

## Лабораторная работа № 1

### Измерение линейных размеров твёрдых тел и определение объёмов твёрдых тел правильной формы

**Цель работы:** научиться измерять линейные размеры твёрдых тел и определять объём твёрдых тел правильной формы.

**Оборудование:** штангенциркуль, микрометр, образцы для измерения.

### Теоретическая часть

#### Отсчёт долей единицы масштаба

В большинстве приборов используются линейные и угловые (круговые) шкалы. Отсчёт по прибору представляет собой измерение длины отрезков прямой или дуги. Чем больше требуется точность измерений, тем больше должно быть число делений, на которое разбита шкала. С увеличением числа делений их размеры уменьшаются (если, конечно, не увеличиваются размеры прибора), при этом отсчёт становится делать сложнее.

#### Нониус

Нониус<sup>1</sup> – вспомогательная шкала, устанавливаемая на различных измерительных приборах и служащая для более точного определения количества долей делений. Устройство нониусов основано на том, что человеческий глаз очень легко различает, составляют ли два штриха продолжение один другого или же они несколько сдвинуты. Нониусы используются в измерительных приборах, у которых при измерении длины или угла части прибора перемещаются относительно друг друга, например, две губки штангенциркуля. На одной из этих частей нанесена шкала основного масштаба, на другой – нониус, представляющий собой небольшую шкалу, которая передвигается при измерении вдоль основного масштаба.

Представим себе две линейки, сложенные вместе, как показано на рис. 1.1. Пусть цена деления (длина одного деления) верхней линейки равна  $Y$ , а цена деления нижней линейки –  $X$ . Линейки образуют нониус с числом делений  $k$  ( $k$  – целое число), если существует такое целое число  $\gamma$ , при котором

$$kX = (\gamma k \pm 1)Y. \quad (1.1)$$

У линейек, изображённых на рис. 1.1,  $k = 10$ . Верхний знак в формуле (1.1) относится к случаю, когда деления

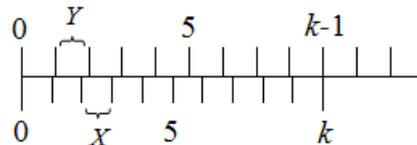


Рис. 1.1

<sup>1</sup> Педру Нуниш (порт. Pedro Nunes; лат. Petrus Nonius) (1502 – 1578) – португальский математик, предложивший подобное устройство в 1542 г.

нижней линейки длиннее делений верхней, то есть когда  $X > Y$ . В противоположном случае следует выбирать нижний знак.

Будем для определённости считать, что  $X > Y$ .

Величина

$$\delta = \gamma Y - X = \gamma Y - \frac{\gamma k - 1}{k} Y = \frac{Y}{k} \quad (1.2)$$

называется точностью нониуса. Таким образом, точность нониуса есть величина, равная отношению цены деления основного масштаба  $Y$  к числу делений нониуса  $k$ . В частности, если  $Y = 1$  мм,  $k = 10$ , то точность нониуса  $\delta = 0,1$  мм.

Часто встречаются нониусы, у которых шкала состоит из 20 делений, а наименьшим делением масштаба является 1 мм. Очевидно, что точность такого нониуса  $\delta = 0,05$  мм.

Начнём постепенно сдвигать нижнюю линейку-нониус вправо. Нулевые деления линейек разойдутся и сначала совпадут первые деления линейек. Это случится при сдвиге  $Y - X$ , равной точности нониуса  $\delta$ . При двойном сдвиге совпадут вторые деления линейек и так далее. Если совпали  $m$ -е деления, можно утверждать, что их нулевые деления сдвинуты на  $m\delta$ .

Высказанные утверждения справедливы в том случае, если сдвиг нижней линейки относительно верхней не превышает одного деления верхней линейки. При сдвиге ровно на деление (или на несколько делений) нулевое деление нижней шкалы совпадает уже не с нулевым, а с первым (или  $n - m$ ) делением верхней линейки. При небольшом дополнительном сдвиге с делением верхней линейки совпадает уже не нулевое, а первое деление нижней и так далее.

