

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 19.10.2023 15:11:13
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1dehd94fcff35d7

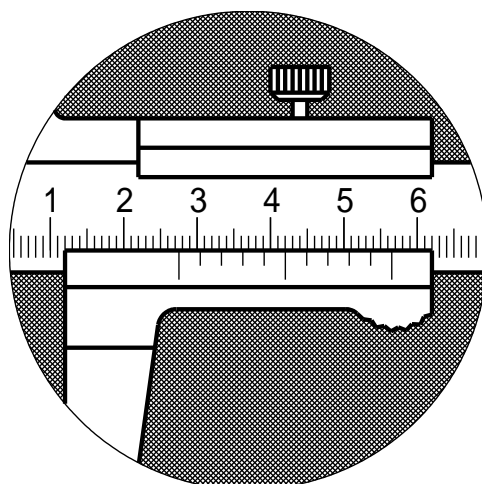
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Рязанский институт (филиал)
Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Механико-технологические дисциплины»

С.А. Атаманов

ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТЫ

Руководство по выполнению лабораторной работы



Рязань
2021

УДК 621.7.08

ББК 30.10

A92

Атаманов, С.А.

A92 Штангенинструменты: руководство по выполнению лабораторной работы / С.А. Атаманов. – Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2021. – 32 с.

Руководство соответствует федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования по направлениям подготовки: 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

Руководство предназначено для самостоятельной подготовки и выполнения студентами лабораторной работы. Для это подробно рассмотрены наиболее важные положения теоретического, методического, практического и справочного характера в области использования многочисленных разновидностей штангенинструмента, являющегося основным и наиболее распространенным универсальным средством измерения в современном машиностроении и приборостроении.

Руководство предназначено для студентов всех форм обучения, изучающих дисциплины «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения» и «Метрология, стандартизация и сертификация», а также для преподавателей, ведущих указанные дисциплины.

Печатается по решению методического совета Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

УДК 621.7.08

ББК 30.10

© Атаманов С.А., 2021

© Рязанский институт (филиал)
Московского политехнического
университета, 2021

Содержание

Введение	4
1 Цель работы	6
2 Техническое оснащение работы	6
3 Задание	6
4 Основные теоретические положения	6
4.1 Штангенинструменты	6
4.2 Отсчёт по нониусу	8
4.3 Штангенциркули	12
4.4 Штангенглубиномеры	16
4.5 Штангенрейсмасы	19
5 Порядок выполнения работы и методические указания	21
6 Содержание отчёта	23
7 Контрольные вопросы	24
Библиографический список	26
Приложение А – Пример оформления отчета по лабораторной работе	28
Приложение Б – Допускаемые погрешности измерения «δ»	30
Приложение В – Предельные погрешности измерения $\pm \Delta_{lim}$ при измерении линейных размеров штангенинструментами	31

Введение

Главная задача современного промышленного производства – обеспечить высокое качество выпускаемой продукции, отвечающей требованиям потребления и конкурентоспособности на мировом рынке.

Важнейшая роль в обеспечении качества промышленной продукции принадлежит метрологическому обеспечению производства, где особое место отводится обоснованному выбору средств измерения и контроля.

Измерение и контроль геометрических величин в таких отраслях как машиностроение, станкостроение, автомобиле- и тракторостроение, приборостроение, электроника и многих других являются основой проверки качества продукции и управления современными технологическими процессами.

Затраты на измерения и контроль только в металлообрабатывающей промышленности составляют от 8 % до 15 % затрат производства, причём от 90 % до 95 % этих затрат относятся к измерению линейных величин. При этом 78 % измерений производится на рабочих местах у технологического оборудования.

Отсюда следует, что обучение владению техникой проведения измерений и контроля должно становиться в вузе неотъемлемой частью учебного процесса, формирующего профессиональную квалификацию и компетенции специалистов, предназначенных для работы в различных отраслях промышленности.

Важным элементом учебного процесса является выполнение лабораторных работ, которое позволяет студентам не только закрепить теоретические знания, но и самостоятельно их применять, хотя бы сначала в рамках решения учебных практико-ориентированных задач. Такой подход к лабораторным работам обязывает индивидуализировать задания и вносить в них элементы, требующие творческого подхода.

Цель настоящего пособия, являющегося подробным руководством для подготовки и выполнения студентами лабораторной работы – ознакомить студентов с основными понятиями, терминами, определениями и приобрести практические навыки в области использования многочисленных разнообразно-

стей штангенинструмента, являющегося основным и наиболее распространенным универсальным средством измерения в современном машиностроении и приборостроении.

В руководстве изложены: цель и техническое оснащение лабораторной работы, задание, основные теоретические положения, порядок выполнения работы и методические указания; приведены контрольные вопросы, содержание, форма и пример оформления отчета с выводами и предложениями, а также справочные материалы из действующих стандартов.

В процессе выполнения лабораторной работы студенты изучают назначение и устройство штангенинструмента, приобретают практические навыки самостоятельного измерения нескольких размеров индивидуальных реальных деталей с целью определения их годности.

Планируемая трудоемкость лабораторной работы составляет четыре академических часа.

1 Цель работы

Изучить назначение и устройство штангенинструмента, а так же приобрести практические навыки измерения размеров различных деталей для определения их годности.

2 Техническое оснащение работы

При выполнении лабораторной работы применяются:

- комплект исходных чертежей различных деталей;
- комплект реальных деталей, соответствующих исходным чертежам;
- штангенциркули ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦ-III и ШЦЦ;
- штангенглубиномеры;
- штангенрейсмасы;
- плиты поверочные (разметочные) размером 250 x 250 мм;
- плакаты по теме лабораторной работы.

3 Задание

Измерить с помощью штангенинструментов на детали заданной преподавателем пять различных размеров. На основании проведённых замеров дать заключение о её годности.

4 Основные теоретические положения

4.1 Штангенинструменты

Штангенинструменты (ШИ) – это наиболее распространенные универсальные средства измерения вследствие простоты их конструкции и низкой стоимости. ШИ широко применяют в машиностроении, приборостроении, ре-

монтажном производстве и слесарной практике для измерения линейных размеров и разметки деталей невысокой точности, обычно от 12 до 17 квалитетов.

Отличительные особенности ШИ – наличие у них штанги и, как правило, наличие двух шкал: основной шкалы и шкалы нониуса¹⁾.

Основная шкала, выполненная на штанге с ценой и длиной деления 1 мм, предназначена для отсчета целого числа миллиметров, а **дополнительная шкала**, называемая *нониусом*, позволяет отсчитывать доли целых делений основной шкалы, т.е. доли миллиметра. Каждое пятое деление основной шкалы на штанге отмечено удлиненным штрихом, а каждое десятое деление – штрихом более длинным, чем пятое, и соответствующим *числом десятков миллиметров*.

К ШИ относят:

- **штангенциркули (ШЦ)**, предназначенные для измерения наружных и внутренних размеров и разметки деталей;
- **штангенглубиномеры (ШГ)**, служащие для измерения глубин пазов, отверстий, а также высот, расстояний до буртиков или выступов;
- **штангенрейсмасы (ШР)**, предназначенные для измерения высот, уступов и разметки размеров деталей на поверочной плите;
- **штангензубомеры**, служащие для измерения толщины зуба зубчатых колес по хорде.

В зависимости от конструкции отсчетного устройства различают ШИ:

- с отсчётом по нониусу;
- с отсчётом по круговой шкале со стрелкой;
- с отсчётом по электронно-цифровой шкале.

Метод измерения штангенинструментами прямой и, как правило, абсолютный. Исключением являются ШИ с электронно-цифровой шкалой, которые позволяют определять размеры как абсолютным, так и относительным методами измерения.

¹ **НОНИУС** [от Nonius – латинизир. имени португ. математика и изобретателя этой шкалы П. Нуниша (P. Nunes; 1492-1577 гг.)]

4.2 Отсчёт по нониусу

Принцип построения нониуса заключается в следующем. На дополнительной шкале откладывают отрезок l , равный целому числу делений основной шкалы, но число делений на шкале нониуса на единицу больше, чем на основной шкале (рисунок 1), т. е.

$$C(n - 1) = b \cdot n, \quad (1)$$

где C – цена (интервал) деления основной шкалы;

b – интервал деления шкалы нониуса;

n – число делений нониуса.

