

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского

федерального университета

Дата подписания: 05.12.2023 11:00:23

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8e49a

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«СЕВЕРО - КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ СЕРВИСА, ТУРИЗМА И ДИЗАЙНА
(филиал) СКФУ в г. Пятигорске

Кафедра Систем управления и информационных технологий

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Основы метрологии, стандартизации и контроля качества в
строительстве»

Направление подготовки 08.03.01 Строительство
Направленность (профиль): «Городское строительство и хозяйство»

Пятигорск 2021

Содержание

| | |
|--|----|
| | С |
| Введение | 3 |
| 1. Лабораторная работа №1 Определение погрешности изготовления и метрологических параметров партии резисторов | 4 |
| 2. Лабораторная работа №2 Измерение линейных размеров с помощью штангенинструментов и обработка измерений с многократными наблюдениями | 12 |

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы ориентированы на приобретение навыков студентами построения систем управления с использованием коммутационного оборудования и электропривода. Лабораторный курс ориентирован на получение практических навыков по работе с аналоговыми и цифровыми интегральными микросхемами. В работах используется лабораторный комплекс Учебный лабораторный стенд «Электротехника и основы электроники НТЦ-01.100, лабораторный стенд "Основы электроники» НТЦ-58.00 исполнение настольное. Приведён список рекомендуемой литературы. В приложении дан необходимый справочный материал.

Содержащиеся в практикуме сведения теории, методические указания и рекомендации по выполнению лабораторных работ позволяют использовать его в качестве дополнительного пособия для закрепления курса лекций.

Целью данного лабораторного практикума является поэтапное формирование у студентов знаний, умений и навыков создания систем управления с использованием электроники.

Практикум предназначен для студентов Северо - Кавказского федерального университета и может быть полезным для всех желающих основами ознакомиться с основами электроники.

Объем занятий лабораторных работ - 3ч.

Лабораторная работа №1

Определение погрешности изготовления и метрологических параметров партии резисторов

Цель работы

- Определение погрешности изготовления партии резисторов
- Определение статистических характеристик партии резисторов

Теоретическая часть

Непосредственной целью измерений является определение истинного (действительного) значения измеряемой величины. Результат измерений есть случайная величина, равная сумме истинного (действительного) значения измеряемой величины и погрешности измерений. Для повышения точности измерений проводят несколько наблюдений при измерении.

При статической обработке результатов группы наблюдений, следует руководствоваться ГОСТ 8.207. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Результат измерений следует оформлять в соответствии с рекомендациями МИ 1317 - 2004 Государственная система обеспечения единства измерений: Результаты и характеристики погрешности измерений. Форма представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.

При этом выполняют следующие операции:

- 1) исключают известные систематические погрешности из результатов наблюдений;
- 2) вычисляют среднее арифметическое значение \bar{x} измеряемой величины из n единичных результатов наблюдений x_i ;
- 3) вычисляют среднюю квадратическую погрешность единичных измерений в ряду измерений S ;
- 4) исключают промахи (грубые погрешности измерений);

5) вычисляют среднюю квадратическую погрешность результатов измерений среднего арифметического $S_{\bar{x}}$;

6) проверяют гипотезу о том, что результаты измерений распределяются по нормальному закону;

7) вычисляют доверительные границы случайной погрешности результата измерения $\pm \varepsilon$;

8) вычисляют доверительные границы неисключенной систематической погрешности результата измерения $\pm \theta$;

9) вычисляют доверительные границы погрешности результата измерения $\pm (\Delta x)_{\Sigma}$;

10) представляют результат измерения в виде $X = x \pm (\Delta x)_{\Sigma}$, P (P – доверительная вероятность).

Известные систематические погрешности исключают введением в результаты измерений соответствующих поправок, численно равных систематическим погрешностям, но противоположным им по знаку.

Если оператор в ходе измерения обнаруживает результат x_n , резко отличающийся от остальных результатов наблюдений (промах), и достоверно находит причину его появления, он вправе отбросить этот результат и провести (при необходимости) дополнительное наблюдение взамен отброшенного.

При обработке уже имеющихся результатов измерений для исключения грубых погрешностей поступают следующим образом:

- вычисляют среднее арифметическое n результатов наблюдений \bar{x} x_i ,-:

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

- вычисляют оценку среднего квадратического отклонения S результата измерений:

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

- определяют наличие (отсутствие) предполагаемого промаха x_n от \bar{x} .