Применим нониус для измерения длины тела  $A$  (рис. 1.2). Как видно из рисунка, в нашем случае длина  $L$  тела  $A$  равна

$$L = nY + m\delta, \quad (1.3)$$

где  $n$  – целое число делений верхней шкалы, лежащих слева от нулевого деления нижней линейки, а  $m$  – номер деления нижней линейки, совпадающего с одним из делений верхней шкалы. В том случае, если ни одно из делений нижней шкалы не совпадает в точности с делениями верхней, в качестве  $m$  берут номер деления нижней шкалы, которое ближе других подходит к одному из делений верхней шкалы. Таким образом, размер тела на рис. 1.2 составляет 4,3 единицы длины. Наряду с описанным выше

нониусом используют нониусы, у которых 10 делений нониуса равны 19 делениям основной шкалы (рис. 1.3).

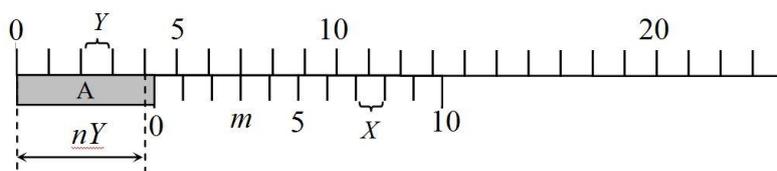


Рис. 1.2

Такая разница сделана только для того, чтобы деления шкалы нониуса были более крупными (удобнее делать отсчёт). При этом на основании (1.1)  $\gamma = 2$ . Если  $Y = 1$  мм, то 10 делений нониуса соответствуют 19 мм, и тогда цена деления нониуса  $X = 1,9$  мм.

Тогда используя формулу (1.2) запишем

$$\delta = \gamma Y - X = 2 \cdot 1 \text{ мм} - 1,9 \text{ мм} = 0,1 \text{ мм}.$$

Кроме того точность нониуса может быть по-прежнему вычислена по формуле  $\delta = \frac{Y}{k}$  и равна 0,1 мм.

**Вывод:** длина отрезка, измеряемая при помощи нониуса, равна числу целых делений основного масштаба плюс точность нониуса,

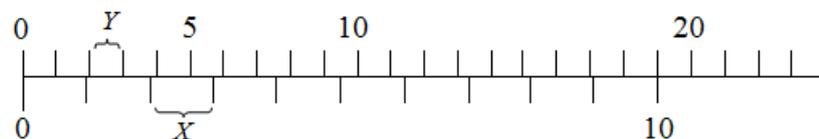


Рис. 1.3

умноженная на номер деления нониуса, совпадающего с некоторым делением основного масштаба.

Аналогичным образом можно строить не только линейные, но и угловые нониусы. Нониусами снабжают штангенциркули, теодолиты и многие другие приборы.

## Штангенциркуль<sup>2</sup>

Штангенциркулем (рис. 1.4) называется прибор, применяющийся для измерения линейных размеров с точностью от 0,1 до 0,02 мм.

Штангенциркуль состоит из линейки (штанги) 1

с миллиметровыми делениями ( $Y = 1$  мм) и подвижной рамки 2 с нониусом 3 и закрепляющим винтом 4. На штанге и рамке имеются губки 5 и 6, которые с внутренней стороны имеют плоские поверхности. При сомкнутых губках отсчёт по нониусу равен нулю.

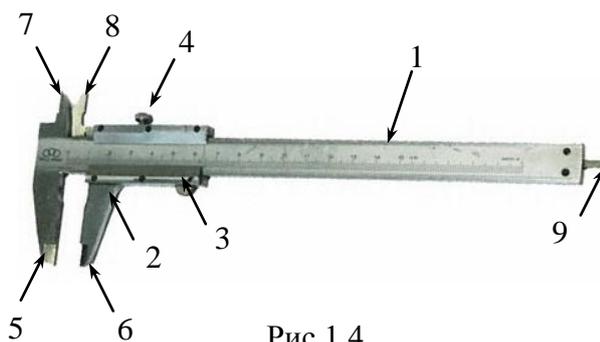


Рис.1.4

<sup>2</sup> От нем. Stangenziinkel, хотя в немецком языке штангенциркулем (Stangenziinkel) называется циркуль для начертания окружностей и дуг больших радиусов. По-немецки штангенциркуль называется Messschieber или Schieblehre – соответственно, «раздвижной измеритель» или «раздвижная линейка». URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D8%F2%E0%ED%E3%E5%ED%F6%E8%F0%EA%F3%EB%FC>.

Для измерения штангенциркуль обычно берут в правую руку, а измеряемый предмет помещают между губками, придерживая его левой рукой, и плотно зажимают между губками. Затем производят отсчёт.

