

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

## **ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ (МЕХАНИКА)**

Учебное пособие для вузов

Составители:  
А.Н. Ларионов,  
В.В. Чернышев,  
Н.Н. Ларионова

Издательско-полиграфический центр  
Воронежского государственного университета  
2011

## ПРОСТЕЙШИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

*Цель работы:* изучение основных приемов линейных измерений с помощью простейших измерительных приборов (штангенциркуля и микрометра) и методов обработки результатов измерений.

*Приборы и принадлежности:* штангенциркуль; микрометр; тела, имеющие форму прямоугольного параллелепипеда и цилиндра.

### Краткая теория

1. Простейшим измерительным устройством является измерительная линейка, позволяющая получать результаты с точностью до  $\pm 0,5$  мм. При использовании линейки для измерений необходимо исключать ошибки, связанные с неточностью отсчета нуля и параллаксом. Для устранения погрешности, вызываемой параллаксом, рекомендуется отсчитывать показания, производя наблюдения под прямым углом к шкале.

2. Для повышения точности измерений линейки снабжают дополнительными шкалами, которые называются *нониусами*. Линейный нониус представляет собой небольшую линейку, скользящую вдоль шкалы (линейки с более крупной шкалой).

На рис. 1 соединены две разномасштабные линейки. Обозначим цену деления верхней линейки символом  $\ell_1$ , а нижней –  $\ell_2$ . Линейки образуют нониус, если существует такое целое число  $k$ , при котором

$$k \cdot \ell_1 = (k \pm 1) \cdot \ell_2. \quad (1)$$



Рис. 1.

У линеек, изображенных на рис. 1,  $k = 4$ , причем  $\ell_1 > \ell_2$ . В этом случае формула (1) содержит знак плюс и деления нижней линейки короче делений верхней линейки. Знак минус в формуле (1) относится к случаю, когда  $\ell_2 > \ell_1$ , то есть деления нижней линейки длиннее делений верхней. Для определенности будем считать, что  $\ell_1 > \ell_2$ .

Линейный размер тела находят по формуле

$$L = \left( n + \frac{m}{N} \right) \cdot \ell, \quad (4)$$

где  $N$  – число делений нониуса, равное  $N - 1$  делению основной шкалы,  $\ell$  – цена деления основной шкалы.

Стопорный винт 6 предназначен для стабилизации положения подвижной шкалы в процессе измерений. Выступы 5 предназначены для измерения внутренних размеров тел.

4. Для более точных измерений используют микрометр (рис. 4). Он состоит из двух частей: скобы 1 и микрометрического винта, связанного с барабаном 7, на остром срезе которого имеется круговая шкала 6.

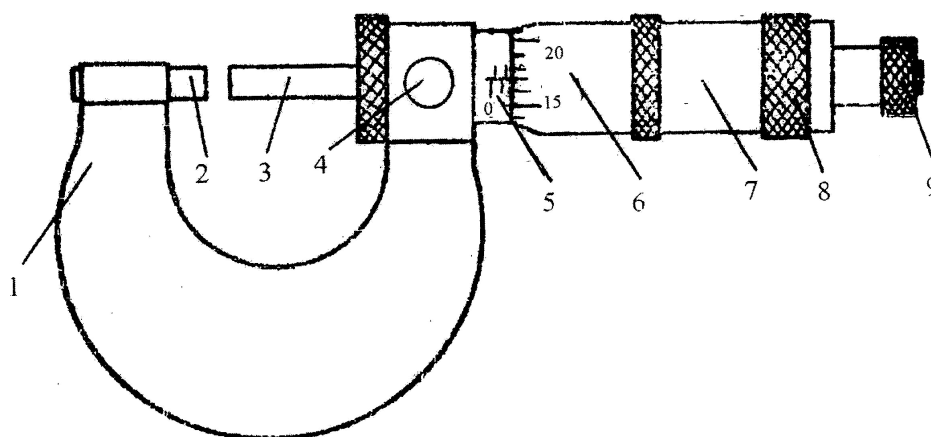


Рис. 4.

При работе с микрометром следует иметь в виду, что винт с малым шагом превращает незначительные усилия руки, поворачивающей барабан микрометра, в большие силы, действующие на измеряемый объект и на сам микрометр. Это может привести как к деформации предмета, так и к повреждению микрометра. Для уменьшения ошибки, связанной с сильным и неодинаковым сжатием измеряемых предметов, рукоятка микрометра снабжена специальной головкой 9 – трещоткой, позволяющей создавать небольшое, соответствующее стандартам, давление на измеряемый объект.

Шкала 6 барабана 7 имеет  $n = 50$  делений. Если шаг винта равен  $h$ , то при повороте барабана на одно деление винт переместится на  $h/n = 0,01$  мм. Величина  $h/n$  называется точностью микрометрического винта. Следовательно, при одном повороте барабана подвижная часть 3 переместится на 0,5 мм, что соответствует появлению риски на верхней части шкалы 5. Для перемещения подвижной части 3 на 1 мм необходимо повернуть барабан 7 два раза.