При числе измерений $n < 20$ и нормальном *распределении результатов* измерений целесообразно применять критерий Романовского. При этом вычисляют отношение

$$z = |x_n - \bar{x}| / S, \quad (3)$$

где x_n – результат, вызывающий сомнение;

z – коэффициент, предельное значение которого z_T (табличное) определено по табл.1 по числу всех наблюдений (включая x_n) и принятому значению доверительной вероятности P (для всех производственных измерений $P = 0,95$; для ответственных лабораторных измерений $P = 0,98$ или $0,99$ и выше) по табл. 1 находят нормированное выборочное отклонение нормального распределения (P, n) .

Таблица 1

Значения $z_T(P, n)$

| P | N | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 | 20 |
| 0,95 | 1,41 | 1,7 | 1,91 | 2,06 | 2,18 | 2,27 | 2,34 | 2,41 | 2,34 | 2,41 | 2,67 | 2,7 |
| | 4 | 10 | 7 | 7 | 2 | 3 | 9 | 4 | 9 | 4 | 0 | 8 |
| 0,99 | 1,41 | 1,7 | 1,97 | 2,16 | 2,31 | 2,43 | 2,53 | 2,61 | 2,75 | 2,85 | 2,94 | 3,0 |
| | 4 | 28 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 6 | 3 | 5 | 6 | 8 |

Если $z < z_T$, то результат наблюдений x_n не является промахом. Если $z_T > z$, то x_n - промах, подлежащий исключению. После исключения x_n повторяют процедуру определения \bar{x} и $S(x)$ для оставшегося ряда результатов наблюдений и проверки на промах оставшихся значений x_i .

За результат измерения A принимают среднее арифметическое \bar{x} результатов наблюдений, оставшихся после исключения промахов.

Погрешность результата измерения включает случайную и неучтенную систематическую составляющие. Случайную составляющую оценивают величиной средне квадратичное отклонение $S(x)$:

$$S(\bar{x}) = S(x)\sqrt{n} = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

Если распределение результатов наблюдений подчиняется закону нормального распределения (закону Гаусса), то доверительные границы случайной погрешности результата измерения при доверительной вероятности P находят по формуле

$$c = t S(x), \quad (5)$$

где t – коэффициент Стьюдента, определяемый по табл. 3.

Таблица 2

Значения коэффициента Стьюдента

| P | n | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 15 |
| 0,95 | 12,70 | 4,303 | 3,182 | 2,776 | 2,571 | 2,447 | 2,365 | 2,306 | 2,262 | 2,145 |
| 0,99 | 63,65 | 9,925 | 5,841 | 4,604 | 4,032 | 3,707 | 3,499 | 3,355 | 3,250 | 2,977 |

Доверительные границы в не исключённой систематической погрешности результата измерения определяют по формуле

$$\theta = k \sqrt{\sum_{j=1}^m \theta_j^2} \quad (6)$$

где k - коэффициент (табл. 3), определяемый принятой доверительной вероятностью P и числом m составляющих не исключённой систематической погрешности; θ_j – границы y_j составляющей этой погрешности.

Таблица 3

Значения коэффициента k (ГОСТ 8.207)

| P | m | | | |
|------|-----------|---|---|---|
| | 5 и более | 4 | 3 | 2 |
| 0,95 | 1,1 | | | |

| | | | | |
|------|------|-----|-----|-----|
| 0,99 | 1,45 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
|------|------|-----|-----|-----|

Доверительную вероятность для вычисления границ не исключённой систематической погрешности принимают той же, что и при вычислении доверительных границ случайной погрешности результата измерения. В соответствии с ГОСТ 8.207-76 суммирование не исключённой систематической и случайной погрешности измерения осуществляют по следующим правилам:

1. В случае, если отношение $\frac{\theta}{S(\bar{x})} < 0,8$, то неучтённой систематической погрешностью по сравнению со случайной погрешностью пренебрегают и принимают, что граница погрешности результата измерения $\Delta = \varepsilon$.

2. Если отношение $\frac{\theta}{S(\bar{x})} > 0,8$ случайной погрешностью по сравнению с неучтённой систематической пренебрегают и принимают, что граница погрешности результата измерения $\Delta = \theta$.

3. В случае, если $0,8 \leq \frac{\theta}{S(\bar{x})} \leq 8,0$ границы погрешности результата измерения вычисляют по формуле

$$\Delta = K * S_{\Sigma}, \quad (7)$$

где K - коэффициент, зависящий от соотношения случайной и не исключённой систематической погрешности; S_{Σ} - суммарное среднее квадратическое отклонение результата измерения:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{j=1}^m \frac{\theta_j^2}{3} + S^2(\bar{x})} \quad (8)$$

При симметричной доверительной погрешности результаты представляют в форме $A \pm A, P$.