Для измерения внутренних размеров пользуются заострёнными губками 7 и 8, для измерения глубины – глубиномером 9.

Правила отсчёта по нониусу штангенциркуля аналогичны изложенным выше. Отсчёт целых делений (мм) производят по шкале линейки до нуля нониуса, затем отсчитывают по нониусу десятые доли миллиметра, число которых равно номеру деления на нониусе, совпадающему с каким-либо делением масштаба. Например, отсчёт по шкале на рис. 1.5 составит 3,3 мм.

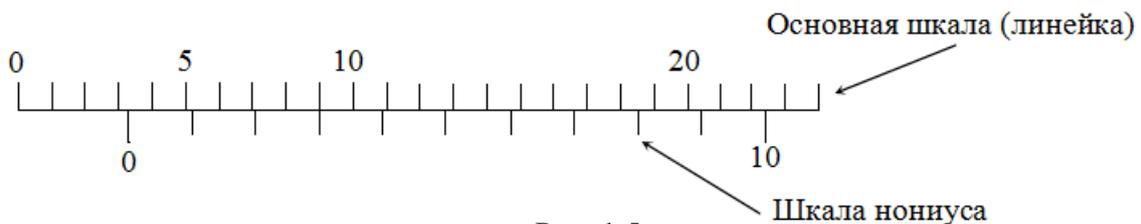


Рис. 1.5

Примеры использования штангенциркуля приведены на рисунках. На рис. 1.6 показан пример измерения внешних размеров штангенциркулем, рис. 1.7 — внутренних размеров, рис. 1.8 — глубины.