Перед измерением следует тщательно протереть измерительные поверхности и проверить установку нуля. Измеряемое тело зажимается между неподвижным торцом 2 и подвижным стержнем 3 микрометрического винта.

**Вращение винта следует производить только при помощи трещотки 9.** Затем следует зафиксировать микрометр с помощью винта 4, вынуть измеряемое тело и записать показание микрометра  $L$  с помощью следующей формулы:

$$L = \ell_{\text{ш}} + \delta + \ell_{\text{н}},$$

где  $\ell_{\text{ш}}$  – число целых миллиметров, отсчитанное по шкале 5 (на рис. 4  $\ell_{\text{ш}} = 1$  мм);  $\delta$  принимает значения: ноль, если барабан переместился на расстояние, меньшее 0,5 мм, и 0,5 мм, если барабан переместился на расстояние, большее 0,5 мм (на рис. 4  $\delta = 0,5$  мм);  $\ell_{\text{н}}$  – число делений, отсчитанное по шкале 6 нониуса (на рис. 4  $\ell_{\text{н}} = 0,17$  мм). Таким образом, результат измерения  $L$ , соответствующий рис. 4, равен 1,67 мм.

Иногда шкала микрометра бывает сбита: при соприкосновении стержней 2 и 3 показание микрометра отличается от нуля. В этом случае микрометр нуждается в регулировке. **Регулировку микрометра студентам выполнять не разрешается.** Следует обратиться к преподавателю.

### Порядок выполнения работы

1. Изучить принципы измерения линейных размеров тел с помощью штангенциркуля и микрометра.

2. Штангенциркулем измерить пять раз толщину  $h$  пластинки или диаметр цилиндра (по указанию преподавателя). Результаты измерений записать в столбик 2 табл. 1.

3. Микрометром измерить пять раз диаметр  $d$  проволоки или толщину пластинки (по указанию преподавателя). Результаты измерений записать в столбик 5 табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений штангенциркулем				Результаты измерений микрометром		
№	$h_i$ мм	$h_i - \bar{h}$ мм	$(h_i - \bar{h})^2$ мм	$d_i$ мм	$d_i - \bar{d}$ мм	$(d_i - \bar{d})^2$ мм
1	2	3	4	5	6	7
1						
2						
3						
4						
5						
Среднее значение		—			—	

4. Рассчитать средние значения измеряемых величин (нижняя строка табл. 1), а также случайные отклонения (столбики 3 и 6 табл. 1) и квадраты

отклонений (столбики 4 и 7 табл. 1). Просуммировать результаты вычислений в столбиках 4 и 7 табл. 1.

5. Для доверительной вероятности  $\alpha = 0,90$  рассчитать случайную погрешность  $\Delta h_{\text{сл}}$  и  $\Delta d_{\text{сл}}$ , используя формулу

$$\Delta x_{\text{сл}} = t_{\alpha, n} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (5)$$

Коэффициент Стьюдента  $t_{\alpha, n}$  для данного значения доверительной вероятности и числа измерений  $n = 5$  с помощью табл.1 приложения (с. 94).

6. Оценить инструментальную погрешность ( $\Delta h_{\text{пр}}$  и  $\Delta d_{\text{пр}}$ ) и рассчитать суммарную погрешность с помощью формулы

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_{\text{сл}}^2 + \Delta x_{\text{пр}}^2}. \quad (6)$$

7. Записать результат в соответствии с формулами

$$x = \bar{x} \pm \Delta x, \quad (7)$$

$$E = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100 \%, \quad (8)$$

указав доверительную вероятность.

8. Сделать выводы.

### Контрольные вопросы

1. Что называется измерением? Какие виды измерений вам известны?
2. Перечислите основные характеристики измерений.
3. Что называется систематической погрешностью и чем она обусловлена?
4. Что называется гистограммой? От чего зависит ширина гистограммы: от точности измерительного прибора или от совершенства метода? Ответ обосновать.
5. Как влияет точность измерительного прибора на форму гистограммы? Что называется вероятностью и плотностью вероятности? Как точность метода влияет на ширину доверительного интервала?
6. Изложить методику оценки случайной погрешности при прямых равноточных измерениях.
7. Как оценить и учесть инструментальную погрешность?
8. Изложить методику оценки случайной погрешности косвенных измерений. Привести примеры. Вывести формулу для расчета случайной погрешности (для указанной преподавателем формулы).
9. Что называется промахом? Как выявляют промахи?
10. Как устроен нониус? Изложить методику его расчета.
11. Как устроен штангенциркуль? Изложить методику измерений с помощью штангенциркуля.
12. Как устроен микрометр? Изложить методику измерений с помощью микрометра.