МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

КАФЕДРА «ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация»

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ С ПОМОЩЬЮ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТОВ

Казань 2011

УДК 006
ББК 30.10; ц
Г12

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология, организация и механизация строительства» Казанского государственного архитектурно-строительного университета **В.С. Изотов.**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технический сервис» Казанского государственного аграрного университета Н**.Р. Адигамов**

Г 12 Методические указания по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация». Измерение размеров с помощью штангенинструментов/сост.: Т.Р.Габдуллин, Р.Р.Зайсанов.-Казань:КГАСУ, 2011.-31 с.

Методические указания к лабораторной работе составлены в соответствии с программой дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация».

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 190205 – Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование.

© КГАСУ, 2011.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение…….....	3
	1. Штангенинструменты……..…	4
1.1.	Штангенциркули……	4
1.1.1.	Штангенциркули ШЦ……	4
1.1.2.	Штангенциркули ШЦК…….	16
1.1.3.	Штангенциркули ШЦЦ…….	17
1.2.	Измерения с помощью штангенциркулей……...	19
	2. Штангенглубиномеры……...……	24
	3. Штангенрейсмасы……..	25
	Контрольные вопросы……...	28
	Правила поведения студентов в лаборатории метрологии……...	29
	Приложение 1……...…….	29
1.	Шкала нониуса…….…..	29
2.	Порядок обработки и форма представления результата прямого измерения……	30
	Литература…….....	31

ВВЕДЕНИЕ

Целью методического пособия является оказание помощи студентам в процессе самостоятельного изучения материала по теме: "Измерение размеров штангенинструментами" и привитие у них навыков в пользовании простейшими средствами измерений.

Перед выполнением лабораторных работ студентам рекомендуется ознакомиться по литературе (1, 2, 7…15) и настоящему пособию с устройством, принципом действия и метрологическими показателями штангенинструментов.

В настоящей работе представлены сведения об устройстве, принципе действия и метрологических показателях простейших средств измерений – штангенинструментов.

В случае возникновения затруднений, которые могут встретиться при изучении рассматриваемого материала студентам рекомендуется обратиться за консультацией к преподавателям, ведущим курс.

Время самостоятельной проработки материала по теме до выполнения лабораторных работ – 1 ч.

Время выполнения каждой лабораторной работы – 2 ч.

1. ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТЫ

Для измерения линейных размеров в машиностроении широко применяют штангенинструменты. Метод измерения штангенинструментами прямой, абсолютный.

В группу этих инструментов входят штангенциркули, штангенглубиномеры и штангенрейсмусы.

1.1 Штангенциркули

Штангенциркули изготавливаются в виде следующих основных типов:

I – двусторонние с глубиномером;

Т-1 – односторонние с глубиномером с измерительными поверхностями из твердых сплавов;

II – двухсторонние;

III – односторонние.

Штангенциркуль (ГОСТ 166-90; СТ СЭВ 704-77; СТ СЭВ 707- 77, СТ СЭВ 1309–78) изготавливаются с отсчетом по нониусу (ШЦ) (рисунки 1, 8, 9) или с отсчетом по круговой шкале (ШЦК) (рисунок 23), или с цифровым отсчетным устройством (ШЦЦ) (рисунок 24).

1.1.1 Штангенциркули ШЦ

Штангенциркуль ШЦ-1 с пределами измерений 0–125 мм и величиной отсчета по нониусу 0,1 мм предназначен для наружных и внутренних измерений и для измерения глубин (рисунок 1).

Штангенциркуль ШТЦ-1 отличается от ШЦ-1 тем, что губки для наружных измерений оснащены твердым сплавом, а губки для внутренних измерений отсутствуют.