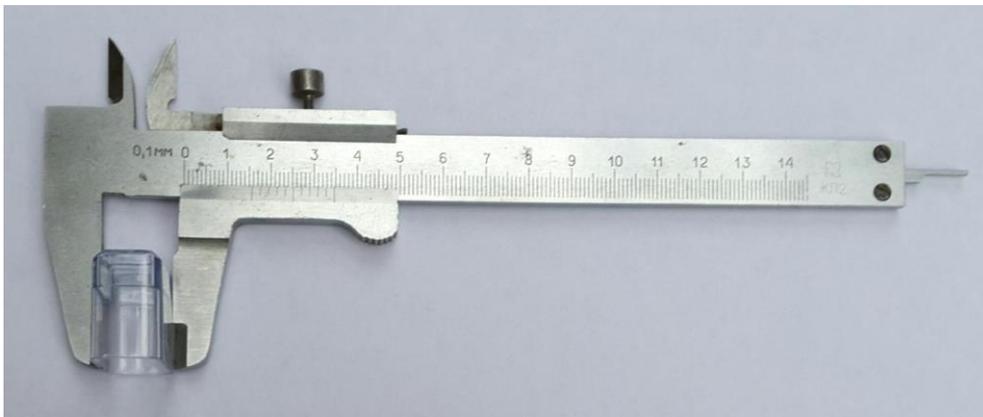


Рис. 1.6

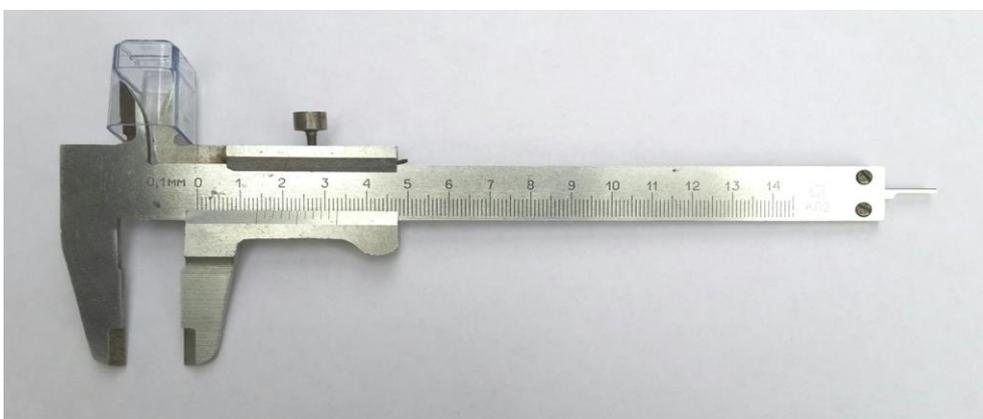


Рис. 1.7

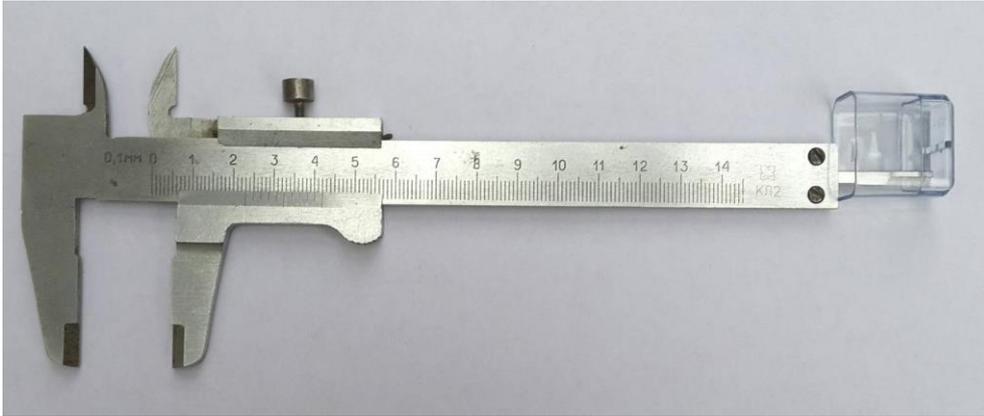


Рис. 1.8

### Микрометр<sup>3</sup>

Основным элементом микрометра является микрометрический винт – винт с малым и очень точно выдержанным шагом.

Микрометр для измерения наружных размеров в пределах от 0 до 25 мм (рис. 1.9) состоит из скобы 1 с пяткой 2 и трубкой-стеблем 3. В трубке имеется внутренняя резьба, в которую ввинчен микрометрический винт 4 с закреплённым на нём барабаном 5. На конце барабана имеется фрикционная головка (трещотка) 6. На скобе расположен стопор микрометрического винта 7.

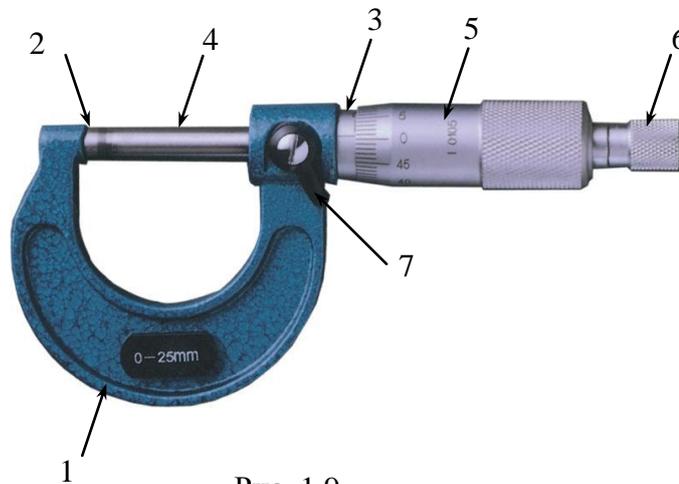


Рис. 1.9

Действие микрометра основано на свойстве винта совершать при его повороте поступательное перемещение, пропорциональное углу поворота.

При измерении предмет зажимают между пяткой и микрометрическим винтом. Для вращения барабана при этом пользуются трещоткой. После того, как достигнута определённая степень нажатия на

<sup>3</sup> URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80\\_\(%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80_(%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82)

предмет (500÷600 г), фрикционная головка начинает проскальзывать, издавая характерный треск. Благодаря этому, зажатый предмет деформируется мало (его размеры не искажаются), и, кроме того, микрометрический винт предохраняется от порчи.

На трубке 3 нанесены деления основной шкалы. Барабан 5 при вращении винта перемещается вдоль трубки. Шаг винта подбирается таким образом, что один полный оборот барабана соответствует его смещению вдоль основной шкалы на длину наименьшего деления. На барабан нанесена добавочная шкала (шкала барабана).

В микрометре, который Вам предстоит использовать, основная шкала имеет цену деления, равную 0,50 мм. При этом часть штрихов, чтобы не загромождать шкалу, располагаются под прямой линией (целые снизу, половины сверху, или наоборот). Шаг микрометрического винта у таких микрометров равен 0,50 мм, а шкала барабана разбивается на 50 делений. Цена деления шкалы барабана равна  $\frac{0,50 \text{ мм}}{50} = 0,01 \text{ мм}$ , как

написано на самом микрометре. При отсчёте на таком микрометре число сотых долей микрометра, отсчитанное по шкале барабана напротив линии на основной шкале, прибавляется к числу миллиметров, отсчитанному по основной шкале.