Числовое значение результата измерения должно оканчиваться цифрой 1-го же разряда, что и значение погрешности.

При отсутствии данных о виде функций распределения составляющих погрешности измерения результаты представляют в форме $A; \delta(x), n; 9, P$.

Пример: в результате обработки результатов наблюдений получили $A = 42$

мм, $A \pm 0,01$ мм при доверительной вероятности 0,99. Результат представляют в

виде $42 \pm 0,01, 0,99$.

4. Правила округления и записи результатов наблюдений и измерений [9]

1. Числовое значение результата наблюдения округляют в соответствии с числовым разрядом значащей цифры погрешности измерений.

Лишние цифры в целых числах заменяют нулями, в десятичных дробях – отбрасывают. Если десятичная дробь оканчивается нулями, их отбрасывают только до того разряда, который соответствует разряду погрешности.

Пример: результат 1,072000, погрешность $\pm 0,0001$. Результат округляют до 1,0720.

Если первая (слева направо) из заменяемых нулями или отбрасываемых цифр меньше 5, остающиеся цифры не изменяются.

Если первая из этих цифр равна 5, а за ней не следует никаких цифр или идут нули, то, если последняя цифра в округляемом числе чётная или ноль, она остаётся без изменения, если нечётная – увеличивается на единицу.

Пример: 1234,50 округляют до 1234; 8765,50 – до 8766.

Если первая из заменяемых нулями или отбрасываемых цифр больше 5 или равна 5, но за ней следует значащая цифра, то последняя остающаяся цифра увеличивается на единицу.

Пример: 6783,6 округляют до 6784; 12,34501 до 12,35.

2. Погрешность, возникающая в результате вычислений, не должна превышать 10 % суммарной погрешности измерений. Поэтому, если над результатами измерений (наблюдений) предстоит произвести некоторые

математические операции, то при округлении результатов в соответствии с правилом 1, добавляют один разряд справа, т. е. в первом примере результат 1,072000 нужно округлить не до 1,0720, а до 1,07200.

3. Если в процессе вычисления встречается операция деления, бессмысленно продолжать её по правилам арифметики, после того как получен результат, соответствующий правилу 1.

4. При определении числа знаков при вычислении погрешностей измерений следует учитывать, что погрешность определения значения погрешности достаточно велика, порядка 30 % при $n = 10$ и порядка 15 % при $n = (20 - 25)$, поэтому при $n < 10$ следует оставлять одну значащую цифру, если она больше трех, и две, если первая из них меньше четырех.

Пример: если при $n = 10,5$ (x) = 0,523, оставляем значение $Sx = 0,5$; если при $n = 10$, $Sx = 0,253$, оставляем значение $Sx = 0,25$. При $n > 10$ достаточно надёжно оставлять во всех случаях две значащие цифры.

Оборудование и материалы.

Набор резисторов номиналом 4,7 кОм, мультиметр М - 182.

Указания по технике безопасности

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задание

1. Произвести измерение резисторов.
2. Определить среднее арифметическое (математическое ожидание) из числа проведённых измерений (по формуле (1)).
3. Определить оценку среднего квадратичного отклонения S результата измерений (по формуле (2)).
4. Округлить полученные результаты до 2х значащих цифр.
5. Построить гистограмму
6. Определить доверительный интервал

6. Определить класс точности изготовления резисторов.
7. Сделать выводы по результатам лабораторной работы.

Контрольные вопросы

1. По какой формуле определяется среднее арифметическое (математическое ожидание)?
2. По какой формуле определяется средне квадратичное отклонение?
3. Как определяется класс точности изготовления резисторов?
4. Что такое гистограмма?
5. Что показывает гистограмма?
6. Что такое нормальный закон распределения?
7. Каковы характеристики нормального закона распределения?

Лабораторная работа № 2

Измерений линейных размеров с помощью штангенинструментов и обработка измерений с многократными наблюдениями

Цель работы: изучение устройства и получение навыков измерения линейных размеров штангенинструментами и обработка измерений с многократными наблюдениями.

Теоретическая часть

2.1. Устройство и эксплуатация штангенинструментов [9, 10]

Штангенинструменты используются для измерения линейных размеров, которые не требуют высокой точности измерений. Эти инструменты для повышения точности измерений используют дополнительную нониусную шкалу.