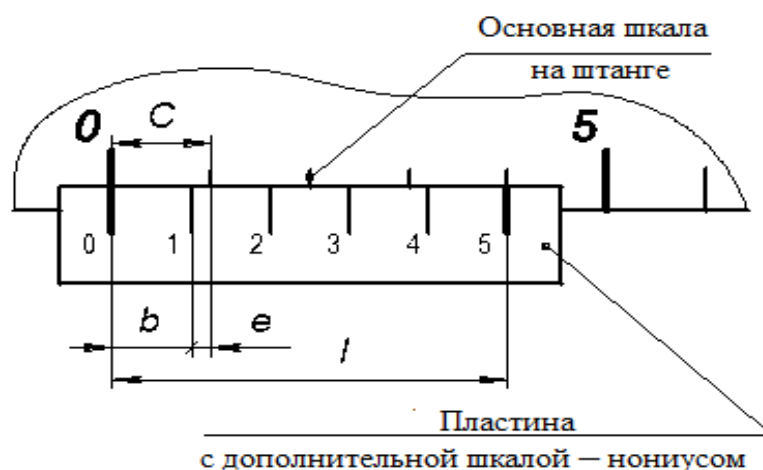


Рисунок 1 – Построение шкалы нониуса

При этом точность отсчёта « e » с применением шкалы нониуса, что соответствует понятию точности инструмента в целом, будет представлять собой разность интервалов делений основной шкалы « C » и шкалы нониуса « b », т. е.

$$e = C - b. \quad (2)$$

Подставив значение « b » из уравнения (2) в уравнение (1), получается

$$C(n - 1) = (C - e) \cdot n,$$

тогда $e = \frac{C}{n}$.

Вывод: точность отсчёта любого нониусного приспособления равна частному от деления цены деления основной шкалы на число делений шкалы нониуса.

Для удобства отсчёта шкалу нониуса, как правило, делают растянутой или модульной, т. е. деление шкалы нониуса принимают не приблизительно равным делению основной шкалы, а в « γ » больше. Величина « γ » называется **модулем шкалы нониуса**, который показывает, через какое число делений миллиметровой шкалы штанги будут располагаться штрихи шкалы нониуса, смещённые на величину отсчёта по нониусу.

В этом случае

$$C(\gamma n - 1) = b \cdot n, \quad (3)$$

$$e = \gamma C - b. \quad (4)$$

Подставляя значение « b » из равенства (4) в уравнение (3), получается

$$C(\gamma n - 1) = (C\gamma - e) \cdot n,$$

и опять $e = \frac{C}{n}$.

Отсюда следует **общий вывод**, что *точность отсчёта ШИ « e » не зависит от модуля « γ », а в любом случае зависит только от цены деления « C » основной шкалы и числа делений « n » нониуса.*

ШИ модулей 1 и 2 выпускаются с точностью отсчёта по нониусу 0,1 и 0,05 мм, шкалы которых представлены в таблице 1. Ранее выпускался штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,02 мм.

ШИ модуля 1 встречаются редко, т.к. шкала нониуса (таблица 1) получается короткой ($l = 9$ и 19 мм) и «плохо читаемой» из-за того, что интервал деления шкалы менее одного миллиметра ($b = 0,9$ и $0,95$ мм). Поэтому более предпочтительными и удобными являются ШИ модуля 2 с растянутой шкалой нониуса.

Растянутый нониус модуля 2 с величиной отсчета 0,1 мм, как видно из таблицы 1, имеет десять делений ($n = 10$) и длину $l = 19$ мм, поэтому одно деление шкалы нониуса составляет $b = l:n = 19:10 = 1,9$ мм и оно короче двух делений основной шкалы на $e = 0,1$ мм;

Таким образом, первый за нулевым штрих шкалы нониуса оказывается смещённым относительно «ближайшего» штриха основной шкалы на штанге на




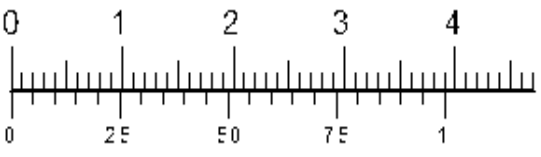
0,1 мм; соответственно второй штрих – на 0,2 мм, третий – на 0,3 мм и т.д., а десятый (последний штрих) – на 1 мм; поэтому десятый штрих шкалы нониуса точно совпадает с девятнадцатым штрихом штанги, что соответствует $l = 19$ мм.

ШИ модуля 2 с отсчётом по нониусу 0,05 мм (таблица 1) имеют длину шкалы $l = 39$ мм, разделённую на 20 частей, т. е. одно деление нониуса $b = l/n = 39 / 20 = 1,95$ мм, что короче на $e = 0,05$ мм двух делений основной шкалы на штанге. Обычно на шкале нониуса с отсчётом 0,05 мм для облегчения и ускорения отсчёта наносят цифры 25, 50, 75 (2, 4, 6, 8), обозначающие сотые (десятые) доли миллиметра.

Измерение размеров деталей с помощью ШИ выполняется путем отсчета показаний по шкалам штанги и нониуса в следующем порядке.

1. Сначала всегда **отсчитывается целое число миллиметров** по основной шкале на штанге слева направо до нулевого штриха нониуса. При этом начало шкалы нониуса – его нулевая отметка (нулевой штрих) – выполняет роль указателя по основной шкале.

Таблица 1 – Шкалы штангенинструментов¹⁾

Модуль шкалы	Точность отсчёта (цена деления) нониуса (e)	
	0,1 мм	0,05 мм
$\gamma = 1$	 <p>Основная шкала</p> <p>Нониус</p> <p>Характеристика нониуса: $C=1$ мм; $e=0,1$ мм; $b=0,9$ мм; $n=10$; $l=9$ мм</p>	 <p>Основная шкала</p> <p>Нониус</p> <p>Характеристика нониуса: $C=1$ мм; $e=0,05$ мм; $b=0,95$ мм; $n=20$; $l=19$ мм</p>
$\gamma = 2$	 <p>Характеристика нониуса: $C=1$ мм; $e=0,1$ мм; $b=1,9$ мм; $n=10$; $l=19$ мм</p>	 <p>Характеристика нониуса: $C=1$ мм; $e=0,05$ мм; $b=1,95$ мм; $n=20$; $l=39$ мм</p>

¹⁾ Принятые обозначения соответствуют рисунку 1 и формулам (1) - (4).

Если при измерении эта отметка точно совпадает с каким-либо штрихом основной шкалы, то определяемый размер равен целому числу миллиметров и отсчитывается по этой шкале до указателя.

Если же нулевая отметка расположена между штрихами основной шкалы, то число целых миллиметров будет равно количеству её целых делений между нулевой отметкой шкалы и указателем, которое запоминают. Изложенное, наглядно поясняется примерами таблицы 2.

2. **Отсчитываются доли миллиметра** – дробная часть размера. Для этого по шкале нониуса находят штрих, точно совпадающий со штрихом основной шкалы на штанге, и умножают его порядковый номер (не считая нулевого) на точность отсчёта нониуса (0,1 или 0,05 мм).

3. **Подсчитывается результат измерения ШИ**, для чего складывают число целых миллиметров и долей миллиметра, как это наглядно представлено примерами в таблице 2.

Таблица 2 – Отсчёт показаний по шкалам ШИ

Отсчёт	Точность отсчёта (цена деления) нониуса	
	0,1 мм	0,05 мм
Целое число	<p>Основная шкала</p> <p>Нониус</p> <p>Совпадающие штрихи шкал $4 \cdot 1 = 4 \text{ мм}$</p>	<p>Основная шкала</p> <p>Нониус</p> <p>Совпадающие штрихи шкал $7 \cdot 1 = 7 \text{ мм}$</p>
Дробное число	<p>Совпадающие штрихи шкал $4 \cdot 1 + 7 \cdot 0,1 = 4,7 \text{ мм}$</p>	<p>Совпадающие штрихи шкал $7 \cdot 1 + 0,75 + 2 \cdot 0,05 = 7,85 \text{ мм}$</p>

Таким образом, для определения размера детали с помощью ШИ необходимо сначала определить целое число миллиметров по основной шкале слева направо до нулевого штриха нониуса и затем прибавить к нему доли миллиметра, полученные умножением цены деления нониуса на порядковый номер штриха нониусной шкалы, совпадающего со штрихом штанги (нулевой штрих нониуса не учитывают).

