

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра технологии машиностроения

Составитель  
О. Н. Дегтярева

## **ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ**

**Методические указания к практическому занятию № 4  
по дисциплине «Метрология, стандартизация  
и сертификация»**

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности  
23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства  
в качестве электронного издания  
для использования в учебном процессе

Кемерово 2025

Рецензенты:

Кудреватых А. В., кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой эксплуатации автомобилей, председатель учебно-методической комиссии специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Махалов М. С., кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

**Дегтярева Ольга Николаевна**

**Измерение деталей методом непосредственной оценки** : методические указания к практическому занятию № 4 по дисциплине «**Метрология, стандартизация и сертификация**» для студентов специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, Кафедра технологии машиностроения ; составитель О. Н. Дегтярева. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (464 Кб). – Текст : электронный.

В методических указаниях изложен теоретический материал по теме практического занятия. Приведены контрольные вопросы.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация».

© Кузбасский государственный  
технический университет имени  
Т. Ф. Горбачева, 2025  
© Дегтярева О. Н., составление,  
2025

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4**

### **ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ**

#### **1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Целью работы является ознакомление с устройством, работой и назначением штангенциркуля и микрометра, приобретение практических навыков по правильному их использованию.

Содержание работы – измерить при помощи штангенциркуля и микрометра размеры детали, определить отклонения от формы, определить годность детали.

#### **2. ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ**

В лабораторной работе используют следующие приборы и принадлежности:

- штангенциркуль;
- микрометр;
- деталь для измерения.

##### **2.1. Штангенциркуль**

Штангенциркули (ГОСТ 166-89) изготавливают четырех типов:

ШЦ–I – с двухсторонним расположением губок, для наружных и внутренних измерений и с линейкой для измерения глубин и высот;

ШЦ–Т–I – с односторонним расположением губок, оснащенных твердым сплавом, для наружных измерений и с линейкой для измерения глубин;

ШЦ–II – с двухсторонним расположением губок, для наружных и внутренних измерений и для разметки;

ШЦ–III – с односторонним расположением губок, для наружных и внутренних измерений.

### 2.1.1. Устройство штангенциркуля

Штангенциркуль (рис. 1) используют для измерения линейных размеров. Он представляет собой штангу 5, на которой нанесена шкала с ценой деления 1 мм, по штанге 5 передвигается рамка 3 со вспомогательной шкалой – нониусом 7. Штангенциркуль снабжен губками для наружных измерений 8 и для внутренних измерений 1, а также зажимом 2. К рамке 3 прикреплена линейка глубиномера 6 и плоская пружина 4.

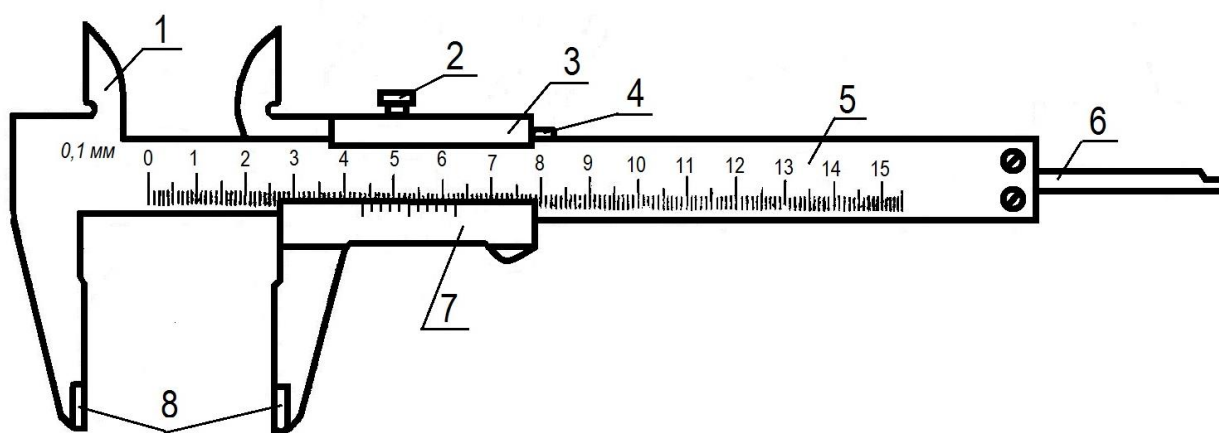


Рис. 1. Штангенциркуль ШЦ–I

При сведенных губках штангенциркуля нулевое деление нониуса должно совпадать с нулевым делением основной шкалы.