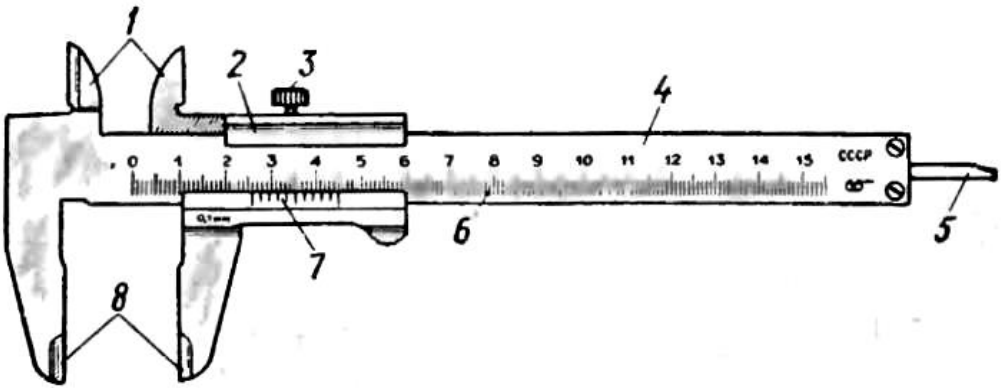


Рис. 1. Общее устройство штангенциркуля ШЦ-1. 1 – губки для внутренних измерений; 2 – рамка; 3 – зажим рамки; 4 – штанга; 5 – линейка глубиномера; 6 – шкала штанги; 7 – нониус, 8 – губки для наружных измерений

Таблица 1

Метрологические характеристики штангенциркулей ШЦ-I

Модель	Пределы измерения, мм	Цена деления нониуса, мм	Предел допускаемой погрешности, мм	
			I класс	II класс
ШЦ-I-125-0,1	0-125	0,1	±0,05	±0,1
ШЦ-I-125-0,02		0,02	±0,02	-
ШЦ-I-125-0,05		0,05	±0,05	-
ШЦ-I-150-0,1	0-150	0,1	±0,05	±0,1
ШЦ-I-150-0,02		0,02	±0,02	-
ШЦ-I-150-0,05		0,05	±0,05	-
ШЦ-I-200-0,1	0-200	0,1	±0,05	±0,1
ШЦ-I-200-0,02		0,02	±0,02	-
ШЦ-I-200-0,05		0,05	±0,05	-
ШЦ-I-250-0,1	0-250	0,1	±0,05	±0,1
ШЦ-I-250-0,02		0,02	±0,02	-
ШЦ-I-250-0,05		0,05	±0,05	-

Целое число миллиметров у штангенинструментов отсчитывается по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса (рисунок 2).

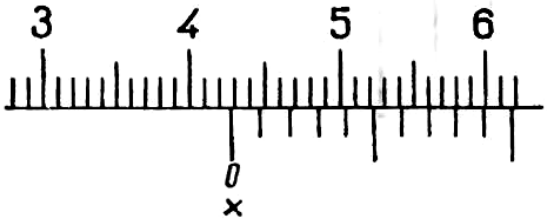


Рис.2.Количество целых миллиметров равно 42

Нониус с величиной отсчета 0,1 мм.

Нониус длиной 19 мм разделен на 10 частей. Одно деление нониуса составляет 19:10=1,9 мм, что на 0,1 мм меньше целого числа миллиметров (рисунок 3).

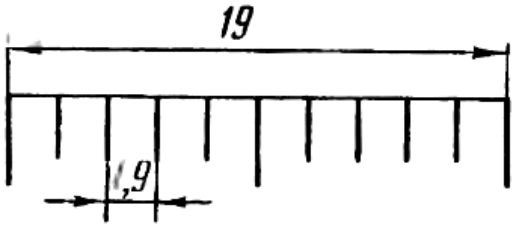


Рис.3.Шкала нониуса

Положение шкалы штанги и нониуса с величиной отсчета 0,1 мм при нулевом показании.