4.3 Штангенциркули

Штангенциркули выпускают по ГОСТ 166-89 трёх следующих конструктивных типов.

1 **Тип I** – с двусторонним расположением губок (с верхними «острыми» и нижними измерительными губками) и с линейкой глубиномером.

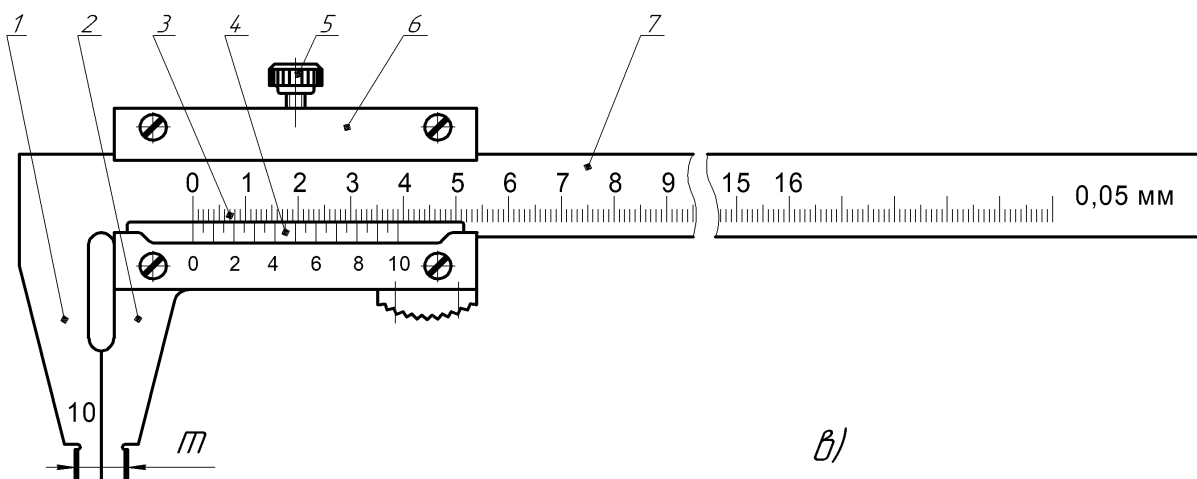
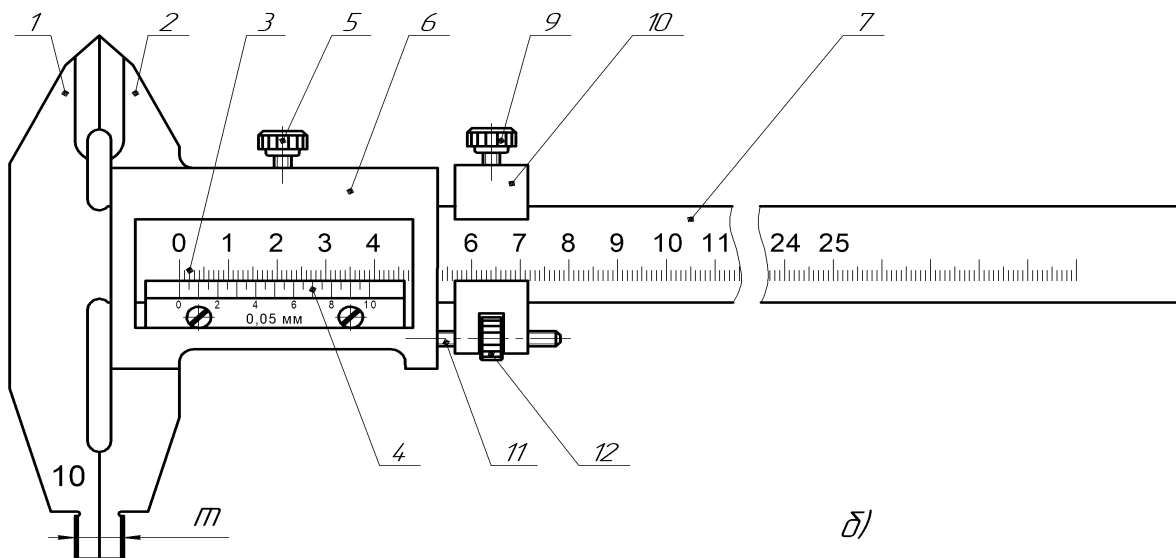
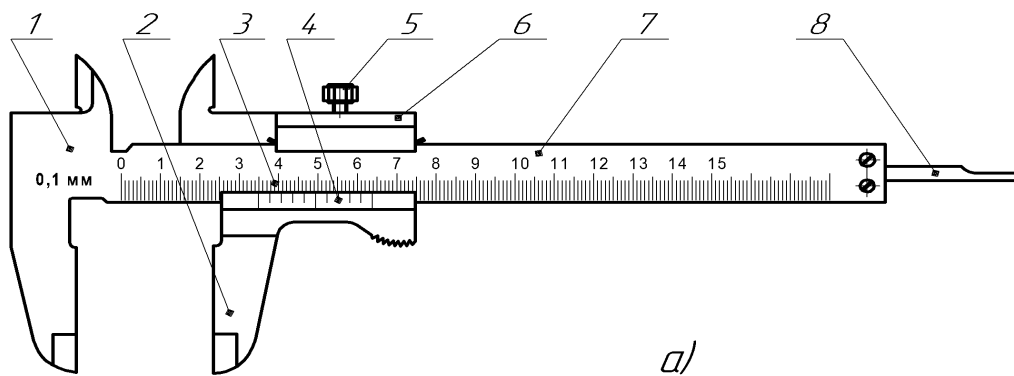
Эти штангенциркули изготавливают с точностью отсчёта по нониусу 0,1; 0,05 мм и пределами измерений: 0-125, 0-150 мм.

Пример обозначения штангенциркуля типа I с диапазоном измерений от 0 до 125 мм и значением отсчёта по нониусу 0,1 мм:

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166.

Штангенциркуль ШЦ-I, представленный на рисунке 2а, состоит из штанги 7 с неподвижной губкой 1, рамки 6 с подвижными губками 2, перемещающейся по штанге, линейки глубиномера 8, соединенной с рамкой, и стопорного винта 5. На штанге нанесена основная шкала 3 с ценой деления 1 мм, а на скосе рамки – дополнительная шкала 4 – нониус, с помощью которой отсчитывают доли миллиметра. Верхние губки предназначены для измерения внутренних размеров, а нижние – наружных.

2 **Тип II** (рисунок 2б) – с двусторонним расположением губок (с верхними «острыми» и нижними измерительными губками), выпускаемый с точностью отсчета 0,1; 0,05 мм и пределами измерений: 0-160, 0-200, 0-250, 0-300, 0-400, 0-500, 250-630, 250-800, 320-1000, 500-1250, 500-1600, 800-2000 мм.



а – тип I; б – тип II; в – тип III; 1 – неподвижные губки; 2 – подвижные губки;
 3 – основная шкала; 4 – нониус; 5 – стопорный винт; 6 – рамка; 7 – штанга; 8 – линейка
 глубиномера; 9 – стопорный винт микрометрической подачи; 10 – рамка микрометрической
 подачи; 11 – винт микрометрической подачи; 12 – гайка микрометрической подачи;
m – общая ширина губок

Рисунок 2 – Типы штангенциркулей

Штангенциркуль ШЦ-II, представленный на рисунке 2б, снабжён рамкой 10 микрометрической подачи, предназначенной для медленного и более точного перемещения (установки) рамки 6 относительно штанги 7. В вырезе рамки 10 микрометрической подачи расположена гайка 12, накрученная на винт 11, закреплённый в нижней части рамки 6. При освобожденном винте 5 и закреплённой рамке 10 на штанге 7 с помощью стопорного винта 9 рамка 6 будет перемещаться плавно по штанге, если вращать гайку 12 микрометрической подачи.