Перед началом работы с микрометром следует убедиться в его исправности. Для этого вращением фрикционной головки приводят в соприкосновение микрометрический винт с пяткой. Момент соприкосновения определяется по сигналу трещотки. При этом край барабана должен располагаться над нулевым делением основной шкалы, а нуль шкалы барабана — против линии на трубке. Если эти условия не соблюдаются, то во всех дальнейших измерениях следует учитывать систематическую ошибку микрометра, равную тому числу делений барабана, которое соответствует микрометрическому винту, сомкнутому с пяткой. Если это отклонение велико, то микрометр нуждается в регулировке.

**Вращать микрометрический винт следует только за трещотку. Вращать микрометрический винт с усилием запрещается, так как это ведёт к порче прибора.**

Для отсчёта по микрометру сначала определяют число делений, которые видны из-под края барабана на основной шкале, помня, что деления, расположенные сверху и снизу горизонтальной линии на этой шкале, образуют единую шкалу с ценой деления 0,50 мм. Так, например, отсчёт по основной шкале на рис. 1.10 составит 5,50 мм. К этому значению необходимо

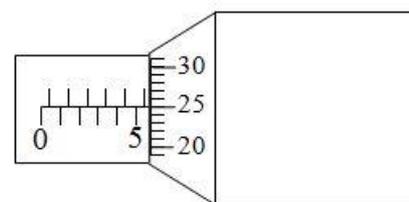


Рис. 1.10

прибавить отсчёт по шкале барабана, который на рис. 1.10 составляет 25 делений. Вспоминая, что цена деления шкалы барабана составляет 0,01 мм, получим отсчёт по шкале барабана  $25 \cdot 0,01 \text{ мм} = 0,25 \text{ мм}$ . Тогда итоговый отсчёт по микрометру составит  $5,50 + 0,25 = 5,75 \text{ мм}$ .

Для случая, изображённого на рис. 1.11, отсчёт по микрометру составит 5,15 мм.

Следует заметить, что, производя измерения микрометром и не имея должного опыта, можно ошибиться на 0,50 мм. Рассмотрим далее этот случай.

Когда отсчёты по шкале барабана близки к 50, но на несколько делений меньше, следующее деление основной шкалы уже показывается из-под края барабана (рис. 1.12). Последнее видимое деление, которое показалось из-под края барабана, соответствует 4,50 мм. Возникает вопрос, следует ли его учитывать? Отсчёт по шкале барабана составляет 46 делений или  $46 \cdot 0,01 = 0,46 \text{ мм}$ . Тогда в сумме отсчёт по микрометру составил бы  $4,50 + 0,46 = 4,96 \text{ мм}$ . Однако это неправильный отсчёт. Разберём почему.

Если барабан повернуть (откручивая микрометрический винт, при этом расстояние между пяткой и винтом увеличится) так, чтобы на его шкале был 0, то отсчёт по основной шкале составит 4,50 мм, то есть получаем абсурд: расстояние увеличилось, а показания микрометра, наоборот, уменьшились с 4,96 мм до 4,50 мм. Следовательно, показавшееся из-под края барабана деление учитывать не нужно. Таким образом, правильный отсчёт по основной шкале составляет 4,00 мм, и тогда отсчёт по микрометру  $4,00 + 0,46 = 4,46 \text{ мм}$ . Сделаем проверку ещё раз: повернём барабан, откручивая микрометрический винт до 0 на его шкале, при этом барабан мы повернули на 4 деления, что составит  $4 \cdot 0,01 = 0,04 \text{ мм}$ , отсчёт по основной шкале при этом 4,50 мм. Таким образом, до поворота барабана мы имели  $4,50 - 0,04 = 4,46 \text{ мм}$ . Теперь всё сходится, следовательно, отсчёт по микрометру произведен правильно.