При нулевом показании (когда совпадают нулевые штрихи штанги и нониуса) штрих нониуса находится от ближайшего справа штриха штанги на рассто-

янии, равном величине отсчета (0,1 мм), умноженной на порядковый номер нониуса, не считая нулевого, т.е. при перемещении рамки до совпадения какого-либо штриха нониуса со штрихом штанги размер между губками штангенциркуля (дробная величина) будет равен величине отсчета (0,1 мм), умноженной на порядковый номер этого штриха нониуса (рисунок 4).

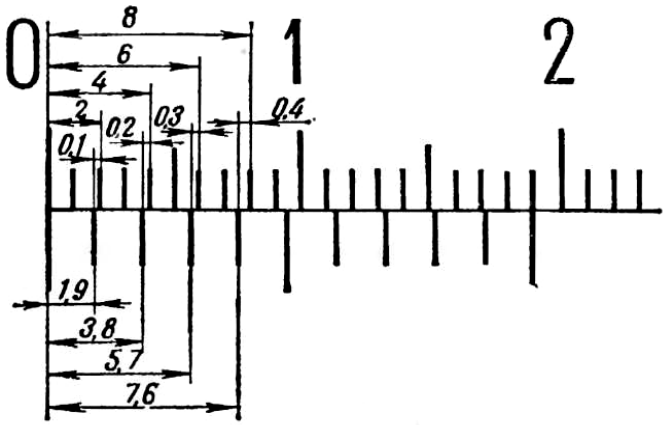
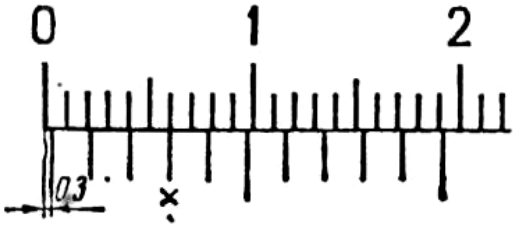


Рис.4. Снятие результата замера

Определение доли миллиметра нониусом с величиной отсчета 0,1 мм.

Дробная величина (0,3 мм) получена в результате умножения величины отсчета (0,1 мм) на порядковый номер штриха нониуса, т.е. третьего (не считая пулевого), совпадающего со штрихом штанги (рисунок 5).

Рис.5.
Крестиком указан
3-й штрих нониуса



Чтение показаний на штангенциркуле с величиной отсчета 0,1 мм.

Целое число миллиметров отсчитывается по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса.

Дробная величина (количество десятых долей миллиметров) определяется умножением величины отсчета (0,1 мм) на порядковый номер штриха нониуса (не считая нулевого), совпадающего со штрихом штанги (рисунки 6, 7).

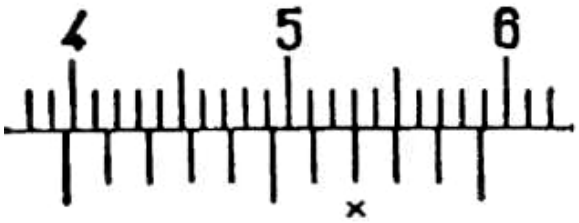


Рис.6. Пример отсчета: 39 мм+ 0,1 мм·7 = 39,7 мм

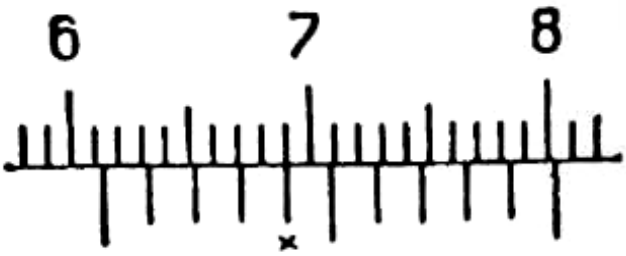


Рис.7. Пример отсчета: 61 мм + 0,1 ммХ Х4 = 61,4 мм

Штангенциркуль ШЦ-II с пределами измерений 0–160 мм и величиной отсчета по нониусу 0,05 мм предназначен для наружных и внутренних измерений и разметки (рисунок 8).

