые погрешности

## Вариант №18

1. Симплификация
2. Государственная система обеспечения единства измерений.
3. Подтверждение соответствия.

## Вариант №19

1. Агрегатирование.
2. Схемы сертификации.
3. Обеспечение единства измерений в РФ.

## Вариант №20

1. Международная организация по стандартизации ISO и её функции.
2. Закон "О техническом регулировании". Основные положения.
3. Эталоны единиц измерений

## Вариант №21

1. Принципы технического регулирования
2. Принципы подтверждения соответствия
3. Виды государственного метрологического контроля.

## Вариант №22

1. Технический регламент.
2. Схемы сертификация услуг.

3. Международная система единиц.

Вариант №23

1. Методы стандартизации
2. Цели технического регулирования.
3. Классы точности средств измерений

Вариант №24

1. Международная стандартизация
2. Декларирование соответствия
3. Классификация погрешностей

Вариант №25

1. Методы стандартизации.
2. Принципы подтверждения соответствия.
3. Унификация

## 5. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

### 5.1. ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ СВОБОДНЫХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

Технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические характеристики, называются средствами измерения.

Измерительные средства в зависимости от измеряемых размеров и допускаемых погрешностей измерения рекомендуется выбирать по [табл. 1-4](#). Допускается использовать более точные средства измерения, кроме указанных в [табл. 1](#).

В [табл. 2-4](#) на пересечении вертикальной колонки (кавалитет) и горизонтальной строки (номинальные размеры) находится поле, в котором в виде дроби указан в числителе предел допускаемой погрешности измерения в микрометрах (мкм), а в знаменателе – условные обозначения измерительных средств из [табл. 1](#).

Таблица 1

Универсальные средства измерения размеров с неуказанными допусками

Обозначения для <a href="#">табл. 2-4</a>	Наименование измерительного средства и способа его применения	Цена деления мм	Диапазон измерения, мм	Условие измерения	
				Класс концевых мер длины	Температурный режим
1	2	3	4	5	6
1	Линейки измерительные металлические по <a href="#">ГОСТ 427-75</a>	1,0	0-500	-	-
2	Штангенциркули по <a href="#">ГОСТ 166-80</a>	0,1	0-630	-	-
3	Штангенциркули по <a href="#">ГОСТ 166-80</a>	0,05	0-250	-	-
4	Микрометры по ГОСТ 6507-78	0,01	0-500	-	-
5	Индикаторные нутромеры ГОСТ 868-82	0,01	6-100	4	5
			100-500	4	3

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
6	Штангенглубиномеры по ГОСТ 162-80	0,05	0-400	-	-
7	Глубиномеры микрометрические по ГОСТ 7470-78	0,01	0-150	-	5
8	Глубиномеры индикаторные по ГОСТ 7661-67	0,01	0-100	-	5

Таблица 2

Выбор универсальных средств для измерения наружных размеров

Номинальные размеры, мм	Квалитет 12	Квалитеты 13, 14	Квалитеты 15, 16	Квалитет 17
Св. 1 до 3	50	100	150	150
	4	3	2	2
» 3 » 6	50	100	200	500
	4	3	2	1;2
» 6 » 30	100	200	300	500
	3	2	2	1;2
» 30 » 120	150	250	400	800
	2	2	1;2	1;2
» 120 » 315	200	300	600	1000
	2;4	2;4	1;2;4	1;2;4
» 315 » 500	300	500	1000	1500
	2;4	1;2;4	1;2;4	1;2;4

Таблица 3

## Выбор универсальных средств для измерения внутренних размеров

Номинальные размеры, мм	Квалитет 12	Квалитеты 13, 14	Квалитеты 15, 16	Квалитет 17
Св. 1 до 3	-	-	-	-
» 3 » 6	-	-	-	-
» 6 » 30	$\frac{100}{5}$	$\frac{200}{2}$	$\frac{300}{2}$	$\frac{500}{1,2}$
» 30 » 120	$\frac{150}{3}$	$\frac{250}{2}$	$\frac{400}{2}$	$\frac{800}{1;2}$
» 120 » 315	$\frac{200}{2}$	$\frac{300}{2}$	$\frac{600}{1;2}$	$\frac{1000}{1;2}$
» 315 » 500	$\frac{300}{2}$	$\frac{500}{1;2}$	$\frac{1000}{1;2}$	$\frac{1500}{1;2}$

**Примечание.** Точность измерения внутренних размеров свыше 1 до 6 мм обеспечивается технологически размерами режущего инструмента. Контроль в случае необходимости можно проводить калибрами или специальными измерительными средствами.

Таблица 4

## Выбор универсальных средств для измерения глубин и уступов

Номинальные размеры, мм	Квалитет 12	Квалитеты 13, 14	Квалитеты 15, 16	Квалитет 17
Св. 1 до 3	$\frac{50}{7;8}$	$\frac{100}{6}$	$\frac{150}{2;6}$	$\frac{150}{2;6}$
» 3 » 6	$\frac{50}{7;8}$	$\frac{100}{6}$	$\frac{200}{2;6}$	$\frac{500}{1;2}$
» 6 » 30	$\frac{100}{6}$	$\frac{200}{2;6}$	$\frac{300}{2;6}$	$\frac{500}{1;2}$
» 30 » 120	$\frac{150}{2;6}$	$\frac{250}{2;6}$	$\frac{400}{2;6}$	$\frac{800}{1;2}$
» 120 » 315	$\frac{200}{6}$	$\frac{300}{6}$	$\frac{600}{1}$	$\frac{1000}{1}$
» 315 » 500	$\frac{300}{6}$	$\frac{500}{1}$	$\frac{1000}{1}$	$\frac{1500}{1}$

## Пример

Выбрать средство измерения для контроля длины изделия для измерения наружного размера  $\frac{110}{13}$ , где в виде дроби указан в числителе размер измеряемого изделия в мм, а в знаменателе – квалитет.

## Решение

По таблице №2 «Выбор универсальных средств для измерения наружных размеров» определяем в поле на пересечении номинального размера и квалитета, предел допускаемой погрешности измерения в микрометрах (мкм) указанный в числителе и средство измерения в знаменателе. Предел допускаемой погрешности измерения равняется 250 мкм, и средство измерения определяемое по таблице №1 штангенциркули по [ГОСТ 166-80](#) с ценой деления 0,1 мм и диапазоном измерения для наружных размеров от 0 до 630 мм.