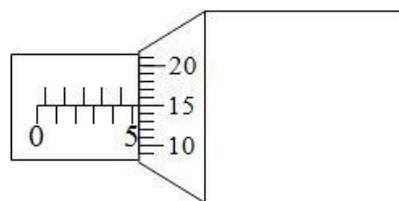


Рис. 1.11

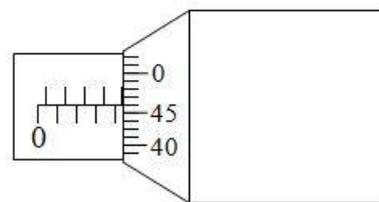


Рис. 1.12

Используя вышесказанное, можно сформулировать следующие правила:

1. если отсчёт по шкале барабана микрометра находится в диапазоне от 25 до 50 делений (говорят ноль **не** прошли), то показавшееся из-под края барабана деление основной шкалы учитывать не нужно (помня при этом, что цена деления основной шкалы составляет 0,50 мм);
2. если отсчёт по шкале барабана микрометра находится в диапазоне от 0 до 25 делений (говорят ноль прошли), то показавшееся из-под края барабана деление основной шкалы необходимо учитывать.

На рис. 1.13 приведён пример использования микрометра.

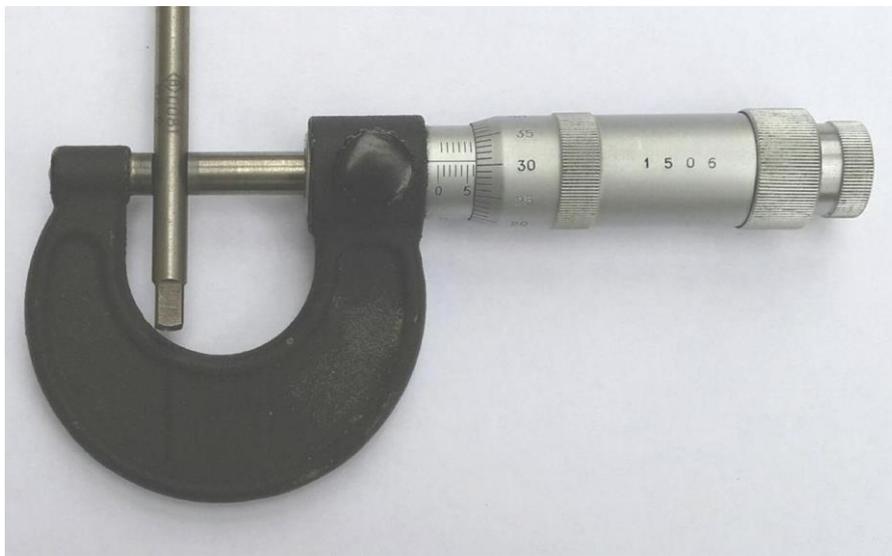


Рис. 1.13

## Экспериментальная часть

### I. Прямое измерение диаметра проволоки штангенциркулем

1. Ознакомьтесь с устройством штангенциркуля.
2. Определите цену деления основной шкалы штангенциркуля, цену деления нониуса и точность нониуса.
3. Измерьте в десяти различных местах диаметр проволоки. Результаты измерений внесите в таблицу 1.
4. Определите среднее значение диаметра проволоки  $\bar{D}$ , значения  $|D_i - \bar{D}|$  и значения  $(D_i - \bar{D})^2$ , внесите их в таблицу 1. Вычислите стандартное выборочное отклонение среднего для диаметра проволоки.
5. Вычислите абсолютную и относительную погрешность диаметра проволоки (значение  $\alpha$  задаёт преподаватель).
6. Запишите ответ.

### II. Прямое измерение диаметра проволоки микрометром

1. Ознакомьтесь с устройством микрометра.
2. Определите его технические параметры: предел измерения, шаг винта, цену деления основной шкалы микрометра, цену деления шкалы барабана микрометра.
3. Измерьте на десяти различных участках диаметр той же проволоки. Результаты измерений внесите в таблицу 2.
4. Выполните пункты 4 – 6 задания I.
5. Сравните результат со значениями, полученными в задании I. Сделайте вывод.

### III. Прямое и косвенное измерение толщины двух пластин<sup>4</sup> с помощью микрометра

1. Измерьте на пяти различных участках толщину каждой пластины  $d$  в отдельности. Сложите пластины стопкой, таким же образом измерьте толщину стопки. Результаты измерений внесите в таблицу 3.
2. Определите  $\bar{d}_1 + \bar{d}_2$ . Определите по аналогии с заданием II значения, необходимые для расчёта абсолютных погрешностей значений толщины каждой из пластин и их стопки, определите относительные погрешности.
3. Запишите ответы. Сравните с учётом погрешности расчётное значение толщины стопки из двух пластин со значением, определённым экспериментально. Сделайте вывод.