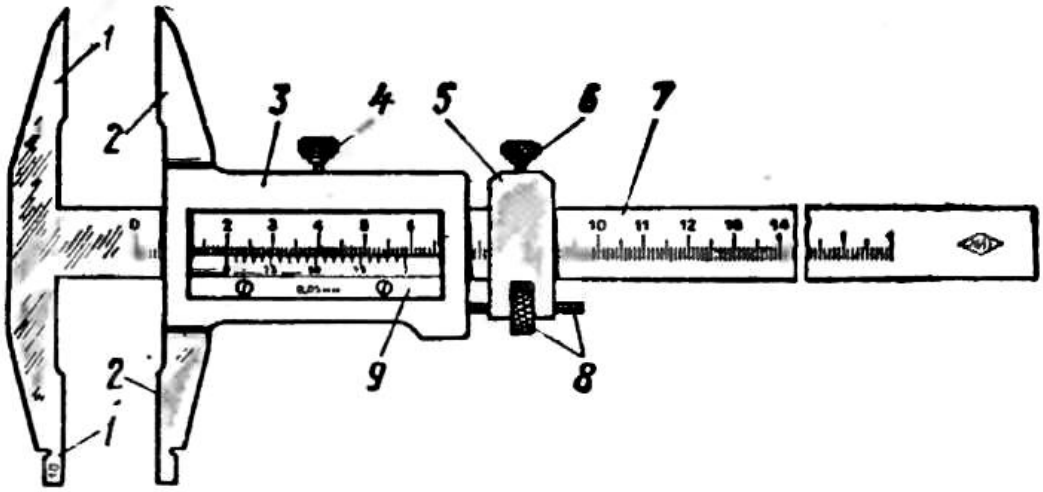


Рис. 8. Общее устройство штангенциркуля ШЦ-II. 1 – неподвижные измерительные губки; 2 – подвижные измерительные губки; 3 – рамка; 4 – зажим рамки; 5 – рамка микрометрической подачи; 6 – зажим рамки микрометрической подачи; 7– штанга; 8 – гайка и винт микрометрической подачи рамки; 9 – нониус

Таблица 2

Метрологические характеристики штангенциркулей ШЦ-II

Модель	Диапазон измерения, мм	Вылет губок для измерения размеров, мм, не менее:		Значение отсчета по нониусу, мм	Предел допускаемой погрешности при значении нониуса, мм			
		наружных (верхние губки)	внутренних (нижние губки)		0,02	0,05	0,1для класса точности	
							1	2
ШЦ-II-200	0-200	37	60	0,02; 0,05; 0,1	±0,02	±0,05	±0,05	±0,1
ШЦ-II-300	0-300	37	60	0,02; 0,05; 0,1	±0,02	±0,05	±0,05	±0,1
ШЦ-II-500	0-500	55	100	0,02; 0,05; 0,1	±0,02	±0,05	±0,1	±0,1
ШЦ-II-600	0-600	55	100	0,02; 0,05; 0,1	±0,02	±0,1	±0,1	±0,1
ШЦ-II-800	0-800	64	125	0,02; 0,05; 0,1	±0,02	±0,1	±0,1	±0,1
ШЦ-II-1000	0-1000	64	125	0,02; 0,05; 0,1	±0,04	±0,1	±0,1	±0,2
ШЦ-II-1500	0-1500	64	125	0,02; 0,05; 0,1	±0,04	±0,1	±0,1	±0,2
ШЦ-II-2000	0-2000	73	150	0,02; 0,05; 0,1	±0,04	±0,1	±0,1	±0,2

Штангенциркуль ШЦ-III с пределами измерений 0–400 мм и величиной отсчета по нониусу 0,05 мм предназначен для наружных и внутренних измерений (рисунок 9).