Нониусное отсчетное устройство

На нониусной шкале линейки длина дополнительной шкалы l (рис. 1) равна целому числу делений основной шкалы, но количество делений на единицу больше. Интервал деления шкалы нониуса будет равен:

$$b = \frac{c(n-1)}{n} = \frac{1}{n}$$

где c – цена деления основной шкалы; l – длина шкалы нониуса, n – число делений нониуса.

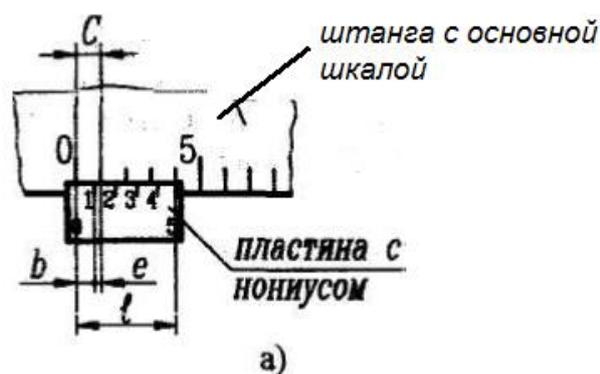


Рис. 1. Нониусное отсчетное устройство.

Отсчет по нониусу определяется из уравнения $e = c - b$,

подставив значение b , получим:

$$e = c - \frac{c(n-1)}{n} = \frac{c}{n}$$

Допустим (см. рис. 2) $c = 1$ мм, тогда e будет равно 0,2 мм.

2.2. Особенности устройства и применения штангенциркулей

Различают три типа штангенциркулей: ШЦ-1 с двусторонним расположением губок для наружных и внутренних измерений и с линейкой для определения глубин (рис. 2, а), ШЦ-П - с двусторонним расположением губок для измерения и для разметки (рис. 2, б), ШЦ-Ш- с односторонними губками для наружных и внутренних измерений (рис. 2, г). Технические характеристики штангенциркулей приведены в [2, 4, 7]. Штангенциркуль (см. рис. 2) состоит из штанги 7, неподвижных губок 1, изготовленных заодно со штангой, рамки 3 с подвижными губками 2, нониуса 10 и рамки 6. Рамки 3 и 6 соединены между собой микрометрическим винтом с гайкой 9. При помощи этого устройства осуществляется точная подача рамки 3.

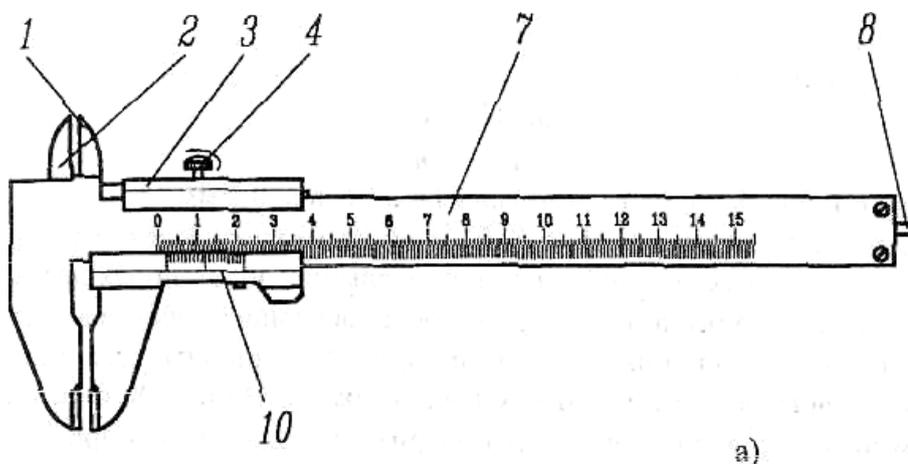


Рис. 2. Штангенциркули: а - ШЦ I; б - ШЦ II; в - ШЦ III; 1 - неподвижные губки; 2 - подвижные губки; 3 - рамка; 4 - зажим рамки; 5 - зажим рамки микрометрической подачи; 6 - рамка микрометрической подачи; 7 - штанга; 8 - линейка глубиномера, 9 - винт и гайка микрометрической подачи; 10 - нониус

Положение рамок 3 и 6 фиксируется винтами 4 и 5. В рамке 3 установлена плоская изогнутая пружина, которая обеспечивает постоянное прилегание рамки 3 к ребру штанги. Нижние губки предназначены для измерения как внутренних, так и наружных размеров. Верхние губки служат для измерения наружных размеров, а их заострённые концы – для выполнения разметочных работ.