## Задание

Выбрать средство измерения для контроля размеров изделия, используя данные таблицы 5, где в виде дроби указан в числителе размер измеряемого изделия в мм, а в знаменателе – квалитет.

Таблица 5

Вариант	Наружный размер	Внутренний размер	Размер глубин и уступов
1	2	3	4
1	$\frac{111}{13}$	$\frac{433}{17}$	$\frac{24}{17}$
2	$\frac{23}{12}$	$\frac{282}{16}$	$\frac{4,9}{15}$
3	$\frac{5}{14}$	$\frac{35}{14}$	$\frac{1,8}{14}$
4	$\frac{1,3}{15}$	$\frac{12}{12}$	$\frac{2,9}{12}$
5	$\frac{3,7}{17}$	$\frac{14}{14}$	$\frac{5,4}{13}$
6	$\frac{19}{16}$	$\frac{84}{15}$	$\frac{7}{16}$
7	$\frac{49}{13}$	$\frac{144}{17}$	$\frac{61}{17}$
8	$\frac{134}{12}$	$\frac{367}{16}$	$\frac{302}{15}$
9	$\frac{373}{14}$	$\frac{138}{13}$	$\frac{369}{14}$
10	$\frac{227}{15}$	$\frac{87}{12}$	$\frac{218}{12}$
11	$\frac{102}{17}$	$\frac{17}{15}$	$\frac{42}{13}$
12	$\frac{9,4}{16}$	$\frac{86}{17}$	$\frac{16}{16}$
13	$\frac{4,2}{13}$	$\frac{291}{16}$	$\frac{3,7}{17}$
14	$\frac{1,6}{12}$	$\frac{467}{14}$	$\frac{2,2}{17}$
15	$\frac{2,1}{14}$	$\frac{308}{12}$	$\frac{5,1}{15}$
16	$\frac{5,8}{15}$	$\frac{92}{13}$	$\frac{23}{14}$
17	$\frac{13}{17}$	$\frac{27,5}{15}$	$\frac{66}{12}$

Продолжение табл.5

1	2	3	4
18	$\frac{64}{16}$	$\frac{13}{17}$	$\frac{237}{13}$
19	$\frac{198}{13}$	$\frac{183}{17}$	$\frac{417}{16}$
20	$\frac{397}{12}$	$\frac{457}{16}$	$\frac{343}{17}$
21	$\frac{211}{12}$	$\frac{172}{14}$	$\frac{121}{15}$
22	$\frac{93}{14}$	$\frac{49}{12}$	$\frac{73}{14}$
23	$\frac{23}{15}$	$\frac{16}{13}$	$\frac{15}{12}$
24	$\frac{5,9}{17}$	$\frac{53}{15}$	$\frac{4,7}{13}$
25	$\frac{2,3}{17}$	$\frac{134}{17}$	$\frac{1,9}{16}$
26	$\frac{4,1}{16}$	$\frac{8}{17}$	$\frac{3,2}{17}$
27	$\frac{12}{13}$	$\frac{31}{16}$	$\frac{29}{15}$
28	$\frac{46}{12}$	$\frac{195}{14}$	$\frac{37}{14}$
29	$\frac{142}{14}$	$\frac{391}{12}$	$\frac{278}{12}$
30	$\frac{327}{16}$	$\frac{14}{13}$	$\frac{407}{13}$
31	$\frac{264}{17}$	$\frac{247}{15}$	$\frac{2}{12}$
32	$\frac{81}{15}$	$\frac{42}{17}$	$\frac{4}{14}$
33	$\frac{9,1}{13}$	$\frac{324}{14}$	$\frac{12}{16}$
34	$\frac{3,3}{12}$	$\frac{201}{12}$	$\frac{98}{17}$
35	$\frac{2,7}{14}$	$\frac{71}{15}$	$\frac{204}{16}$



## 5.2. ГРУБЫЕ ПОГРЕШНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ ИСКЛЮЧЕНИЯ.

Грубая погрешность, или промах, – это погрешность результата отдельного измерения, входящего в ряд измерений, которая для данных условий резко отличается от остальных результатов этого ряда. При однократных измерениях обнаружить промах невозможно. При многократных измерениях для обнаружения промахов используют статистические критерии, такие как *критерий Романовского*, *критерий Шарлье*, *критерий Диксона*.

### *Критерий Романовского*

Критерий Романовского применяется, если число измерений  $n < 20$ . При этом вычисляется отношение

$$\beta = \frac{|(x_i - \bar{x})|}{S_x},$$

где  $x_i$  – проверяемое значение,  $\bar{x}$  – среднее арифметическое значение измеряемой величины подсчитывается без учета проверяемого значения,  $S_x$  – среднее квадратическое отклонение.

Далее расчетное значение  $\beta$  сравнивается с критерием  $\beta_T$ , выбранным по табл. 6. Если  $\beta \geq \beta_T$ , то результат  $x_i$  считается промахом и отбрасывается.

Таблица 6

Значения критерия Романовского  $\beta = f(n)$

$q$	$n = 4$	$n = 6$	$n = 8$	$n = 10$	$n = 12$	$n = 15$	$n = 20$
0,01	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,90	3,08
0,02	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,80	2,96
0,05	1,71	2,10	2,27	2,41	2,52	2,64	2,78
0,10	1,69	2,00	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

Пример решения

При шестикратном измерении расстояний между ориентирами

осей здания получены следующие результаты: 25.155; 25,150; 25.165; 25.165; 25.160; 25.180 м. Последний результат вызывает сомнения. Производим проверку по критерию Романовского, не является ли он промахом.

Найдем среднее арифметическое значение

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{125,795}{5} = 25.159 \text{ м}$$

Определяем среднее квадратическое отклонение. Для удобства вычислений составим табл. 7.

Таблица 7

## Обработка результатов измерений

№	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	25,155	-0,004	0,000016
2	25,15	-0,009	0,000081
3	25,165	0,006	0,000036
4	25,165	0,006	0,000036
5	25,16	0,001	0,000001
	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 25,159 \text{ м}$		$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 0,000170$

Оценка СКО –  $S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0,0065 \text{ м}$ .

Вычисляем  $\beta$  для сомнительного результата

$$\beta = \frac{|(x_i - \bar{x})|}{S_x} = \frac{0,017}{0,0107} = 1,96.$$

Критическое значение  $\beta$  при уровне значимости 0,05 и  $n = 6$  составляет 2,1. Поскольку  $1,96 < 2,1$ , результат не является промахом и не исключается из результатов измерений.