---

<sup>4</sup> В качестве пластин можно использовать обычные деревянные или пластмассовые линейки.

#### IV. Косвенное измерение объёма цилиндра с помощью микрометра

1. Объём цилиндра может быть определён по формуле

$$V = \frac{\pi D^2 H}{4},$$

где  $D$  – диаметр основания цилиндра,  $H$  – высота цилиндра, которые определяются прямыми измерениями.

2. Измерьте на десяти различных участках диаметр и высоту. Результат внесите в таблицу 4.
3. Определите среднее значение диаметра  $\bar{D}$  и высоты  $\bar{H}$  и их погрешности. Результаты внесите в таблицу 4.
4. Рассчитайте среднее значение и погрешности объёма цилиндра. Запишите ответ.

#### Контрольные вопросы

1. Какие приспособления называются нониусами, для чего они нужны?
2. Объясните, как определить цену деления, точность нониуса.
3. Расскажите, как производить измерения с помощью штангенциркуля и микрометра.
4. Чему равны погрешности штангенциркуля, микрометра?
5. Объясните, что называют абсолютной, относительной погрешностью.
6. Что называют значащими, верными и неверными цифрами?
7. Что называют стандартной формой записи числа?
8. Как правильно записывать конечный ответ?

#### Литература

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76) "Штангенциркули. Технические условия" [Электронный ресурс]: утв. постановлением Госстандарта СССР от 30 октября 1989 г. № 3253. – Электрон. дан. – Доступ из справочно-правовой системы "Гарант". – Загл. с экрана. URL: [garantf1://3824366.-2147483643/](http://garantf1://3824366.-2147483643/).
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 6507-90 "Микрометры. Технические условия" [Электронный ресурс]: утв. постановлением Госстандарта СССР от 25 января 1990 г. № 86. – Электрон. дан. – Доступ из справочно-правовой системы "Гарант". – Загл. с экрана. URL: [garantf1://3824489.-2147483647/](http://garantf1://3824489.-2147483647/).

**Лабораторная работа № 1. Лист отчёта**  
**Измерение линейных размеров твёрдых тел**  
**и определение объёмов твёрдых тел правильной формы**

Выполнил студент \_\_\_\_\_  
 Факультет \_\_\_\_\_ курс \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_  
 Проверил \_\_\_\_\_  
 Показания сняты \_\_\_\_\_  
 Зачтено \_\_\_\_\_

Погрешности измерительных приборов.  $\alpha =$  \_\_\_\_\_ %

| Измерительный прибор | $\omega$ – цена деления | $\Delta_{\text{окр}}$ – округления | $\Delta_{\text{пр}}$ – приборная | $\Delta_{\text{суб}}$ – субъективная | Единицы измерения |
|----------------------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Штангенциркуль       |                         |                                    |                                  |                                      |                   |
| Микрометр            |                         |                                    |                                  |                                      |                   |

Результаты измерений

**I. Прямое измерение диаметра проволоки штангенциркулем**

Таблица 1

| $i$ | $D_i$ , мм  | $ D_i - \bar{D} $ , мм | $(D_i - \bar{D})^2$ , мм <sup>2</sup> |
|-----|-------------|------------------------|---------------------------------------|
| 1   |             |                        |                                       |
| 2   |             |                        |                                       |
| 3   |             |                        |                                       |
| 4   |             |                        |                                       |
| 5   |             |                        |                                       |
| 6   |             |                        |                                       |
| 7   |             |                        |                                       |
| 8   |             |                        |                                       |
| 9   |             |                        |                                       |
| 10  |             |                        |                                       |
|     | $\bar{D} =$ | $\Delta\bar{D} =$      | $\varepsilon_D =$ %                   |

**II. Прямое измерение диаметра проволоки микрометром**

Таблица 2

| $i$ | $D_i$ , мм  | $ D_i - \bar{D} $ , мм | $(D_i - \bar{D})^2$ , мм <sup>2</sup> |
|-----|-------------|------------------------|---------------------------------------|
| 1   |             |                        |                                       |
| 2   |             |                        |                                       |
| 3   |             |                        |                                       |
| 4   |             |                        |                                       |
| 5   |             |                        |                                       |
| 6   |             |                        |                                       |
| 7   |             |                        |                                       |
| 8   |             |                        |                                       |
| 9   |             |                        |                                       |
| 10  |             |                        |                                       |
|     | $\bar{D} =$ | $\Delta\bar{D} =$      | $\varepsilon_D =$ %                   |