Точность показаний штангенциркуля зависит от правильности его установки на изделии.

Для измерения изделия штангенциркулем необходимо:

- открепить рамки 3 и 6, передвинуть их вдоль штанги и расположить рамку 3 так, чтобы измеряемое изделие можно было установить между измерительными плоскостями губок;
- с помощью микровинта передвинуть рамку 3 до получения плотного прилегания поверхностей обеих губок к поверхностям измеряемого изделия;
- закрепить стопорный винт 4;
- сняв инструмент с изделия, считать показания по шкале штанги и по нониусу.

При измерении внутренних размеров необходимо учесть толщину губок штангенциркуля.

2.3. Особенности устройства и применения штангенглубиномеров

Штангенглубиномер предназначен для измерения выточек, отверстий, канавок, уступов и т. п. Штангенглубиномер отличается от штангенциркуля тем, что не имеет на штанге неподвижных губок, а подвижные губки на рамке выполнены в виде опорного основания с плоскостью, расположенной перпендикулярно к направлению штанги. Этой плоскостью штангенглубиномер устанавливается на измеряемый объект. Измеряемый размер заключается между двумя поверхностями, одной из которых является торец самой штанги, а другой – поверхность основания.

Порядок применения штангенглубиномера

Измерение штангенглубиномером необходимо осуществлять в следующем порядке:

- наложить штангенглубиномер на плоскость измеряемого изделия;
- открепив рамки 3 и 5, продвинуть штангу до тех пор, пока она не коснется своим торцом плоскости или выступа измеряемого изделия;
- закрепить стопорный винт 2;
- сняв штангенглубиномер с изделия, считать показания.

2.4 Обработка результатов измерения штангенциркулем с многократными наблюдениями

Измерение производится с целью определения действительного значения измеряемой величины. Всякое измерение сопровождается погрешностями. Для повышения точности измерений проводят несколько наблюдений при измерении.

При статической обработке результатов группы наблюдений, руководствуясь ГОСТ 8.207–76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений, выполняют следующие операции согласно методике, изложенной в разделе 3:

- исключают известные систематические погрешности из результатов наблюдений;
- исключают промахи, возникшие в результате грубых погрешностей;
- проверяют гипотезу о том, что результаты наблюдений распределяются по нормальному закону;
- вычисляют доверительные границы случайной погрешности результата измерения;
- вычисляют доверительные границы неучтённой систематической погрешности результата измерения;
- вычисляют доверительные границы погрешности результата измерения.

Известные систематические погрешности исключают введением в результаты наблюдений соответствующих поправок.

Если оператор в ходе измерения обнаруживает результат x_n , резко отличающийся от остальных результатов наблюдений (промах), и достоверно находит причину его появления, он вправе отбросить этот результат и провести (при необходимости) дополнительное наблюдение взамен отброшенного.

Оборудование и материалы.

штангенциркуль ПШЦ-1, детали для исследования

Указания по технике безопасности

Соответствуют технике безопасности по

Задание

- измерить заданный преподавателем размер детали несколько раз (по указанию преподавателя, результаты записать в таблицу.
- выполнить обработку измерений с многократными наблюдениями и дать заключение о годности детали.

Перечень инструментов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: штангенциркуль ПШЦ-1,

. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Вычерчивают эскиз детали с указанием на нем заданного размера.
- Изучают устройство штангенинструментов.
- Выбирают необходимый штангенинструмент.
- Измеряют заданный размер (см. раздел 3) с числом наблюдений n больше 4. Результаты наблюдения x_i , заносят в таблицу (см. таблицу далее).

- Исключают известные систематические погрешности из результатов наблюдений;
- вычисляют среднее арифметическое значение \bar{x} измеряемой величины из n единичных результатов наблюдений x ;
- вычисляют среднюю квадратическую погрешность единичных измерений в ряду измерений S ;
- исключают промахи (грубые погрешности измерений);
- вычисляют среднюю квадратическую погрешность результатов измерений среднего арифметического S_x ;
- проверяют гипотезу о том, что результаты измерений распределяются по нормальному закону;
- вычисляют доверительные границы случайной погрешности результата измерения $\pm \varepsilon$;
- -вычисляют доверительные границы неисклученной систематической погрешности результата измерения $\pm \theta$;
- вычисляют доверительные границы погрешности результата измерения $\pm (\Delta x)\Sigma$;
- представляют результат измерения в виде $X = x \pm (\Delta x)\Sigma$, P (P – доверительная вероятность);
- дают заключение о годности детали по заданному размеру.