### *Критерий Шарлье*

Критерий Шарлье используется, если число измерений велико ( $n > 20$ ). Пользуясь данным критерием, отбрасывается результат, для значения которого выполняется неравенство

$$|x_i - \bar{x}| > K_{ш} \cdot S_x.$$

### **Пример решения**

При измерении расстояний между колоннами были получены следующие результаты (см. табл. 8).

*Таблица 8*

№	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	2	3	4
1	23,67	0	0
2	23,68	0,01	0,0001
3	23,66	-0,01	0,0001
4	23,67	0	0
5	23,67	0	0
6	23,68	0,01	0,0001
7	23,67	0	0
8	23,68	0,01	0,0001
9	23,67	0	0
10	23,68	0,01	0,0001
11	23,66	-0,01	0,0001
12	23,67	0	0
13	23,67	0	0
14	23,68	0,01	0,0001
15	23,68	0,01	0,0001

Продолжение табл. 8

1	2	3	4
16	23,68	0,01	0,0001
17	23,67	0	0
18	23,68	0,01	0,0001
19	23,68	0,01	0,0001
20	23,67	0	0
21	23,68	0,01	0,0001
22	23,67	0	0
23	23,67	0	0
24	23,67	0	0
25	23,68	0,01	0,0001
26	23,66	-0,01	0,0001
27	23,68	0,01	0,0001
28	23,67	0	0
29	23,67	0	0
30	23,68	0,01	0,0001
	$\bar{x} = 23,67$		$\Sigma = 0,0016$

### Обработка результатов измерений

Находим СКО 
$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{0,0016}{29}} = 0,0074 \text{ м.}$$

Проверяем сомнительный результат измерения – 23,66. Для этого значения не выполняется неравенство  $|x_i - \bar{x}| > K_{ш} \cdot S_x$ , где  $K_{ш} = 2,13$  (см. табл. 9)

Таблица 9

**Значения критерия Шарлье**

<i>n</i>	5	10	20	30	40	50	100
$K_{Ш}$	1,3	1,65	1,96	2,13	2,24	2,32	2,58

т. е.  $|23,66 - 23,67| < 2,13 \cdot 0,0074$

Таким образом, проверяемое значение 23,66 не является промахом и не отбрасывается.

**Критерий Диксона**

При использовании данного критерия полученные результаты измерений записываются в вариационный возрастающий ряд  $x_1 < x_2 < \dots < x_n$ . Расчетное значение критерия определяется как

$$K_{Д} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}.$$

В случае, если расчетное значение критерия будет больше критического значения  $Z_q$ , то проверяемое значение считается промахом и отбрасывается. Критические значения критерия приведены в табл. 10.

Таблица 10

**Значения критерия Диксона**

<i>n</i>	$Z_q$ при <i>q</i> , равном			
	0,1	0,05	0,02	0,01
4	0,68	0,76	0,85	0,89
6	0,48	0,56	0,64	0,7
8	0,4	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	0,3	0,36	0,39
30	0,22	0,26	0,31	0,34

### Пример решения

Было произведено шесть измерений расстояний между сваями. Получены следующие результаты: 25,1; 25,2; 24,9; 25,6; 25,1; 25,2 м. Результат 25,6 м существенно отличается от остальных. Произведем проверку, не является ли он промахом.

Составим вариационный возрастающий ряд из результатов измерений: 24,9; 25,1; 25,1; 25,2; 25,2; 25,6 м. Для крайнего члена этого ряда 26,6 м расчетный критерий Диксона

$$K_{\text{Д}} = \frac{25,6 - 25,2}{25,6 - 24,9} = 0,57.$$

Как следует из табл. 10, по этому критерию результат 25,6 м может быть отброшен как промах при уровне значимости  $q = 0,05$ .

### Задание

Определить наличие грубых погрешностей в результатах измерений, используя данные таблицы 11.

Таблица 11

Вариант	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$	$X_{16}$
1	484	485	484	485	483	492	485	484	485	482	481	484	494	485	484	483
2	15.1	15.2	15.5	15.4	15.5	15.6	15.3	15.4	15.4	15.5	15.3	15.5	15.4	15.6	16.2	15.4
3	5.8	6.1	5.7	5.6	5.4	5.6	5.5	5.4	5.6	5.5	5.3	5.1	5.6	5.4	5.5	5.4
4	1.6	1.5	1.7	1.5	1.4	1.6	1.5	1.8	2.2	1.5	1.6	1.7	1.4	1.5	1.4	1.5
5	6.6	6.5	6.5	6.8	6.9	6.4	6.5	6.6	6.5	6.7	6.5	7.3	6.4	6.5	6.5	6.6
6	10.3	10.1	10.2	10.1	10.3	10.2	10.9	11.2	10.4	10.3	10.4	10.3	10.2	10.1	10.3	10.2
7	15.5	15.3	15.3	15.4	15.3	15.2	15.6	15.4	15.3	15.2	15.8	15.4	16.2	15.5	15.3	15.4
8	11.8	11.7	11.8	11.9	11.6	11.5	11.8	11.7	11.8	11.6	11.9	11.7	11.5	10.6	11.6	11.9
9	5.6	5.5	5.8	5.3	5.5	5.6	5.4	5.9	5.5	5.6	5.7	5.4	5.5	5.7	6.3	5.4
10	4.8	4.6	4.7	4.8	4.6	4.8	4.9	4.6	4.8	4.7	4.8	4.6	4.8	3.9	4.7	4.5
11	2.5	2.7	2.8	2.5	2.3	2.2	2.5	2.3	2.4	2.5	2.6	2.9	3.2	2.6	2.1	2.5
12	4.5	4.3	4.1	4.8	4.6	4.5	4.4	4.6	4.3	4.5	4.3	4.4	4.5	4.7	5.2	4.2
13	12.6	12.8	12.4	12.5	12.5	12.2	12.4	12.6	12.2	12.4	11.5	12.3	12.5	12.7	12.4	12.3