Если нулевые деления не совпадают, необходимо внести соответствующую поправку (скорректировать систематическую погрешность).

Для измерения внутренних размеров на концах губок штангенциркулей имеются уступы с цилиндрическими измерительными поверхностями. При полностью сведенных губках расстояние между измерительными поверхностями уступов равно  $d$ , тогда измеряемый размер равен отсчету по штангенциркулю плюс толщина губок  $d$ .

Величина отсчета штангенциркуля (0,1; 0,05; 0,02 мм) достигнута применением нониуса.

*Линейный нониус* – это устройство, состоящее из двух линеек, одна из которых (штанга) обычно разделена на целые

миллиметры, а вторая – собственно нониус – позволяет производить отсчет дробных долей миллиметра.

Величина отсчета по нониусу  $i$ , цена деления основной шкалы  $a$  и число делений нониуса  $n$  находятся в зависимости  $i = a/n$ . Так, у штангенциркуля с ценой деления основной шкалы (штанги)  $a = 1$  мм, для получения  $i = 0,1$  мм, шкала нониуса должна иметь 10 делений ( $n = 10$ ).

Расстояние между соседними штрихами нониуса  $a'$  выбирается из условия:

$$a' = \gamma \cdot a - i, \quad (1)$$

где  $\gamma$  – модуль нониуса;  $a$  – цена деления основной шкалы;  $i$  – величина отсчета по нониусу.

*Модуль нониуса* – количество делений основной шкалы, содержащееся в одном делении нониуса (обычно  $\gamma = 1, 2$ , реже 3).

Если принять  $\gamma = 2$ , то расстояние между штрихами шкалы нониуса с величиной отсчета  $i = 0,1$  мм составит  $a' = 2 \cdot 1 - 0,1 = 1,9$  мм.

При таком построении шкал первый штрих шкалы нониуса отстает от очередного штриха шкалы штанги на величину отсчета  $i$ ; второй штрих – на  $2i$  и  $k$ -й штрих – на  $k \cdot i$ .

Порядок отсчета показаний штангенциркуля по шкалам штанги и нониуса:

– считают число целых миллиметров. Для этого на шкале штанги находят штрих, ближайший слева к нулевому штриху нониуса, и запоминают его числовое значение (на рис. 2 такой штрих штанги имеет численное значение, равное 24 мм);

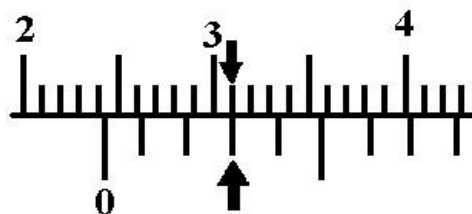


Рис. 2. Показание штангенциркуля 24,3 мм

– считают доли миллиметра. Для этого на шкале нониуса находят штрих, ближайший к нулевому делению и совпадающий со штрихом шкалы штанги (на рис. 2 такой штрих нониуса имеет номер 3), и умножают его порядковый номер на

цену деления (0,1 мм) нониуса;

– подсчитывают полную величину показания штангенциркуля. Для этого складывают число целых миллиметров и долей миллиметра (на рис. 2 полная величина показания равна 24,3 мм).

### 2.1.2. Измерение штангенциркулем

1. Перед измерением штангенциркуль проверяют на точность. Эту проверку производят обычно по совпадению нулевых штрихов штанги и нониуса – при сомкнутых измерительных поверхностях губок штангенциркуля. Нулевые штрихи должны совпадать и между губками не должно быть видимого невооруженным глазом зазора.

2. Освобождают стопорный винт 2 рамки 3 (см. рис. 1) и винт 9 хомутика 6 и раздвигают измерительные губки на величину, несколько большую, чем контролируемый размер.

3. Вводят деталь между измерительными губками штангенциркуля.

4. Прижав деталь к неподвижной губке, перемещают подвижную губку к поверхности детали и стопорят хомутик 6 винтом 9. После этого, вращая гайку 8 микрометрической подачи, зажимают деталь между измерительными поверхностями губок настолько плотно, чтобы покачивание ее стало невозможным и вместе с тем, чтобы она скользила с легким трением между губками. В этом положении рамку 3 стопорят винтом 2, снимают с детали штангенцикуль и считывают размер.