Пример 1: при многократном измерении диаметра вала $\varnothing 15 \text{ h}14 (-0,430)$ штангенциркулем, получены следующие результаты: 15,00, 14,90, 14,85, 14,75, 15,00, 14,90, 14,95, 14,70, 14,95, 14,85, 15,00, 14,60. Неучтенная систематическая погрешность результата измерения, вызванная отклонением температуры вала от нормальной θ , = 2 мкм. Определить, является ли результат промахом и записать результат измерения с доверительной вероятностью $P=0,95$.

1. Вычислим среднее арифметическое значение измеряемой величины, мм:

$(15,00+14,90+14,85+14,75+15,00+14,90+14,95+14,70+14,95+14,85+15,00+14,50)/12 = 14,8625 \approx 14,86$ мм.

2. Среднее квадратичное отклонение:

$$s = \sqrt{\frac{3*(0,14^2) + 2*(0,04^2) + 2*(0,01^2) + 0,11^2 + 2*(0,09^2) + 0,16^2 + 0,36^2}{11}} \approx 0,19$$

мм.

3. Определим наличие (отсутствие) предполагаемого промаха $x_{п}$ от \bar{x}

При числе измерений $n < 20$ и нормальном распределении результатов измерений целесообразно применять критерий Романовского (раздел 3). При $n=12$ получаем z_T

$=2,52$, соответственно z , при этом вычисляют как

$z = (x_{п} - \bar{x}) / S = 14,86 - 14,50 / 0,19 \approx 2,1$, что меньше $2,52$, значит, это не промах.

4. Вычисляют среднюю квадратическую погрешность результатов измерений среднего арифметического $S_{\bar{x}}$;

$$S_{\bar{x}} = 0,19/\sqrt{12} \approx 0,057.$$

5. Доверительные границы случайной погрешности результата измерения $\pm \varepsilon$ при доверительной вероятности P находим по формуле

$$\varepsilon = \pm t S(x), \quad (5)$$

где t – коэффициент Стьюдента, определяемый по табл. 3 (раздел 3).

: При $P=0,95$ и $n=12$ получаем $t=2,262$ и

$$\varepsilon = t*S = 2,262*0,057 \approx 0,14 \text{ мм.}$$

6. Так как отношение $\frac{\theta}{S(x)} = \frac{0,002}{0,057} < 0,8$, то неучтенной систематической

погрешностью по сравнению со случайной погрешностью можно пренебречь и принять, что граница погрешности результата измерения $\Delta = \varepsilon$.

7. Представляем результат измерения в виде $X = \bar{x} \pm (\Delta x)_{\Sigma}$, P (P – доверительная вероятность).

$$\text{Результат: } X = X_{\text{ср}} \pm \Delta = 14,86 \pm 0,14, 0,95.$$

9. Результаты наблюдений и вычислений заносятся в таблицу.

Дают заключение о годности детали по заданному размеру.

Таблица

| Характеристика размера | | | | Результаты наблюдений Xi, мм | Хср, мм | Результат измерения, Мм | |
|------------------------|-----------------------|--------|------------------------|---------------------------------|------------|----------------------------|--------------|
| обозначение размера | предельные отклонения | | предельные размеры, мм | | | | допуск T, мм |
| | E1(a) | E3(ea) | | | | | |
| 15 h14 | 0 | 0,43 | 15,00; 14,430 | 0,430 | 15,00 | 14,86 | 14,86 ± 0,14 |
| | | | | | 14,90 | | |
| | | | | | 14,85 | | |
| | | | | | 14,75 | | |
| | | | | | 15,00 | | |
| | | | | | 14,90 | | |
| | | | | | 14,95 | | |
| | | | | | 14,70 | | |
| | | | | | 14,95 | | |
| | | | | | 14,85 | | |
| | | | | | 15,00 | | |
| | | | | | 14,50 | | |
| | | | | | 14,90 | | |

Заключение о годности детали

Контрольные вопросы

1. Как называется отсчетное устройство штангенинструментов?
2. Как устроен нониус?
3. Каково назначение штангенциркуля, штангенглубиномера, штангенрейсмаса?
4. Какие типы штангенциркулей Вы знаете?
5. Назовите основные части штангенинструментов?
6. Дайте характеристику метода измерения использованным штангенинструментом?
7. Какова метрологическая характеристика использованного штангенинструмента?
8. Какова последовательность обработки результатов измерения штангенциркулем с многократными наблюдениями?