*Продолжение табл. 11*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
14	9,3	9,4	9,1	9,2	9,5	9,2	9,4	9,3	9,4	9,5	10,6	9,4	9,2	9,5	9,3	9,2
15	5.8	5.9	6.2	5.8	5.6	5.8	5.7	6.1	5.9	5.8	6.9	5.8	5.7	5.8	5.7	5.9
16	4.3	4.4	4.6	4.2	4.3	4.6	4.5	4.3	4.6	4.9	4.3	4.6	4.5	4.7	3.8	4.5
17	3.1	3.4	3.2	3.5	3.1	3.6	3.2	3.3	3.4	3.3	3.2	3.4	3.3	3.5	3.3	3.4
18	10.6	10.2	10.5	10.3	10.4	10.3	10.5	10.3	10.6	10.1	10.5	10.4	10.3	10.5	11.4	10.4
19	4.3	4.4	4.5	4.6	4.2	4.1	4.3	4.5	4.4	4.3	4.6	4.8	4.2	4.7	4.6	5.3
20	6.3	6.8	6.5	6.4	6.7	6.6	6.5	6.4	6.2	6.1	6.4	6.7	6.5	6.4	6.7	7.4
21	2.1	2.2	2.1	2.3	2.1	2.4	2.3	2.6	2.1	2.3	2.4	2.6	2.3	2.7	3.5	2.4
22	7.4	7.3	7.2	7.6	7.4	7.5	7.4	7.6	7.9	7.4	7.2	7.1	7.4	7.5	7.6	8.7
23	4.5	4.3	4.4	4.6	4.7	4.9	4.5	4.3	4.5	4.5	4.6	4.3	5.6	4.6	4.4	4.5
24	11.1	11.3	11.3	11.2	11.5	11.3	11.1	11.3	11.5	11.2	11.6	12.3	11.2	11.3	11.4	11.3
25	10.6	10.7	10.4	10.9	11.8	10.6	10.5	10.6	10.4	10.6	10.4	10.5	10.7	10.4	10.6	10.5



*Продолжение табл. 11*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
26	54	55	54	55	53	62	55	54	55	52	51	54	54	55	54	53
27	5.1	5.2	5.5	5.4	5.5	5.6	5.3	5.4	5.4	5.5	5.3	5.5	5.4	5.6	6.2	5.4
28	45.8	46.1	45.7	45.6	45.4	45.6	45.5	45.4	45.6	45.5	45.3	45.1	45.6	45.4	45.5	45.4
29	51.6	51.5	51.7	51.5	51.4	51.6	51.5	51.8	52.2	51.5	51.6	51.7	51.4	51.5	51.4	51.5
30	46.6	46.5	46.5	46.8	46.9	46.4	46.5	46.6	46.5	46.7	46.5	47.3	46.4	46.5	46.5	46.6
31	0.3	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.9	1.2	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2
32	55.5	55.3	55.3	55.4	55.3	55.2	55.6	55.4	55.3	55.2	55.8	55.4	56.2	55.5	55.3	55.4
33	1.8	1.7	1.8	1.9	1.6	1.5	1.8	1.7	1.8	1.6	1.9	1.7	1.5	0.6	1.6	1.9
34	25.6	25.5	25.8	25.3	25.5	25.6	25.4	25.9	25.5	25.6	25.7	25.4	25.5	25.7	26.3	25.4
35	54.8	54.6	54.7	54.8	54.6	54.8	54.9	54.6	54.8	54.7	54.8	54.6	54.8	53.9	54.7	54.5

### **5.3. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЯМЫХ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Последовательность обработки результатов прямых многократных измерений состоит из ряда этапов.

Последовательность обработки результатов прямых многократных измерений состоит из ряда этапов.

#### ***5.1. Определение точечных оценок закона распределения результатов измерений***

На этом этапе определяется среднее арифметическое значение  $\bar{x}$  измеряемой величины, СКО результата измерений  $S_x$ .

В соответствии с критериями, исключаются грубые погрешности, после чего проводится повторный расчет оценок среднего арифметического значения и его СКО.

#### ***5.2. Определение закона распределения результатов измерений или случайных погрешностей***

Здесь по результатам измерений и проведенным расчетам строится гистограмма или полигон распределения результатов наблюдений. По виду построенных зависимостей оценивается закон распределения результатов измерений.

#### ***5.3. Оценка закона распределения по статистическим критериям***

При числе измерений  $n > 50$  для идентификации закона распределения используем критерий Пирсона. При  $50 > n > 15$  для проверки нормальности закона распределения применяем составной критерий. При  $n < 15$  принадлежность экспериментального распределения к нормальному не проверяется.

#### ***5.4. Определение доверительных границ случайной погрешности***

Если удалось идентифицировать закон распределения результатов измерений, то с его использованием находится квантильный множитель  $z_p$  при заданном значении доверительной вероятности  $P$ . В этом случае доверительные границы случайной погрешности  $\Delta = \pm z_p \cdot S_{\bar{x}}$ . Здесь  $S_{\bar{x}}$  – СКО среднего арифметического значения. При  $n < 30$  часто используют распределение Стьюдента, при этом доверительные границы случайной погрешности

$$\Delta_C = \pm t_P \cdot S_x / \sqrt{n}. \quad (41)$$

где  $t_P$  – коэффициент Стьюдента, приведенный в табл. 29,  $n$  – количество измерений.

#### ***5.5. Определение границ неисключенной систематической погрешности результата измерения***

Под этими границами понимают найденные нестатистическими методами границы интервала, внутри которого находится неисключенная систематическая погрешность. Границы неисключенной систематической погрешности принимают равными пределам допускаемых основных и дополнительных погрешностей средств измерений, если их случайные составляющие пренебрежимо малы.

#### ***5.6. Определение доверительных границ погрешности результата измерения***

Данную операцию осуществляют путем суммирования границ случайной составляющей  $S_{\bar{x}}$  и границ неисключенной систематической составляющей  $\theta$  в зависимости от соотношения  $\theta / S_{\bar{x}}$ .

### Величина $t_p$ при различных уровнях значимости

$n$	Уровни значимости							
	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001
2	3,08	6,31	12,71	31,82	63,66	127,32	318,30	636,61
3	1,84	2,92	4,30	6,96	9,99	14,09	22,33	31,60
4	1,64	2,35	3,18	4,54	5,84	7,45	10,21	12,92
5	1,53	2,13	2,78	3,75	4,60	5,60	7,17	8,61
6	1,48	2,02	2,57	3,36	4,03	4,77	5,89	6,87
7	1,44	1,94	2,45	3,14	3,71	4,32	5,21	5,96
8	1,41	1,89	2,36	3,00	3,50	4,03	4,74	5,41
9	1,40	1,80	2,31	2,90	3,36	3,83	4,50	5,04
10	1,38	1,83	2,26	2,82	3,25	3,64	4,30	4,78

#### 5.7. Запись результата измерения

Любая измерительная информация – результаты (в том числе результаты, полученные в различных лабораториях) и погрешности измерений, эмпирические зависимости и т. д. – должна сопровождаться показателями точности измерений. В целях единообразия отражения результатов и погрешностей измерений применяют однотипные формы представления результатов измерений и показателей точности измерений. При этом любой результат измерения величины записывают с указанием соответствующей абсолютной погрешности измерения, которая выражается в тех же единицах, что и сама величина. Например, при измерении силы тока в амперах результат измерения записывают так:  $I = (0,25 \pm 0,02) \text{ А}$ , где  $\Delta I = 0,02 \text{ А}$  – модуль абсолютной погрешности измерения.