### 2.2. Микрометр

В соответствии с ГОСТ 6507-90 устанавливают следующие типы микрометров:

МК – гладкие для измерения наружных размеров изделий;

МЛ – листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент;

МТ – трубные для измерения толщины стенок труб;

МЗ – зубомерные для контроля длины общей нормали зубчатых колес с модулем от 1 мм;

МГ – микрометрические головки;

МП – микрометр для проволоки.

Пример условного обозначения гладкого микрометра с диапазоном измерения 25–50 мм 1-го класса точности: *Микрометр МК 50–1 ГОСТ 6507-90*.

### 2.2.1. Устройство микрометра

Микрометр гладкий (рис. 3) используют для измерения наружных линейных размеров. Основанием прибора является скоба 1, а преобразующим устройством служит винтовая пара, состоящая из микрометрического винта 3 и микрометрической гайки, укрепленной внутри стебля 5; их часто называют микропарой. В скобу 1 запрессована пятка 2 и стебель 5. Измеряемую деталь охватывают торцевыми измерительными поверхностями микровинта 3 и пятки 2. Барабан 6 присоединен к микровинту 3 корпуса трещотки 7. Чтобы приблизить микровинт 3 к пятке 2, вращают барабан 6 или трещотку 8 по часовой стрелке (от себя), а для обратного движения микровинта (от пятки), барабан вращают против часовой стрелки (на себя). Закрепляют микровинт в требуемом положении стопором 4.

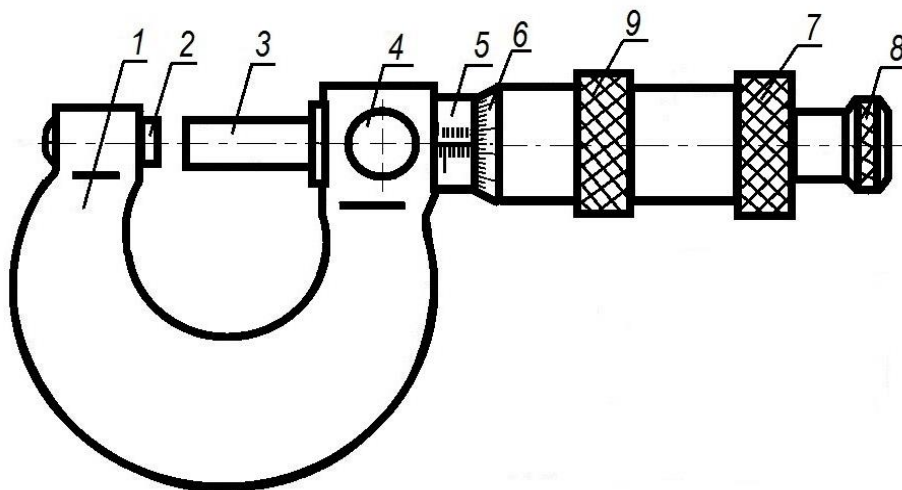


Рис. 3. Микрометр МК

Для ограничения измерительного усилия микрометр снабжен трещоткой. При плотном соприкосновении измерительных поверхностей микрометра с поверхностью измеряемой детали

трещотка начинает проворачиваться с легким треском, при этом вращение микровинта следует прекратить. Результат измерения микрометром отсчитывается как сумма отсчетов по шкале стебля 5 и шкале барабана 6. Следует помнить, что цена деления шкалы стебля равна 0,5 мм, а шкалы барабана – 0,01 мм. Шаг резьбы микропары (микровинт и микрогайка)  $P$  равен 0,5 мм.

На барабане нанесено 50 делений. Если повернуть барабан на одно деление его шкалы, то торец микровинта переместится относительно пятки на 0,01 мм ( $0,5 : 50 = 0,01$  мм).

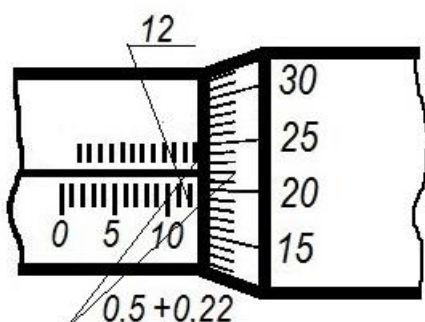


Рис. 4. Показание микрометра 12,72 мм

Показания по шкалам гладкого микрометра отсчитывают в следующем порядке:

- по шкале стебля 5 считывают отметку около штриха, ближайшего к торцу скоса барабана 6 (рис. 4 это значение 12,00 мм);

- по шкале барабана считывают отметку около штриха, ближайшего к продольному штриху стебля (рис. 4 это значение 0,22 мм);

- по верхней шкале стебля 5 считывают отметку штриха 0,5 мм (рис. 4);

- складывают значения и получают показание микрометра 12,72 мм.