Микрометрическую подачу обычно применяют при разметке или контроле для точной установки на штангенциркуле ШЦ-II размера требуемой величины.

Для разметки служат только верхние «острые» губки, а измерения наружных размеров выполняют верхними и нижними губками. Для измерения внутренних размеров предназначены нижние губки, у которых внешние поверхности имеют цилиндрическую форму, общая ширина « m » которых при сдвинутых губках составляет 10 мм, т. е. $m = 10$ мм.

3 Тип III (рисунок 2в) – с односторонним расположением губок (без верхних «острых» губок), выпускаемый с точностью отсчёта и пределами измерений идентичными штангенциркулям типа II.

Пример обозначения штангенциркуля типа III с диапазоном измерений от 0 до 500 мм и значением отсчёта по нониусу 0,05 мм:

Штангенциркуль ШЦ-III-500-0,05 ГОСТ 166.

Кроме рассмотренных штангенциркулей с отсчётом по нониусу отечественная инструментальная промышленность выпускает:

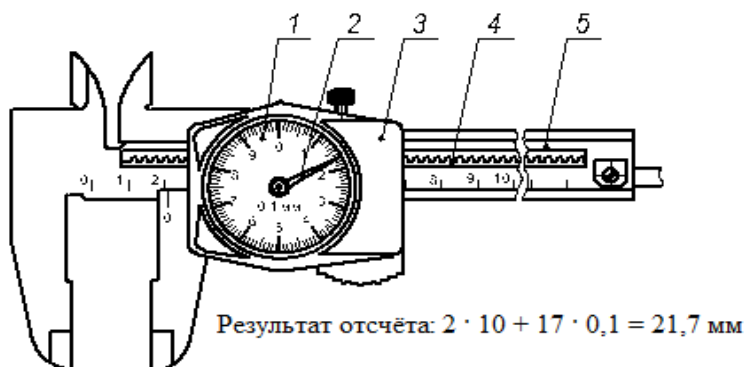
1. Штангенциркули с отсчётом по круговой шкале (рисунок 3) с ценой деления основной шкалы на штанге 10 мм, с ценой деления круговой шкалы 0,1; 0,05 или 0,02 мм и пределами измерений: 0-125, 0-150, 0-200, 0-300 мм.

Пример обозначения штангенциркуля типа I с диапазоном измерений от 0 до 150 мм и с отсчётом по круговой шкале 0,02 мм:

Штангенциркуль ШЦК-I-150-0,02 ГОСТ 166

Принцип действия такого штангенциркуля сводится к преобразованию

поступательного перемещения рамки 3 (рисунок 3) относительно штанги 5 во вращательное движение стрелки 2, размещенной над круговой шкалой 1. Преобразование осуществляется с помощью зубчато-реечной передачи 4.



1 – шкала круговая; 2 – стрелка; 3 – рамка; 4 – зубчатая рейка; 5 – штанга
Рисунок 3 – Штангенциркуль с отсчётом по круговой шкале

2. Штангенциркули с отсчётом по электронно-цифровой шкале (рисунок 4) с шагом дискретности цифрового отсчётного устройства 0,01 мм и пределами измерений: 0-150, 0-200, 0-300, 0-500, 0-600, 0-800, 0-1000, 0-1500, 0-2000 мм.

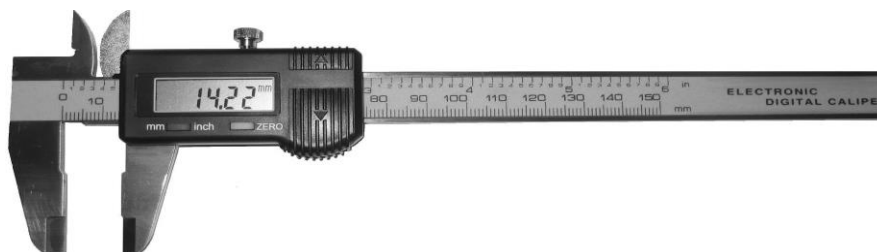


Рисунок 4 – Штангенциркуль с отсчётом по электронно-цифровой шкале

Пример обозначения штангенциркуля с цифровым отсчётным устройством типа I с диапазоном измерений от 0 до 150 мм и шагом дискретности 0,01 мм:

Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166.

Последняя конструкция штангенциркуля значительно упрощает, ускоряет и менее утомляет пользователя, чем традиционный отсчёт по нониусу.

Перед измерением необходимо убедиться в исправности штангенциркуля. Не допускаются забоины, заусенцы и следы ржавчины на измерительных поверхностях губок. Если стопорный винт закреплен, рамка не должна качать-

ся. Сдвинув губки, надо убедиться, что между ними нет просвета, видимого на глаз, и нулевой штрих нониуса совпадает с нулевым штрихом основной шкалы.

При измерении незакреплённой детали *левая рука* должна находиться за губками и захватывать деталь недалеко от губок; *правой рукой* поддерживают штангу, при этом большим пальцем этой руки перемещают рамку до соприкосновения с проверяемой поверхностью, не допуская перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия.

Нормальное измерительное усилие достигается лёгким контактированием при перемещении проверяемых поверхностей детали относительно измерительных поверхностей инструмента, как это показано на рисунке 5. Потом с помощью стопорного винта закрепляют рамку на штанге, освобождают штангенциркуль от контакта с деталью и считывают полученный результат.

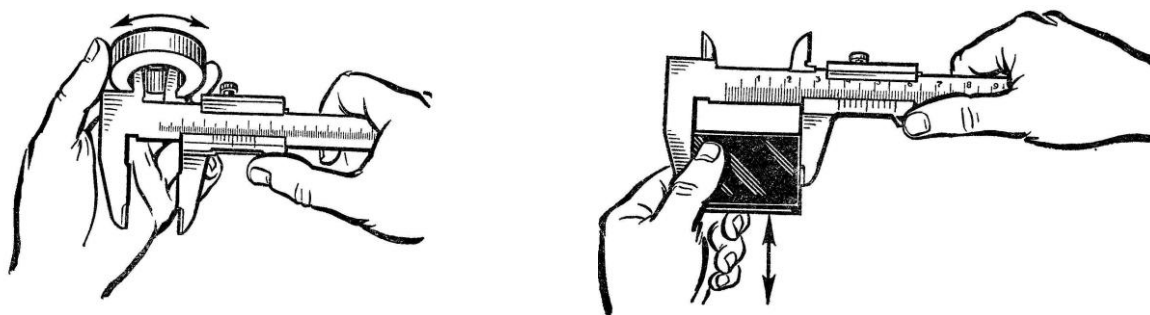


Рисунок 5 – Нормальное измерительное усилие

При измерении внутренних размеров штангенциркулями типа II и III к показаниям инструмента прибавляют общую ширину губок «*m*» (рисунок 2), указанную на них. Примеры измерения различных размеров деталей представлены рисунками 6 и 7.

4.4 Штангенглубиномеры

Штангенглубиномеры выпускаются по ГОСТ 162-90 двух видов.

1. **С отсчётом по нониусу** (рисунок 8а) с точностью отсчёта 0,1 мм; 0,05 мм и пределами измерений: 0-160, 0-200, 0-250, 0-300, 0-400 мм.