При записи результата измерения важным вопросом является сохранение оптимального количества значащих цифр результата измерения и абсолютной погрешности.

Значащими цифрами числа считают все цифры от первой слева, не равной нулю, до последней справа цифры (включая нули), при этом нули, записанные в виде множителя  $10^n$  не учитывают. Например:

- число 12,0 имеет три значащие цифры;
- число 30 имеет две значащие цифры;
- число  $120 \cdot 10^3$  имеет три значащие цифры;
- число  $0,514 \cdot 10^2$  имеет три значащие цифры;
- число 0,050 имеет две значащие цифры.

В записи результата измерения необходимо ограничивают число зна-

чащих цифр. При этом пользуются основным правилом: погрешность, получаемая в результате вычислений, должна быть на порядок (в 10 раз) меньше суммарной погрешности измерений.

При округлении (округление числа представляет собой отбрасывание значащих цифр справа до определенного разряда с возможным изменением цифры этого разряда) результата измерений используют следующие правила теоретической метрологии.

1. Результат измерения округляют до того же десятичного разряда, которым оканчивается округленное значение абсолютной погрешности. Если десятичная дробь в значении результата измерений оканчивается нулями, то нули отбрасывают до того разряда, который соответствует разряду значения погрешности. Например, результат 4,0800, погрешность  $\pm 0,001$ ; результат округляют до 4,080. Результат 25,6341, погрешность  $\pm 0,01$ ; результат округляют до 25,63. Тот же результат при погрешности в  $\pm 0,015$  округляется до 25,634.

2. Лишние цифры в целых числах заменяются нулями, а в десятичных дробях отбрасывают. Например, число 165245 при сохранении четырех значащих цифр округляют до 165200, а число 165,245 – до 165,2.

4. Если отбрасываемая цифра числа равна 5, а следующие за ней цифры больше 0, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на 1.

5. Погрешность позволяет определить те цифры результата измерений, которые являются достоверными. Часто исходными данными для расчета являются нормируемые значения погрешности используемого средства измерений, которые указывают всего с одной или двумя значащими цифрами. Вследствие этого и в окончательном значении рассчитанной погрешности не следует удерживать более двух значащих цифр.

6. Округление производят лишь в окончательном ответе, а все промежуточные результаты представляют тем числом разрядов, которые удастся получить.

При округлении расчетного значения погрешности необходимо следовать следующим правилам.

- Погрешность результата измерения указывают двумя значащими цифрами, если первая из них 3 или меньше.
- Погрешность результата измерения указывают одной значащей цифрой, если первая значащая цифра 4 и больше.

Результат измерения записывают в виде  $x = \bar{x} \pm \Delta_p$  при доверительной вероятности  $P = P_\delta$ .

### **Пример**

Произвести обработку результатов измерений, данные которых представлены в табл. 30.

#### **Пример решения**

#### **1. Определение точечных оценок закона распределения результатов измерений**

Определяют среднее арифметическое значение результатов измерений:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{11} x_i = 36,009 \text{ мм.} \quad (42)$$

Среднее квадратическое отклонение результатов измерения:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{11-1} \cdot 0,000031} = 0,00194 \text{ мм.} \quad (43)$$

Производят проверку наличия грубых погрешностей в результатах измерения по критерию Диксона.

*Таблица 30*

#### **Результаты измерений**

№	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	36,008	- 0,001	0,000001
2	36,008	- 0,001	0,000001
3	36,008	- 0,001	0,000001
4	36,008	- 0,001	0,000001
5	36,010	0,001	0,000001
6	36,009	0	0
7	36,012	0,003	0,000009
8	36,009	0	0
9	36,011	0,002	0,000004
10	36,007	- 0,002	0,000004
11	36,012	0,003	0,000009
12	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{11} x_i = 36,009$		$\sum_{i=1}^{11} (x_i - \bar{x})^2 = 0,000031$

Составляют вариационный возрастающий ряд из результатов измерений: 36,007; 36,008; 36,009; 36,010; 36,011; 36,012.

Находят расчетное значение критерия для значения 36,012

$$K_D = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1} = \frac{36,012 - 36,011}{36,012 - 36,007} = 0,2. \quad (44)$$

Как следует из табл. 7, по этому критерию результат 36,012 не является промахом при всех уровнях значимости.

## ***2. Предварительная оценка вида распределения результатов измерений или случайных погрешностей***

При числе измерений меньше 15 предварительную оценку вида распределения результатов наблюдений не производят.

## ***3. Оценка закона распределения по статистическим критериям***

При  $n < 15$  принадлежность экспериментального распределения к нормальному не проверяют.

## ***4. Определение доверительных границ случайной погрешности***

При числе измерений  $n = 11$  используют распределение Стьюдента, при этом доверительные границы случайной погрешности

$$\Delta_C = \pm t_p \cdot S_x / \sqrt{n}. \quad (45)$$

Коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности  $P_d = 0,95$  и при  $n = 11$  равен 2,23.

Тогда доверительные границы случайной погрешности

$$\Delta_C = \pm 2,23 \cdot \frac{0,00194}{\sqrt{11}} = \pm 0,0012 \text{ мм} \quad (46)$$

## ***5. Определение границ неисключенной систематической погрешности результата измерения***

Границы неисключенной систематической погрешности  $\theta$  принимают равными пределам допускаемых основных и дополнительных по-

грешностей средства измерения. Допустим, что для используемого прибора допускаемая погрешность  $\Delta = \pm 0,4$  мкм, тогда  $\theta = \Delta$ .

### **6. Определение доверительных границ погрешности результата измерения**

Согласно ГОСТ 8.207–76 погрешность результата измерения определяют по следующему правилу. Если границы неисключенной систематической погрешности  $\theta < 0,8 \cdot S_{\bar{x}}$ , то следует пренебречь систематической составляющей погрешности и учитывать только случайную погрешность результата. В данном случае  $\theta = 0,4$  мкм, а

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} = 0,0006 \text{ мм} \quad (47)$$

т.е. соотношение  $\theta < 0,8 \cdot S_{\bar{x}}$  выполняется, поэтому систематической погрешностью можно пренебречь.