### 2.2.2. Установка микрометра на «ноль» и измерение

Перед началом измерений проверяется установка микрометра на ноль. Для микрометра с пределами измерения от 0 до 25 мм проверка производится на нулевом делении, для микрометра с пределами измерения 25–50 мм на делении 25 мм и т. д.

У микрометра с пределами измерений 0–25 мм, осторожно вращая винт за трещотку, приводят в соприкосновение измерительные поверхности торцов микровинта 3 и пятки 2 (рис. 3).

У микрометра с пределами измерения 25–50 мм торцы микровинта и пятки приводят в соприкосновение со специальной цилиндрической установочной мерой.



При соприкосновении скошенный край барабана должен установиться так, чтобы штрих начального деления основной миллиметровой шкалы (0 или 25, или 50 и т. д.) был полностью виден, а нулевое деление шкалы барабана 6 должно остановиться против большого продольного штриха на стебле 5.

Если микрометр установлен неправильно, следует изменить положение барабана 6 на стебле 5. Для этого, закрепив стопорным устройством 4 микровинт, придерживая левой рукой за накатный выступ 9 корпус барабана и вращая правой рукой гайку 7 (являющуюся также корпусом трещотки 8), освобождают корпус барабана. Затем, повернув свободно сидящий на стебле корпус барабана так, чтобы нулевое положение восстановилось, придерживая корпус барабана за накатный выступ 9, снова барабан закрепляют гайкой 7.

Следует иметь в виду, что при затягивании гайки нулевая установка снова может нарушиться, поэтому необходимо снова проверить ее и в случае необходимости исправить. Для проведения измерений отводят измерительную поверхность микровинта путем вращения за трещотку на необходимое расстояние, затем между измерительными поверхностями микровинта и пятки помещают измеряемый объект и, снова вращая микровинт (обязательно за трещотку), зажимают объект между измерительными плоскостями и делают отсчет.

### 3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Проверить нулевую установку штангенциркуля и микрометра (если нужно, микрометр выставить на «ноль»).

3.2. Произвести замеры детали в трех сечениях, перпендикулярных оси изделия; в каждом сечении два замера в двух взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 5). Ступени *A* и *B* измерить штангенциркулем, ступень *C* измерить микрометром.

3.3. Сравнив наибольший и наименьший действительные размеры с предельными размерами детали, дать заключение о ее годности.

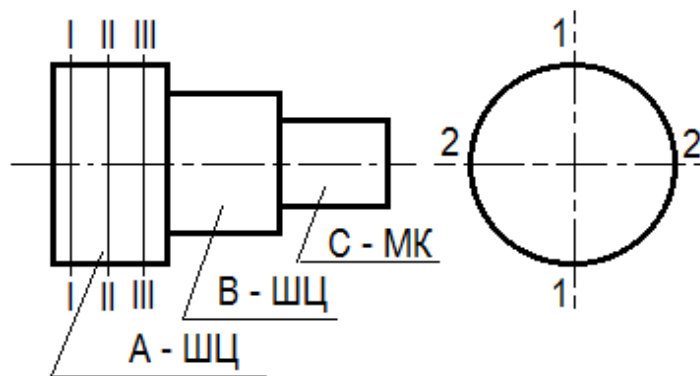


Рис. 5. Схема измерения детали

3.4. По данным измерений для ступени С определить количественную величину погрешности формы используя формулу:

$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}, \quad (2)$$

где  $\Delta$  – величина погрешности;  $d_{\max}$ ,  $d_{\min}$  – наибольшее и наименьшее значения измерений.