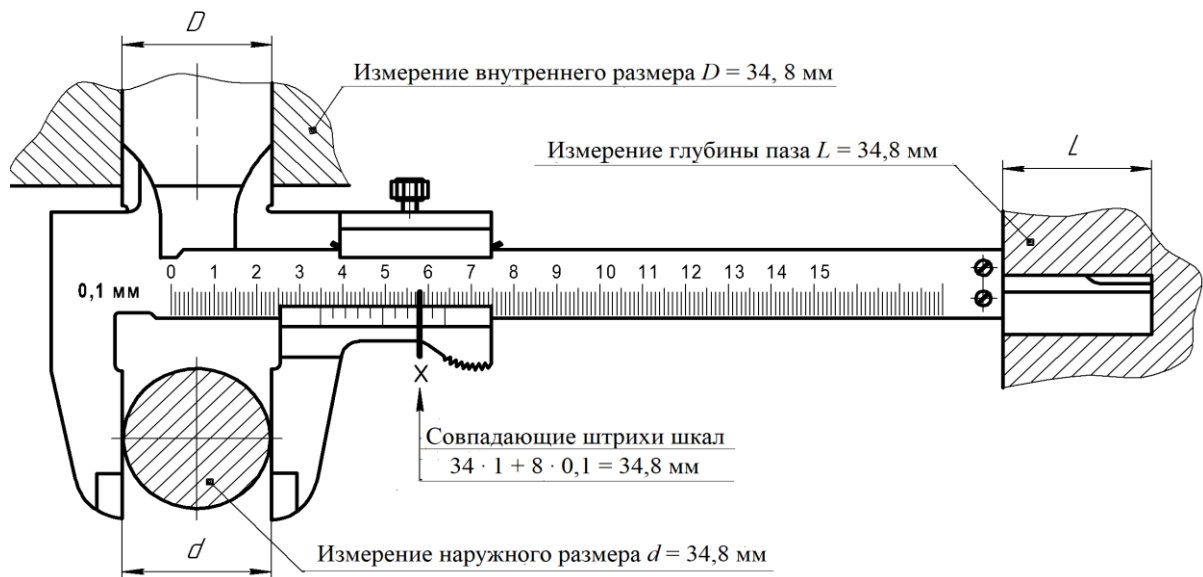


Рисунок 6 – Измерение размеров деталей штангенциркулем типа I

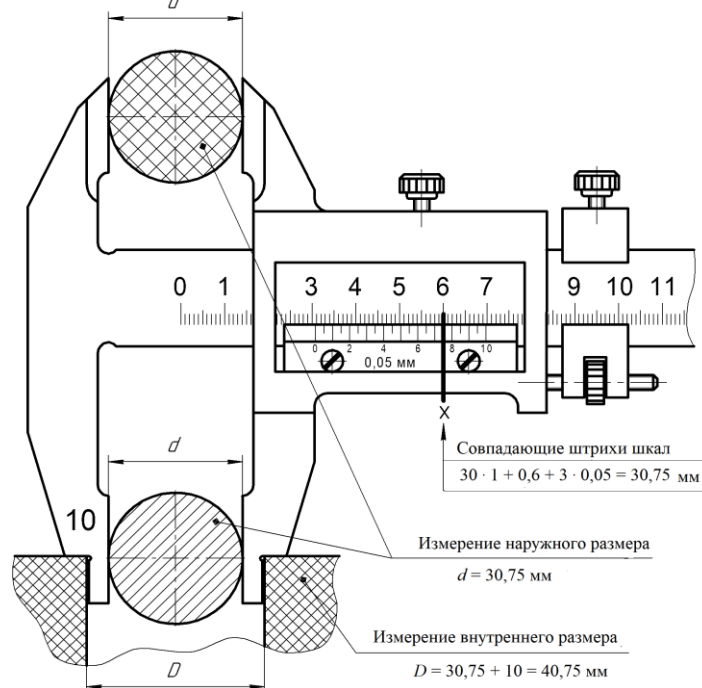


Рисунок 7 – Измерение размеров деталей штангенциркулем типа II

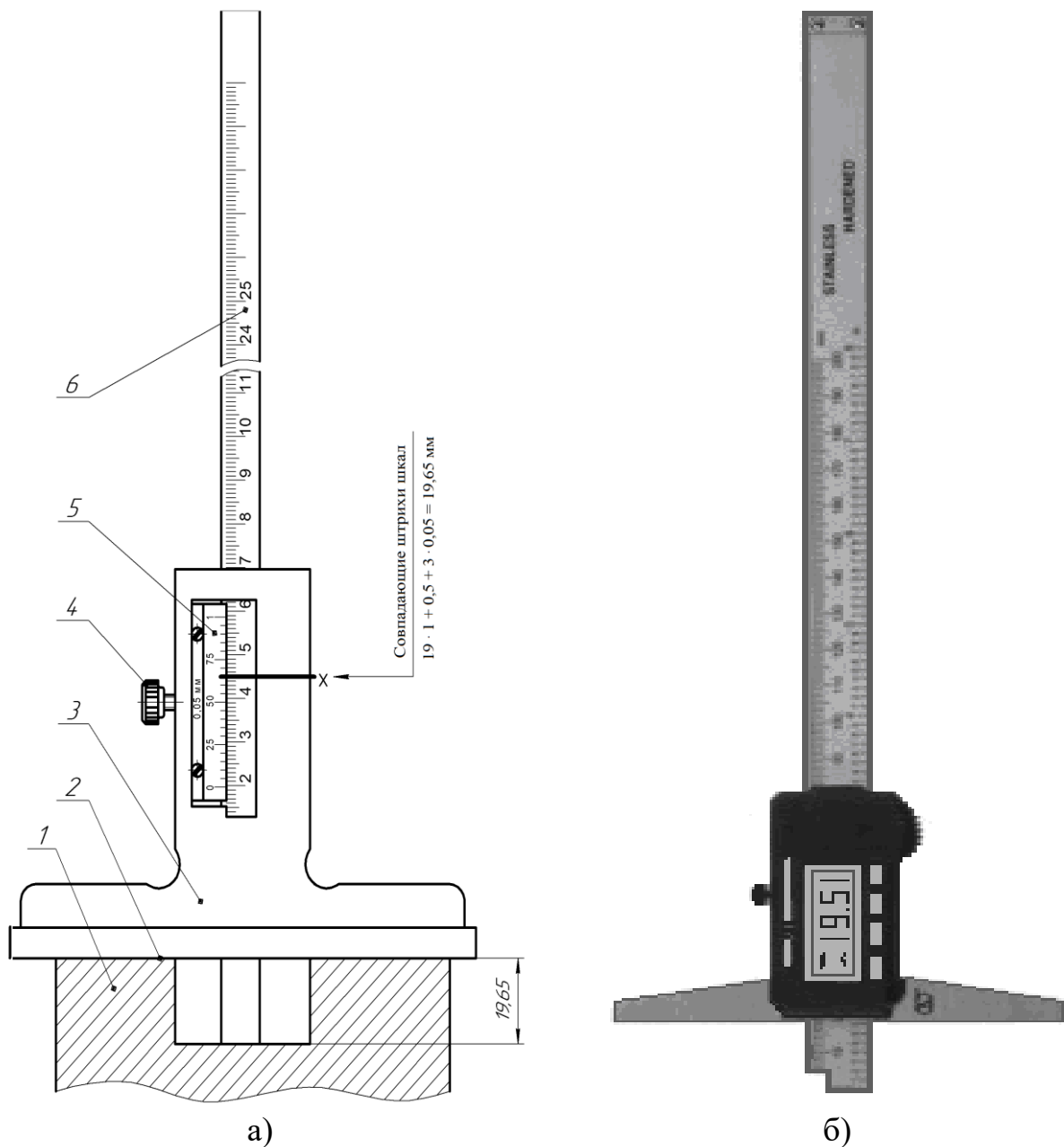
Пример обозначения штангенглубиномера с пределами измерений от 0 до 160 мм и величиной отсчёта 0,05 мм:

Штангенглубиномер ШГ 160-0,05 ГОСТ 162.

Штангенглубиномер, как видно из рисунка 8а, отличается от штангенциркуля тем, что не имеет на штанге неподвижных губок, а подвижные конструктивно оформлены в виде опорного основания 3, выполненного за одно целое с рамкой 6, на которой крепятся нониус 5 и стопорный винт 4. Штанга 7 с

основной шкалой перемещается в рамке перпендикулярно основанию.

Измерительные поверхности штангенглубиномера – нижний торец 8 штанги и нижняя плоскость 2 основания 3. При измерении основание 3 накладывают измерительной поверхностью 2 на плоскость измеряемой детали 1, а затем, ослабив стопорный винт 4, продвигают штангу 7 вниз до тех пор, пока она не коснется своим торцом 8 плоскости («дна») измеряемой детали. В этом положении рамку 6 закрепляют стопорным винтом 4 и считывают результат измерения.