Тогда

$$\Delta_p = \pm \Delta_c = \pm 0,0012 \text{ мм}$$

### **7. Запись результата измерения**

Результат измерения –  $x = \bar{x} \pm \Delta_p = 36,0090 \pm 0,0012$  при доверительной вероятности  $P = 0,95$ .

#### **Задание**

Используя данные в таблице № 14 произвести обработку результатов прямых многократных измерений



Таблица 14

Вариант	$n$ – количество измерений										$\theta$
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	
1	32,3	32,32	32,98	32,52	32,67	32,5	32,49	31,17	32,39	32,43	0,32
2	148,6	49,56	48,7	48,83	48,67	48,36	48,24	47,31	48,85	48,6	0,14
3	72,1	72,12	71,98	73,83	72,3	72,34	72,39	71,27	72,44	72,13	0,52
4	12,5	11,54	11,38	11,4	11,42	11,67	11,28	11,52	11,6	13,37	0,39
5	12,4	12,78	13,62	12,69	12,3	12,25	12,3	11,36	12,16	12,38	0,17
6	13,3	14,27	13,18	13,1	13,6	13,53	13,42	13,26	13,64	12,31	0,47
7	18,8	17,82	18,51	19,07	19,2	18,69	18,86	18,91	19,63	18,7	0,31
8	29,9	29,83	30,68	29,99	28,72	29,87	30,24	30	29,76	30,1	0,24
9	35,5	34,54	35,3	35,42	35,4	35,67	35,28	35,52	36,1	35,37	0,49
10	101,1	99,9	100,83	101,2	101,14	101	101,41	100,93	102,1	101,2	0,57

*Продолжение табл.14*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	14,3	14,27	13,8	14,09	14,6	14,53	14,42	14,26	16,64	14,31	0,19
12	22,44	23,46	23,45	23,46	23,47	23,43	24,58	23,63	23,48	23,31	0,36
13	77,76	77,78	78,85	77,63	77,24	77,63	77,54	77,52	76,78	77,87	0,28
14	55,35	54,52	55,38	55,42	55,64	55,46	55,28	56,34	55,27	55,35	0,21
15	30,17	30,18	30,28	31,58	30,43	30,02	30,41	29,57	30,12	30,21	0,47
16	79,89	79,99	79,78	78,83	79,84	79,72	79,85	79,84	80,91	79,78	0,31
17	40,11	39,12	40,15	40,01	40,23	40,25	40,18	41,21	40,11	40,12	0,24
18	20	20,01	18,89	19,95	21,05	20,07	20,03	19,99	20,06	19,99	0,49
19	30,01	31,06	30,04	29,98	30,02	30,08	28,89	29,97	30,01	29,99	0,57
20	49,99	50,01	49,83	50,06	50,02	49,94	49,99	50,07	50,01	49,94	0,19

*Продолжение табл.14*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21	24,13	24,19	23,3	24,12	24,17	24,28	24,14	24,25	25,33	24,21	0,36
22	19,5	19,54	18,38	19,4	19,42	19,67	19,28	20,52	19,1	19,37	0,28
23	18,3	19,27	18,18	18,09	18,6	18,53	18,42	18,26	19,64	18,31	0,21
24	7,8	7,78	7,75	8,94	7,37	7,6	7,98	8	9,98	7,82	0,32
25	11,2	12,3	12,13	12,07	12,43	12,51	12,18	13,6	12,34	12,29	0,14
26	10,4	10,78	11,62	10,69	10,3	10,25	10,18	9,36	10,16	10,38	0,52
27	11,6	12,6	11,54	11,42	11,38	10,87	11,48	11,32	11,44	11,36	0,39
28	20,7	20,71	21	19,38	20,64	20,53	20,84	20,41	21,58	20,74	0,17
29	17,9	18,83	17,65	17,99	17,72	18,1	18,24	17,87	16,76	18,09	0,57
30	5,2	4,36	5,24	5,61	5,52	5,18	6,78	5,12	5,09	5,3	0,19

*Продолжение табл.14*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
31	3,8	3,82	4,51	4,07	4,2	3,69	3,86	4,91	3,63	3,6	0,36
32	52,1	51,9	50,83	52,2	52,14	52,38	52,41	51,93	53,1	52,2	0,28
33	84,4	85,25	84,19	84,51	84,3	84,1	85,64	84,71	84,35	84,28	0,21
34	92,7	92,42	93,88	92,55	92,61	92,43	92,56	93,4	92,39	92,8	0,47
35	64,8	63,72	63,64	64,2	63,89	64,9	63,92	63,94	64	63,89	0,31

## 6.4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

### 3.6. Обработка результатов косвенных измерений

При косвенных измерениях физическая величина  $Y$ , значение которой надо определить, является известной функцией  $f$  ряда других величин – аргументов  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Данные аргументы находятся прямыми многократными измерениями, а величина  $Y$  вычисляется по формуле:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (91)$$

В качестве результата косвенного измерения рассматривается оценка величины  $Y$ , определяемая подстановкой в (91) оценок аргументов этой функции. Каждый из аргументов измеряется в результате прямых многократных измерений с некоторой погрешностью  $\Delta x$ , вносящей определенный вклад в результат косвенного измерения. Полагая, что погрешности  $\Delta x$  малы, можно записать

$$dY = \sum_{i=1}^m \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i, \quad (92)$$

где каждое слагаемое  $\frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i$  представляет собой частную погрешность результата косвенного измерения, вызванную погрешностью  $\Delta x$  измерения величины  $x_i$ . Частные производные носят название коэффициентов влияния соответствующих погрешностей.

Пример. При многократных измерениях независимых величин  $U$  и  $I$  получено по 18 результатов наблюдений. Эти результаты после внесения поправок представлены в табл. 26. Определить электрическое сопротивление  $R = f(U, I)$ , если  $R = U/I$  [29].

Таблица 26

### Результаты измерений $U$ и $I$ .

Напряжение $U$ , мВ																	
$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	$U_5$	$U_6$	$U_7$	$U_8$	$U_9$	$U_{10}$	$U_{11}$	$U_{12}$	$U_{13}$	$U_{14}$	$U_{15}$	$U_{16}$	$U_{17}$	$U_{18}$
483	484	484	485	485	482	484	484	483	485	485	485	484	484	483	481	481	494
Ток $I$ , мкА																	
$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$	$I_7$	$I_8$	$I_9$	$I_{10}$	$I_{11}$	$I_{12}$	$I_{13}$	$I_{14}$	$I_{15}$	$I_{16}$	$I_{17}$	$I_{18}$
482	483	483	483	483	482	482	484	483	486	485	484	484	484	483	484	484	493

Обработка результатов косвенного измерения производится по следующему алгоритму.