а) овальности (рис. 6, а), которые определяют как половина разности между наибольшим и наименьшим взаимно перпендикулярными диаметрами в каждом сечении (I, II, III). Определить для трех сечений ступени и внести в таблицу;

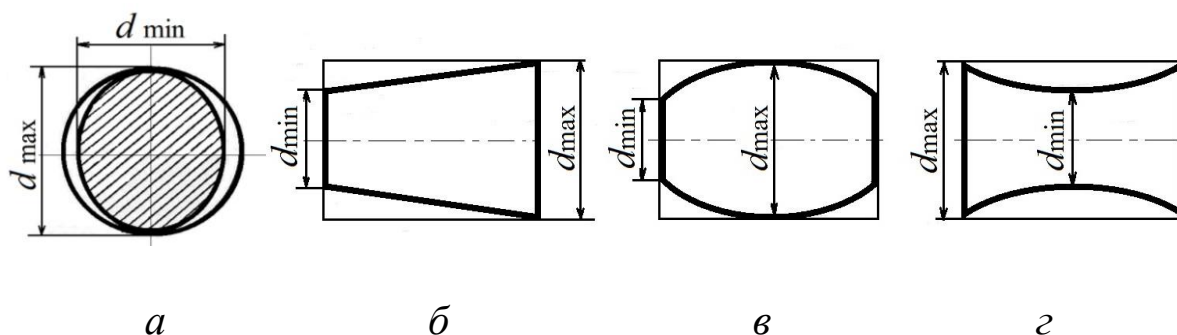


Рис. 6. Частные виды отклонений от формы: а – овальность; б – конусообразность; в – бочкообразность; г – седлообразность

б) отклонений профиля продольного сечения, частными видами которых является конусообразность, бочкообразность и

седлообразность (рис. 6). Определяют как половину разности двух показаний (максимального и минимального), взятых в одном направлении (1–1, 2–2), в разных сечениях (I, II, III);

*Конусообразность* – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рис. 6, б).

*Бочкообразность* – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие не прямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис. 6, в).

*Седлообразность* – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие не прямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (рис. 6, г).

В таблице должно быть два значения, для каждого из направлений. Сначала определить какая конкретно форма отклонения, затем посчитать значение и внести в соответствующую строку таблицы.

#### 4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по практической работе оформить в виде таблицы (приложение 1).

#### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Принцип работы и устройство штангенциркуля?
- 5.2. Принцип работы и устройство микрометра?
- 5.3. Как определить отсчет по шкале приборов?
- 5.3. Виды отклонений продольного и поперечного сечений?
- 5.4. Как определить количественную величину отклонений?

## 6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

6.1. ГОСТ 6507–90. Микрометры. Технические условия : межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 25 января 1990 г. № 86 : дата введения 1991–01–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1990. – 11 с.

6.2. ГОСТ 166–89. Штангенциркули. Технические условия : межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 30 октября 1989 г. № 3253 : дата введения 1991–01–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1997. – 17 с.

## ОТЧЕТ ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 4

### ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ

| Измерительные приборы                                     | Цена деления, мм   | Диапазон измерения, мм | Допустимая погрешность   |                |    |   |     |   |                        |  |  |
|---|--------------------|------------------------|--|----------------|----|---|-----|---|------------------------|--|--|
|   |                    |                        | прибора, мкм   | измерения, мкм |    |   |     |   |                        |  |  |
|   |                    |                        |  |                |    |   |     |   |                        |  |  |
|   |                    |                        |  |                |    |   |     |   |                        |  |  |
| Схема измерения детали                                    |                    |                        |  |                |    |   |     |   |                        |  |  |
|   |                    |                        |  |                |    |   |     |   |                        |  |  |
| Размер по чертежу   | Предельные размеры |                        | Действительные размеры (результаты измерений сечения, перпендикулярного к оси) |                |    |   |     |   | Заключение по годности |  |  |
|   | $d_{\max}$         | $d_{\min}$             | I  |                | II |   | III |   |                        |  |  |
|   |                    |                        | Направления  |                |    |   |     |   |                        |  |  |
|   |                    |                        | 1  | 2              | 1  | 2 | 1   | 2 |                        |  |  |
|   |                    |                        |  |                |    |   |     |   |                        |  |  |
|   |                    |                        |  |                |    |   |     |   |                        |  |  |
|   |                    |                        |  |                |    |   |     |   |                        |  |  |
| Отклонение формы поверхности «С» (измеренной микрометром) |                    |                        |  |                |    |   |     |   |                        |  |  |
| Овальность  |                    |                        | I  |                | II |   | III |   |                        |  |  |
| Конусообразность  |                    |                        | 1  |                |    |   | 2   |   |                        |  |  |
| Бочкообразность   |                    |                        | 1  |                |    |   | 2   |   |                        |  |  |
| Седлообразность   |                    |                        | 1  |                |    |   | 2   |   |                        |  |  |