а – с отсчётом по нониусу; б – с отсчётом по электронно-цифровой шкале; 1 – измеряемая деталь; 2 – измерительная поверхность основания; 3 – основание; 4 – стопорный винт; 5 – нониус; 6 – рамка; 7 – штанга; 8 – измерительная поверхность штанги

Рисунок 8 – Штангенглубиномеры

Измерительные поверхности штангенглубиномера – нижний торец 8 штанги и нижняя плоскость 2 основания 3. При измерении основание 3 накладывают измерительной поверхностью 2 на плоскость измеряемой детали 1, а затем, ослабив стопорный винт 4, продвигают штангу 7 вниз до тех пор, пока она не коснется своим торцом 8 плоскости («дна») измеряемой детали. В этом положении рамку 6 закрепляют стопорным винтом 4 и считывают результат измерения.

2. С отсчётом по электронно-цифровой шкале (рисунок 8б) с шагом дискретности цифрового отсчётного устройства 0,01 мм и пределами измерений: 0-200, 0-300, 0-500 мм.

Пример обозначения штангенглубиномера с электронным цифровым отсчётным устройством с пределами измерений от 0 до 200 мм и шагом дискретности 0,01 мм:

Штангенглубиномер ШГЦ 0-200-0,01 ГОСТ 162.

4.5 Штангенрейсмасы

Штангенрейсмасы выпускаются по ГОСТ 164-90 двух видов:

1. С отсчётом по нониусу (рисунок 9а) с точностью отсчёта 0,05 мм и пределами измерений: 0-200, 0-250, 0-300, 0-400, 0-500, 0-630, 100-1000, 600-1600, 1500-2500 мм.

Пример обозначения штангенрейсмаса с пределами измерений от 0 до 250 мм и величиной отсчёта 0,05 мм:

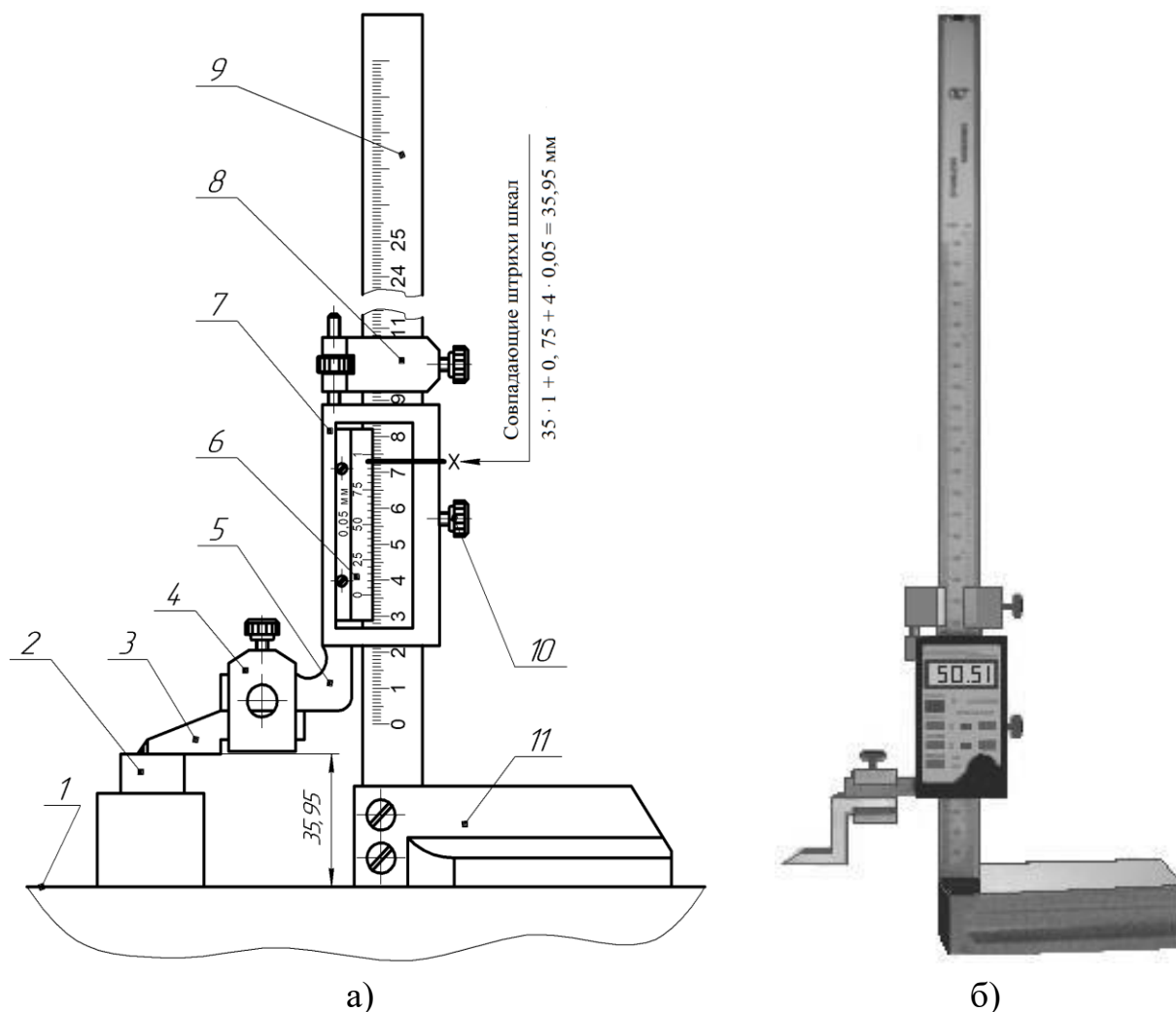
Штангенрейсмас ШР-250-0,05 ГОСТ 164.

Штангенрейсмас, как следует из рисунка 9а, отличается от штангенглубиномера наличием массивного основания 11, на котором вертикально и неподвижно закреплена штанга 9 с основной шкалой. По штанге перемещается рамка 7 со шкалой нониуса 6, стопорным винтом 10 и механизмом микрометрической подачи 8, который по конструкции аналогичен штангенциркулю ШЦ-П.

За одно целое с рамкой 7 выполнена подвижная губка 5 штангенрейсмаса, на которую с помощью хомутика 4 и стопорного винта присоединяют

разметочную ножку 3 или при необходимости измерительную ножку (на рисунке 9а не показана).

Измерительные ножки, как правило, имеют две измерительные поверхности, из которых верхняя предназначена для измерения внутренних размеров, а нижняя – наружных. При измерении внутренних размеров к результату отсчёта по шкалам штангенрейсмаса прибавляют высоту измерительной ножки.



а – с отсчётом по нониусу; б – с отсчётом по электронно-цифровой шкале;
 1 – плита поверочная; 2 – измеряемая деталь; 3 – разметочная ножка; 4 – хомутик; 5 – подвижная губка; 6 – нониус; 7 – рамка; 8 – рамка микрометрической подачи; 9 – штанга;
 10 – стопорный винт; 11 – основание
 Рисунок 9 – Штангенрейсмасы

При измерении наружных размеров можно пользоваться и разметочной ножкой 3, как это показано на рисунке 9а при определении высоты измеряемой детали 2. Измерения и разметку деталей проводят на поверочной плите 1, на которую устанавливают штангенрейсмас и измеряемую деталь 2.

Перед разметкой детали, подлежащие разметке поверхности, обычно покрывают раствором мела в воде с добавлением клея. Штангенрейсмас устанавливают (настраивают) на требуемый размер по нижней поверхности разметочной ножки, после чего, перемещая штангенрейсмас по плите 1 вдоль размечаемой поверхности, остриём разметочной ножки наносят горизонтальные линии.

2. С отчётом по электронно-цифровой шкале (рисунок 9б) с шагом дискретности цифрового отсчётного устройства 0,01 мм и пределами измерений: 0-200, 0-300, 0-500 мм.

Пример обозначения цифрового штангенрейсмаса с пределами измерений от 0 до 500 мм и шагом дискретности 0,01 мм:

Штангенрейсмас ШРЦ 0-500-0,01 ГОСТ 164.

5 Порядок выполнения работы и методические указания

1. *Изучить по настоящему руководству цель работы, задание и основные теоретические положения.*

Особое внимание уделить:

- назначению и общей характеристике штангенинструментов;
- построению шкалы нониуса и отсчету показаний по шкалам штангенинструмента, изложенным в разделе 4.2;
- устройству штангенциркулей и процессу измерения различных размеров деталей.