Обрабатываются результаты прямых многократных измерений напряжений и тока.

1. Определяется оценки результатов измерения  $\bar{U}$ ,  $\bar{I}$ , среднего квадратического отклонения результатов измерения  $S_U$  и  $S_I$ .

$$\bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^{18} U_i}{18} = 484,417 \text{ мВ}; \quad S_U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{18} (U_i - \bar{U})^2}{17}} = 3,26 \text{ мВ}; \quad (93)$$

$$\bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^{18} I_i}{18} = 484,333 \text{ мкА}; \quad S_I = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{18} (I_i - \bar{I})^2}{17}} = 2,964 \text{ мкА} \quad (94)$$

Исключаются грубые погрешности:

$$\beta_U = \frac{\max |U_i - \bar{U}|}{S_U} = 2.94 \quad (95)$$

При доверительной вероятности  $P = 0.95$ , с учетом  $q = 1 - P$  находится соответствующее ей критическое (табличное) значение  $\beta_{qU} = 2,72$ ;

Сравнивается  $\beta_U$  с  $\beta_{qU}$ . Так как  $\beta_U > \beta_{qU}$ , то данный результат измерения  $U_{18}$  является ошибочным, он должен быть отброшен. После этого повторяются вычисления для сокращенной серии результатов измерений.

$$\bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^{17} U_i}{17} = 483.545 \text{ мВ}; \quad S_U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{17} (U_i - \bar{U})^2}{16}} = 1.293 \text{ мВ}; \quad \beta_U = \frac{\max |U_i - \bar{U}|}{S_U} = 1.195$$

Для  $n = 17$  определяется  $\beta_{qU} = 2,71$ . Сравнивается  $\beta_U$  с  $\beta_{qU}$ . Так как  $\beta_U < \beta_{qU}$ , больше грубых погрешностей нет.

Обнаруживаются и исключаются грубые погрешности при измерении тока:

$$\beta_I = \frac{\max |I_i - \bar{I}|}{S_I} = 2.924 \quad (96)$$

Для  $n = 18$  определяется  $\beta_{qI} = 2,72$ . Сравнивается  $\beta_I$  с  $\beta_{qI}$ . Так как  $\beta_I > \beta_{qI}$ , то данный результат измерения  $I_{12}$  является промахом и отбрасывается из результатов наблюдений. После этого повторяются вычисления для сокращенной серии результатов наблюдений.

$$\bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^{17} I_i}{17} = 483.545 \text{ мкА}; \quad S_I = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{17} (I_i - \bar{I})^2}{16}} = 1.214 \text{ мкА}; \quad \beta_I = \frac{\max |I_i - \bar{I}|}{S_I} = 2.023$$

Для  $n = 17$  определяется  $\beta_{qI} = 2,71$ . Сравнивается  $\beta_I$  с  $\beta_{qI}$ . Так как  $\beta_I < \beta_{qI}$ , больше промахов нет.

2. Проверяется гипотеза о нормальности распределения для обеих серий оставшихся результатов наблюдений по составному критерию. Проверяя критерий 1, вычисляются отношения:

$$d_U = \frac{\sum_{i=1}^{17} |U_i - \bar{U}|}{\sqrt{n \cdot \sum_{i=1}^{17} (U_i - \bar{U})^2}} = 0.844; \quad d_I = \frac{\sum_{i=1}^{17} |I_i - \bar{I}|}{\sqrt{n \cdot \sum_{i=1}^{17} (I_i - \bar{I})^2}} = 0.829 \quad (97)$$

При доверительной вероятности  $P_1 = 0.98$  и для уровня значимости  $q_1 = 1 - P_1$  по таблице 9, определяются квантили распределения  $d_{1-0,5q_1} = 0,715$ , и  $d_{0,5q_1} = 0,907$ . Сравниваются  $d_U$  и  $d_I$  с  $d_{1-0,5q_1}$ , и  $d_{1-0,5q_1}$ . Так как  $d_{1-0,5q_1} < d_1, d_2 < d_{0,5q_1}$ , то гипотеза о нормальном законе распределения для обеих серий согласуется с экспериментальными данными.

Проверяя критерий 2, задаются доверительной вероятностью  $P_2 = 0.98$  и для уровня значимости  $q_2 = 1 - P_2$  с учетом  $n = 17$  определяются по таблице 10, значения  $m_1 = m_2 = 1$  и  $P_1^* = P_2^* = 0,98$ . Для вероятности  $P^* = 0,98$  из таблицы 12 для интегральной функции нормированного нормального распределения  $\Phi(t)$ , определяется значение  $t = 2.33$  и рассчитывается:

$$E_U = t \cdot S_U = 2,33 \cdot 1,293 = 3,013 \text{ мВ} \quad (98)$$

$$E_I = t \cdot S_I = 2,33 \cdot 1,214 = 2,828 \text{ мкА} \quad (99)$$

Так как не более одной разности  $|Q_I - \bar{Q}|$  превосходит  $\Delta$  по обеим сериям, то гипотеза о нормальном законе распределения результатов наблюдений согласуется с экспериментальными данными.

3. Определяется оценка среднего  $\bar{R}$

$$\bar{R} = \frac{\bar{U}}{I} = \frac{483.545 \cdot 10^{-3}}{483.545 \cdot 10^{-6}} = 1000.0 \text{ Ом} \quad (100)$$

4. Находятся частные погрешности результата косвенного измерения

$$E_U = \left(\frac{\partial \bar{R}}{\partial U}\right) \cdot \Delta_U = \frac{\bar{R}}{U} \cdot \Delta_U = 6,473 \text{ Ом} \quad (101)$$

$$\Delta_U = t_p \cdot \frac{S_U}{\sqrt{n}} \quad (102)$$

$$E_I = \left(\frac{\partial \bar{R}}{\partial I}\right) \cdot \Delta_I = -\frac{\bar{R}}{I} \cdot \Delta_I = -5,848 \text{ Ом} \quad (103)$$

$$\Delta_I = t_p \cdot \frac{S_I}{\sqrt{n}} \quad (104)$$

5. Находится суммарная погрешность результата косвенного измерения

$$E_\Sigma = \sqrt{E_U^2 + E_I^2} = 8,723 \text{ Ом} \quad (105)$$

6. Записывается окончательный результат:  $R = \bar{R} \pm E_\Sigma = 1000 \pm 9 \text{ Ом}$ ,  $n_U = 17$ ,  $n_I = 17$ ,  $P_d = 0.95$ .

