

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

Кафедра «Механика»

Лабораторная работа №5  
ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ С ПОМОЩЬЮ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТОВ И  
ОБРАБОТКА ИЗМЕРЕНИЙ С МНОГОКРАТНЫМИ НАБЛЮДЕНИЯМИ

Выполнил студент гр. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Принял преподаватель

Гомель, 2020

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

### Теоретическая часть

1. *Штангенинструменты* применяют для линейных измерений, не требующих высокой точности. В группу этих инструментов входят штангенциркули, штангенглубиномеры и штангенрейсмасы. Отсчетным приспособлением у них является *нониус*.

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

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

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:

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

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). 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.

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 заостренные концы – для выполнения разметочных работ.

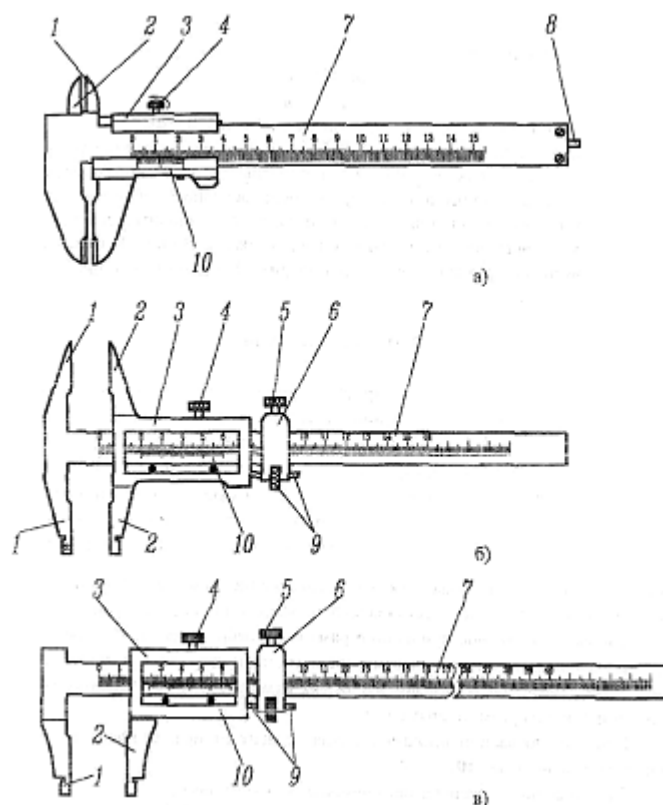


Рис. 2. Штангенциркули: а - ШЦ I; б – ШЦ II; в - ШЦ III; 1 - неподвижные губки; 2 – подвижные губки; 3 - рамка; 4 - зажим рамки; 5 - зажим рамки микрометрической подачи; 6 - рамка микрометрической подачи; 7 - штанга; 8 - линейка глубиномера, 9 - винт и гайка микрометрической подачи; 10 – нониус

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. 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:

- 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 неучтенной 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.

### Практическая часть

При многократном измерении диаметра вала  $\varnothing$  \_\_\_\_\_ штангенциркулем, получены следующие результаты:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$x_i$ , мм												

Неучтенная систематическая погрешность результата измерения, вызванная отклонением температуры вала от нормальной  $\theta=2$  мкм.

Определим, является ли результат промахом и запишем результат измерения с доверительной вероятностью  $P=0,95$ .

1. Среднее арифметическое значение измеряемой величины:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \dots, \text{ мм.}$$

2. Среднее квадратичное отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \dots, \text{ мм.}$$

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

При числе измерений  $n < 20$  и нормальном распределении результатов измерений целесообразно применять критерий Романовского. При  $n=12$  получаем  $z_T=2,52$ , соответственно  $z$ , при этом вычисляют как

$$z = \frac{|x_{\max} - \bar{x}|}{S} = \dots, \text{ что меньше } 2,52, \text{ значит, это не промах.}$$

$z = 1$ , что меньше 2,52, значит, это не промах.

4. Средняя квадратическая погрешность результатов измерений среднего арифметического  $S_{\bar{x}}$ :

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \dots$$

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

$$\epsilon = \pm t S(x),$$

где  $t$  – коэффициент Стьюдента.

При  $P=0,95$  и  $n=12$  получаем  $t=2,262$  и  $\varepsilon = t \cdot S = 2,262 \cdot \dots \approx \dots$  мм.

6. Так как отношение  $\frac{\theta}{S_x} = \frac{0,002}{\square} < 0,8$ , 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).

Результат:  $X = \bar{x} \pm \Delta = \dots \pm \dots, 0,95$ .

Таблица 1. Результаты наблюдений и вычислений

Характеристики размера					$x_i$ , мм	$\acute{x}$ ,	Результаты измерения, мм	
Обозначение размера	Предельные отклонения, мм		Предельные размеры, мм		Допуск, $T_d$ , мм			
	$es$	$ei$	$d_{max}$	$d_{min}$				
Ø...								
Заключение о годности детали:								

**Вывод:** изучили устройства и получили навыки измерения линейных размеров штангенинструментами и обработки измерений с многократными наблюдениями.