2. *Получить у преподавателя техническое оснащение, необходимое для выполнения лабораторной работы.*

3. *Подготовить предварительный отчёт по лабораторной работе, который по аналогии с приложением А должен содержать следующие данные:*

- наименование лабораторной работы;
- конкретизированное задание на выполнение работы;

- эскиз заданной детали с указанием ее номера (шифра);
- таблица 1 – Результаты измерения детали штангенинструментом;
- таблица 2 – Метрологические показатели штангенинструмента, применяемого при измерении детали.

4. *Выбрать* по чертежу или эскизу детали *пять* любых *размеров*, намеченных для измерения, и записать их обозначения в таблицу 1.

5. Для каждого из намеченных для измерения размеров детали *определить и записать* в таблицу 1:

- величину допуска в микрометрах, равную абсолютной величине алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями размера;
- значение допускаемой погрешности измерения « δ », выбираемой по приложению Б;
- обозначение выбранного инструмента, при выборе которого *должно соблюдаться условие*

$$\Delta_{lim} \leq \delta,$$

где Δ_{lim} – предельная погрешность инструмента, выбираемая по приложению В;

Рекомендуется предпочтение в первую очередь отдавать инструменту с точностью отсчёта 0,1 мм, как наиболее дешёвому и распространённому.

- величину предельной погрешности выбранного инструмента;
- значения предельных размеров – наибольшего и наименьшего допустимого размера детали в миллиметрах.

6. *Определить измерением величину действительного размера* детали и результат записать в таблицу 1.

7. Записать в таблицу 1 *заключение о годности каждого измеренного размера детали*, учитывая, что размер признается годным, если соблюдается условие

$$D_{\min}(d_{\min}) \leq D_d(d_d) \leq D_{\max}(d_{\max}),$$

где $D_d(d_d)$ – действительный размер отверстия (вала);

$D_{\min}(d_{\min})$ и $D_{\max}(d_{\max})$ – наименьший и наибольший предельные размеры отверстия (вала).

Если указанное условие не соблюдается, то размер признается бракованным. Различают брак исправимый и неисправимый.

8. *Заполнить* таблицу 2, занося туда основные метрологические показатели каждого штангенинструмента, который применялся при измерении.

9. *Проанализировать результаты* измерения детали и дать заключение о её годности в виде вывода по выполненной работе.

Деталь признаётся годной, если все её размеры вписываются в установленные границы соответствующих допусков. В противном случае – деталь считается бракованной. При наличии брака его необходимо обоснованно конкретизировать – на каких размерах и почему «брак исправимый» или «брак неисправимый».

10. *Привести рабочее место и инструмент в порядок*, сдав преподавателю полученное техническое и методическое обеспечение.

11. *Отчёт о выполненной работе представить* преподавателю для защиты.

6 Содержание отчёта

Отчёт по лабораторной работе должен содержать следующие данные:

- 1) наименование работы;
- 2) задание на выполнение работы;
- 3) эскиз заданной детали;
- 4) результаты измерения детали;
- 5) метрологическую характеристику применяемого инструмента;
- 6) выводы, вытекающие из анализа результатов измерения детали.

Пример оформления отчёта по лабораторной работе представлен в приложении А.

7 Контрольные вопросы

1. Почему штангенинструменты являются наиболее распространенными средствами измерения?
2. Почему штангенинструменты относят к числу универсальных средств измерения?
3. Где и с какой целью применяют штангенинструменты?
4. Что можно отнести к отличительным особенностям штангенинструментов?
5. Для чего предназначена и где располагается основная шкала штангенинструментов?
6. Для чего предназначена, где располагается и как называется дополнительная шкала штангенинструментов?
7. Какие инструменты относят к группе штангенинструментов?
8. Какие методы измерения реализуют штангенинструменты?
9. В чем заключается принцип построения нониуса?
10. Что понимают под модулем шкалы нониуса?
11. Какие недостатки присущи шкале нониуса модуля 1?
12. Какие достоинства присущи шкале нониуса модуля 2?
13. От чего зависит точность отсчета любого нониусного приспособления?
14. Почему точность отсчета любого нониусного приспособления не зависит от модуля шкалы нониуса?
15. Какой нониус называют растянутым и почему?
16. Что понимают под точностью инструмента в целом?
17. Что представляет собой точность отсчета штангенинструмента?
18. Как определяется интервал деления шкалы нониуса?
19. Как отсчитывается целое число миллиметров при измерении размеров штангенинструментами?
20. Как отсчитываются доли миллиметра при измерении размеров штангенинструментами?
21. Как определяется результат измерения размеров штангенинструментом?
22. Для чего предназначены штангенциркули (штангенглубиномеры,

штангенрейсмасы)?

23. Какие конструктивные типы штангенциркулей вам известны?

24. В чем заключается конструктивная особенность штангенциркулей типа I?

25. Какие размеры можно измерить штангенциркулями типа I?

26. Как обозначают штангенциркули типа I?

27. В чем заключается конструктивная особенность штангенциркулей типа II (типа III)?

28. Какие размеры можно измерить штангенциркулями типа II (типа III)?

29. Для чего применяются «острые» губки штангенциркуля?

30. Как обозначают штангенциркули типа II (типа III)?

31. Поясните устройство штангенциркулей.

32. Для чего предназначена рамка микрометрической подачи у штангенинструментов?

33. В чем заключается особенность измерения внутренних размеров штангенциркулями типа II (типа III)?

34. Какие виды штангенинструментов различают в зависимости от конструкции отсчетного устройства?

35. Как убедиться в исправности штангенциркуля?

36. Какие требования необходимо соблюдать при измерении штангенциркулями?

37. Как достигается нормальное измерительное усилие при измерении штангенциркулями?

38. Чем конструктивно отличается штангенглубиномер от штангенциркуля?

39. Какие поверхности штангенглубиномера являются измерительными?

40. Как выполняют измерения штангенглубиномером?

41. Чем конструктивно отличается штангенглубиномер от штангенрейсмаса?

42. Как выполняют измерения штангенрейсмасом?

43. Как выполняют разметку деталей штангенрейсмасом?

44. Какие показатели определяют основную метрологическую характеристику штангенинструментов?

45. Как выбирается конкретный штангенинструмент в зависимости от

точности измеряемого размера?

46. Как определяется годность измеренного размера детали?
47. В чем заключается условие годности размера детали?
48. В чем заключается условие годности измеренной детали?
49. От чего зависит допускаемая погрешность измерения размера?
50. От чего зависит предельная погрешность инструмента?

Библиографический список

1. Атаманов, С. А. Выбор средств измерения и контроля размеров в машиностроении. Учебное пособие для студентов всех форм обучения по специальности 151001 «Технология машиностроения» / С. А. Атаманов, В. Ф. Гнидо, И. Г. Панков. – Рязань; РИ (ф) МГОУ, 2012. – 135 с.

2. Допуски и посадки. Учебно-методическое справочное пособие по курсовому и дипломному проектированию для студентов инженерно-технических специальностей / С. А. Атаманов [и др.]; – Рязань; РИ (ф) МГОУ, 2011. – 169 с.

3. Серый, И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник. – 2-е издание, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 367 с.

4. Иванов, А.И Основы взаимозаменяемости и технические измерения: учебник. – М.: «Колос», 1975. – 496 с.

5. Иванов, А.И. Контрольно-измерительные приборы в сельском хозяйстве: Справочник / А.И. Иванов, А.А. Куликов, Б.С. Третьяков. – М.: «Колос», 1984. – 352 с.

6. Белкин, И.М. Средства линейно-угловых измерений: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.

5. Берков, В. И. Технические измерения (альбом): Учебное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1983. – 144 с.

7. Захаров, В.Н. Взаимозаменяемость, качество продукции и контроль в машиностроении: Учебник. – Л.: Лениздат, 1990. – 302 с.

8. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник

для вузов / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов. – М.: Высш. шк., 2004. – 767 с.

9. ОАО «Калибр» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kalibr-moskva.ru/>.

10. ООО НПП «Челябинский инструментальный завод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tdchiz.ru/>.