## Задание

Определить предельное усилие при растяжении полос при сварке в стык по длинной полосе, по данным приведенным в таблице № 15

$$N_{\text{пред}} = t \cdot \sigma_T \cdot b$$

$t$  - толщина полосы

$\sigma_T$  - предел текучести $b$  - ширина полосы

Таблица 15

В а р и а н т	$t$ , м м	$\sigma_T$ , М П а	$b$ , м м
1	2	3	4
1	$1 \pm 0,01$	$245 \pm 3$	$20 \pm 0,05$
2	$2 \pm 0,1$	$175 \pm 1$	$45 \pm 0,2$
3	$1,5 \pm 0,05$	$390 \pm 3$	$50 \pm 0,01$
4	$3 \pm 0,05$	$345 \pm 2$	$80 \pm 0,01$
5	$2 \pm 0,01$	$245 \pm 2,5$	$30 \pm 0,05$
6	$1,5 \pm 0,01$	$175 \pm 1,5$	$70 \pm 0,05$
7	$1 \pm 0,2$	$390 \pm 2,1$	$60 \pm 0,1$
8	$2 \pm 0,05$	$345 \pm 1,8$	$40 \pm 0,01$
9	$1,5 \pm 0,1$	$245 \pm 2,4$	$20 \pm 0,2$
10	$3 \pm 0,1$	$175 \pm 1,2$	$45 \pm 0,05$
11	$1 \pm 0,05$	$390 \pm 3,1$	$50 \pm 0,2$
12	$2 \pm 0,1$	$345 \pm 1,7$	$80 \pm 0,01$
13	$1,5 \pm 0,05$	$245 \pm 3$	$30 \pm 0,05$
14	$3 \pm 0,01$	$175 \pm 1,6$	$70 \pm 0,1$
15	$1 \pm 0,01$	$390 \pm 2,6$	$60 \pm 0,01$
16	$2 \pm 0,1$	$345 \pm 2,2$	$40 \pm 0,2$
17	$1,5 \pm 0,05$	$245 \pm 2,3$	$20 \pm 0,05$
18	$3 \pm 0,05$	$175 \pm 1,7$	$45 \pm 0,01$
19	$1 \pm 0,2$	$390 \pm 2,3$	$50 \pm 0,05$
20	$2 \pm 0,01$	$345 \pm 1,9$	$80 \pm 0,1$



*Продолжение табл. 15*

1	2	3	4
21	1,5±0,01	245±2,1	30±0,2
22	3±0,1	175±1,8	70±0,01
23	1±0,05	390±2,4	60±0,5
24	2±0,1	345±1,2	40±0,01
25	1,5±0,05	245±3,1	20±0,05
26	3±0,01	175±1,7	45±0,1
27	1±0,01	390±3,2	50±0,2
28	2±0,1	345±1,6	80±0,05
29	1,5±0,05	245±2,3	30±0,01
30	3±0,05	175±2,3	70±0,2
31	1±0,2	390±1,8	60±0,05
32	2±0,1	345±2,6	40±0,01
33	1,5±0,1	175±1,9	20±0,05
34	3±0,01	390±1,7	45±0,1
35	2±0,2	345±0,1	50±0,05

### Рекомендуемая литература

1. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 432с.
2. Сергеев А.Г. Метрология. Учебное пособие. – М.: Логос, 2000. – 408с.
3. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Учеб. Пособие. – Изд. 2-е, перераб. И доп. – М.: Логос, 2005. – 560 с. Ил.
4. Федеральный закон РФ «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ.
5. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 27.04.93 №4871-1 (в редакции 2003 г.)
6. Радкевич Я.М., Лактионов Б.И. Метрология, стандартизация, сертификация. – М.: Высшая школа. 2004, – 767с.
7. Метрология, стандартизация и сертификация. Часть 1. Методические указания по выполнению практических работ для студентов дневной и заочной форм обучения строительных и механических специальностей/ В.Е.Гордиенко, В.А. Норин, Н.В.Овчинников – СПб.: СПбГАСУ, 2009. – 65с.
8. Метрология, стандартизация и сертификация. Методические указания к лабораторным работам по техническим измерениям./ Л.И.Жигарь, В.А.Норин – СПб.: СПбГАСУ, 2004. – 25с.
9. Метрология, стандартизация и сертификация. Методические указания по выполнению практических работ/ В.А.Норин – СПб.: СПбГАСУ, 2007. – 19с.
10. ГОСТы по разделам курса.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ».....	4
1. МЕТРОЛОГИЯ.....	4
1.1. Основные понятия метрологии.....	4
1.2. Виды, методы и средства измерений.....	4
1.3. Теория погрешностей.....	4
1.4. Обработка результатов измерений.....	4
1.5. Организационные, научные, правовые и методические основы обеспечения единства измерений....	5
2. СТАНДАРТИЗАЦИЯ	
2.1. Стандартизация. Основные принципы и теоретическая база стандартизации.....	5
2.2. Методы стандартизации. Международная стандартизация.....	5
3. СЕРТИФИКАЦИЯ	
3.1. Основные положения в сертификации в строительстве. Этапы сертификации.....	5
3.2. Системы и схемы сертификации.....	6
3.3. Сертификация услуг. Сертификация систем качества.....	6
4. ЗАДАНИЯ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	7
5. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	11
5.1. ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ СВОБОДНЫХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ .....	11
5.2. ГРУБЫЕ ПОГРЕШНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ ИСКЛЮЧЕНИЯ.....	17
5.3. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЯМЫХ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	26
5.4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	34
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	39

Норин Вениамин Александрович

## **МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ**

Программа, методические указания и задания к контрольным работам для студентов строительных специальностей безотрывной формы обучения специальностей

Редактор О.Д. Камнева  
Корректор К.И. Бойкова  
Компьютерная верстка И.А. Яблокова

Подписано к печати .Формат 60x84 1/16. Бкм.офсетная  
Усл.печ.л. 3,5. Уч.-изд.л. Тираж 500 экз. Заказ. «С»

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
190005, Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская, д.4  
Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, «-ая Красноармейская, д.5