Ответ:

| Величина  | Значение |       | Абсолютная погрешность | Единицы измерения | Относительная погрешность, % |
|-----------|----------|-------|------------------------|-------------------|------------------------------|
| $D_{ш} =$ |          | $\pm$ |                        |                   |                              |
| $D_{м} =$ |          | $\pm$ |                        |                   |                              |

Интервалы сравнений

### III. Прямое и косвенное измерение толщины двух пластин с помощью микрометра

Таблица 3

| $i$                            | $d_{li}, \text{мм}$ | $(d_{1i} - \bar{d}_1)^2, \text{мм}^2$ | $d_{2i}, \text{мм}$ | $(d_{2i} - \bar{d}_2)^2, \text{мм}^2$ | $d_{cti}, \text{мм}$ | $(d_{cti} - \bar{d}_{ct})^2, \text{мм}^2$ |
|--------------------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|---|
| 1                              |                     |                                       |                     |                                       |                      |   |
| 2                              |                     |                                       |                     |                                       |                      |   |
| 3                              |                     |                                       |                     |                                       |                      |   |
| 4                              |                     |                                       |                     |                                       |                      |   |
| 5                              |                     |                                       |                     |                                       |                      |   |
| $\bar{d}_1 =$                  |                     | $\bar{d}_2 =$                         |                     | $\bar{d}_{ct} =$                      |                      |   |
| $\Delta\bar{d}_1 =$            |                     | $\Delta\bar{d}_2 =$                   |                     | $\Delta\bar{d}_{ct} =$                |                      |   |
| $\varepsilon_{d_1} = \quad \%$ |                     | $\varepsilon_{d_2} = \quad \%$        |                     | $\varepsilon_{d_{ct}} = \quad \%$     |                      |   |
| $\bar{d}_1 + \bar{d}_2 =$      |                     | $\Delta(\bar{d}_1 + \bar{d}_2) =$     |                     | $\varepsilon_{(d_1+d_2)} =$           |                      |   |

Формулы для расчёта косвенных измерений

Ответ:

| Величина                  | Значение |       | Абсолютная погрешность | Единицы измерения | Относительная погрешность, % |
|---------------------------|----------|-------|------------------------|-------------------|------------------------------|
| $d_1 =$                   |          | $\pm$ |                        |                   |                              |
| $d_2 =$                   |          | $\pm$ |                        |                   |                              |
| $\bar{d}_1 + \bar{d}_2 =$ |          | $\pm$ |                        |                   |                              |
| $d_{ct} =$                |          | $\pm$ |                        |                   |                              |

Интервалы сравнений

#### IV. Косвенное измерение объёма цилиндра с помощью микрометра

Таблица 4

| $i$                       | $D_i$ , мм | $(D_i - \bar{D})^2$ , мм <sup>2</sup> | $H$ , мм    | $(H_i - \bar{H})^2$ , мм <sup>2</sup> |
|---------------------------|------------|---------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| 1                         |            |                                       |             |                                       |
| 2                         |            |                                       |             |                                       |
| 3                         |            |                                       |             |                                       |
| 4                         |            |                                       |             |                                       |
| 5                         |            |                                       |             |                                       |
| 6                         |            |                                       |             |                                       |
| 7                         |            |                                       |             |                                       |
| 8                         |            |                                       |             |                                       |
| 9                         |            |                                       |             |                                       |
| 10                        |            |                                       |             |                                       |
| $\bar{D} =$               |            | $\Delta\bar{D} =$                     | $\bar{H} =$ |                                       |
| $\varepsilon_{\bar{D}} =$ |            | $\varepsilon_{\bar{H}} =$             |             |                                       |

Формулы для расчёта косвенных измерений

Ответ:

| Величина | Значение |       | Абсолютная погрешность | Единицы измерения | Относительная погрешность, % |
|----------|----------|-------|------------------------|-------------------|------------------------------|
| $D =$    |          | $\pm$ |                        |                   |                              |
| $H =$    |          | $\pm$ |                        |                   |                              |
| $V =$    |          | $\pm$ |                        |                   |                              |