11. Торговый Дом «Челябинский Инструментальный Завод» (ЗАО ТД «ЧИЗ») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tdchiz.ru/online/76252.html>.

12. ГОСТ 8.051-81. ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм. – Взамен ГОСТ 8.051-73; введ. 01.01.1982. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 10 с.

13. Методические указания РД 50-98-86. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051-81). – Взамен РДМУ 98-77; введ. 01.07.1987. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 84 с.

14. ГОСТ 8.549-86. ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм с неуказанными допусками. – введ. 01.07.1987. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 6 с.

15. Политехнический словарь / гл. ред. И.И. Артоболевский. – М.: Советская энциклопедия, 1977. – 608 с.

Приложение А (справочное)

Пример оформления отчёта по лабораторной работе

Лабораторная работа № 3 – Штангенинструменты

Задание: Измерить с помощью штангенинструментов пять размеров заданной детали № ШИ-25 и дать заключение о её годности.

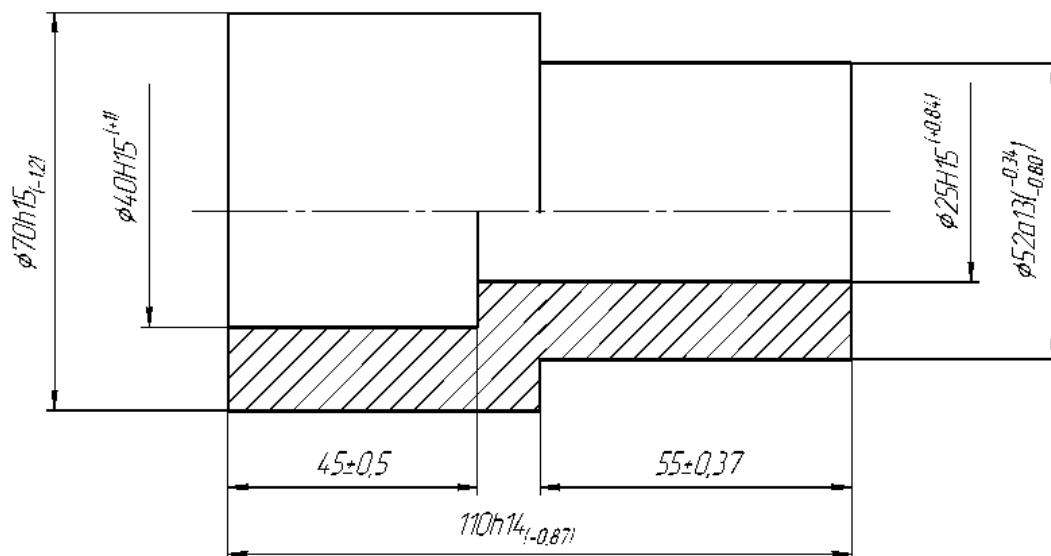


Рисунок А.1 – Эскиз детали ШИ-25

Таблица А.1 – Результаты измерения детали штангенинструментом

Определяемые параметры	Обозначения измеряемых размеров детали					
	$\varnothing 70h15 (-1,2)$	$\varnothing 40H15 (+1,0)$	$45\pm 0,5$	$55\pm 0,37$	$110h14 (-0,870)$	
Допуск размера, мкм	1200	1000	1000	740	870	
Допускаемая погрешность измерения, δ , мкм	240	200	200	160	180	
Обозначение выбранного инструмента	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166	Штангенглубиномер ШГ-160-0,05 ГОСТ 162	Штангенглубиномер ШГ-160-0,05 ГОСТ 162	Штангенрейсмас ШР-300-0,05 ГОСТ 164	
Предельная погрешность инструмента, $\pm \Delta \text{lim}$, мкм	150	200	100	100	150	
Предельные размеры детали, мм	max	70,0	41,0	45,5	55,37	110,0
	min	68,8	40,0	44,5	54,63	109,13
Действительный размер детали, мм	70,6	41,15	44,85	55,30	110,25	
Заключение о годности размера детали	Брак исправимый	Брак неисправимый	Годный	Годный	Брак исправимый	

Таблица А.2 – Метрологические показатели штангенинструмента, применяемого при измерении детали

Метрологические показатели инструмента	Обозначение инструмента, применяемого при измерении			
	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166	Штангенглубиномер ШГ-160-0,05 ГОСТ 162	Штангенрейсмас ШР-300-0,05 ГОСТ 164
Пределы измерения, мм	0-125	0-250	0-160	0-300
Цена деления основной шкалы, мм	1,0	1,0	1,0	1,0
Точность отсчета по нониусу, мм	0,1	0,05	0,05	0,05
Интервал деления шкалы нониуса, мм	1,9	1,95	1,95	1,95
Предельная погрешность инструмента, $\pm \Delta_{lim}$, мкм	150	200	100	150

ВЫВОД: В результате выполненной работы деталь № ШИ-25 следует признать бракованной, потому что три размера выходят за установленные границы допуска, а именно:

- наружный размер $\varnothing 70h15_{(-1,2)}$ имеет *брак исправимый*, т. к. действительный размер $d_d = 70,6 \text{ мм} > d_{max} = 70,0 \text{ мм}$;

- внутренний размер $\varnothing 40H15^{(+1,0)}$ имеет *брак неисправимый*, т. к. действительный размер $d_d = 41,15 \text{ мм} > d_{max} = 41,0 \text{ мм}$;

- наружный размер $110h14_{(-0,870)}$ имеет *брак исправимый*, т. к. действительный размер $d_d = 110,25 \text{ мм} > d_{max} = 110,0 \text{ мм}$.

Приложение Б
Допускаемые погрешности измерения «δ» (в мкм) в зависимости от допусков IT (по ГОСТ 8.051-81)
 (справочное)

Номинальные размеры, мм	Квалитеты													
	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17	IT 18	IT 19	IT 20	IT 21	IT 22	IT 23	IT 24	IT 25
Допуски размеров по квалитетам IT и допускаемые погрешности измерения δ в мкм														
До 3	100	140	250	400	600	1000	160	250	400	600	1000	160	250	400
Св. 3 до 6	120	180	300	480	750	1200	200	300	480	750	1200	200	300	480
Св. 6 до 10	150	220	360	580	900	1500	250	360	580	900	1500	250	360	580
Св. 10 до 18	180	270	430	700	1100	1800	300	430	700	1100	1800	300	430	700
Св. 18 до 30	210	330	520	840	1300	2100	350	520	840	1300	2100	350	520	840
Св. 30 до 50	250	390	620	1000	1600	2500	400	620	1000	1600	2500	400	620	1000
Св. 50 до 80	300	460	740	1200	1900	3000	500	740	1200	1900	3000	500	740	1200
Св. 80 до 120	350	540	870	1400	2200	3500	600	870	1400	2200	3500	600	870	1400
Св. 120 до 180	400	630	1000	1600	2500	4000	700	1000	1600	2500	4000	700	1000	1600
Св. 180 до 250	460	720	1150	1850	2900	4600	800	1150	1850	2900	4600	800	1150	1850
Св. 250 до 315	520	810	1300	2100	3200	5200	900	1300	2100	3200	5200	900	1300	2100

Приложение В
(справочное)

Предельные погрешности $\pm \Delta \text{lim}$ (мкм) измерения линейных размеров штангенинструментами (по РД 50-98-86)

Наименование и характеристика штангенинструмента	Предельные погрешности измерения $\pm \Delta \text{lim}$, мкм, при измерении размеров в интервалах, мм									
	0-25	25-50	50-75	75-100	100-125	125-150	150-175	175-200	200-250	250-300
Штангенциркуль	с отсчётом по нониусу 0,1 мм при измерении:									
	- валов									
	- <i>отверстий</i>									
	с отсчётом по нониусу 0,05 мм при измерении:									
Штанген-глубиномер	- валов									
	- <i>отверстий</i>									
Штанген-рейсмас	с отсчётом по нониусу 0,1 мм									
	с отсчётом по нониусу 0,05 мм									
	с отсчётом по нониусу 0,1 мм									

Учебное издание

Атаманов Станислав Азович

ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТЫ

Руководство по выполнению лабораторной работы

Подписано в печать _____ . Тираж __ экз.

Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53