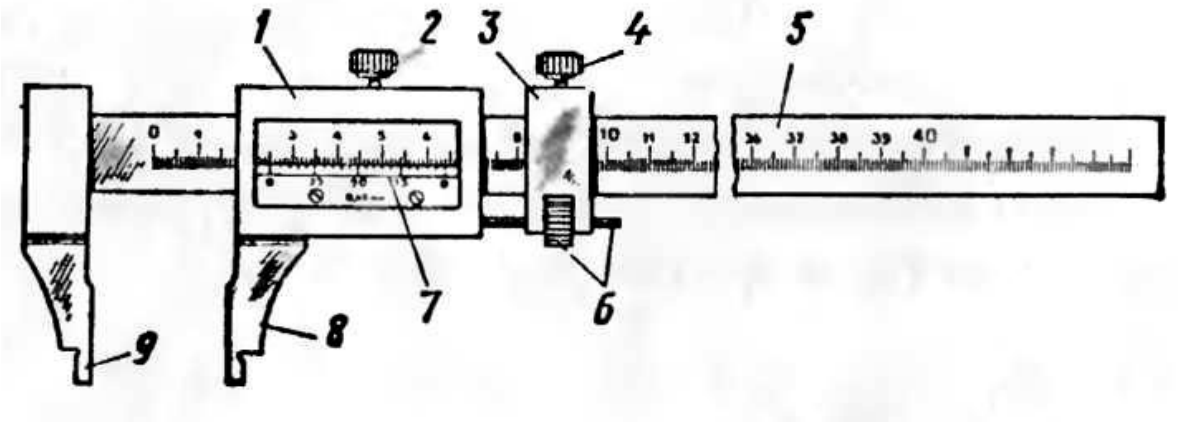


Рис. 9. Общее устройство штангенциркуля ШЦ-III. 1 – рамка; 2 – зажимы рамки; 3 – рамка микрометрической подачи; 4 – зажим рамки микрометрической подачи; 5 – штанга; 6 – гайка и винт микрометрической подачи; 7 – нониус; 8 – губка рамки; 9 – губка штанги

Овальные отверстия в нониусе позволяют перемещать его на небольшую величину вдоль рамки, что необходимо при установке на нуль после ремонта (рисунок 10).

Рис.10. Овальные отверстия шкалы нониуса

Таблица 3

Метрологические характеристики штангенциркулей ШЦ-III

Модель	Диапазон измерений, мм	Вылет губок для измерения размеров, мм, не менее:		Значение отсчета по нониусу, мм	Предел допускаемой погрешности при значении нониуса, мм		
		наружных (нижние губки)	внутренних (нижние губки)		0,05	0,1 для класса точности	
						1	2
ШЦ 160	0-160	45	6	0,05(0,1)	±0,05	±0,05	±0,1
ШЦ 200	0-200	50	8	0,05(0,1)	±0,05	±0,05	±0,1
ШЦ 250	0-250	60	10	0,05(0,1)	±0,05	±0,05	±0,1
ШЦ 300	0-300	63	10	0,05(0,1)	±0,05	±0,05	±0,1
ШЦ 400	0-400	63	10	0,05(0,1)	±0,05	±0,1	±0,1
ШЦ 500	0-500	80	15	0,05(0,1)	±0,1	±0,1	-
ШЦ 630	250-630	80	15	0,05(0,1)	±0,1	±0,1	-
ШЦ 800	250-800	80	15	0,05(0,1)	±0,1	±0,1	-
ШЦ 1000	320-1000	80	20	0,05(0,1)	±0,1	±0,1	-
ШЦ 1250	500-1250	100	20	0,1	-	±0,17	-
ШЦ 1600	500-1600	100	20	0,1	-	±0,2	-
ШЦ 2000	800-2000	100	20	0,1	-	±0,2	-
ШЦ 3000	500-1600	100	20	0,1	-	±0,2	-
ШЦ 4000	800-2000	100	20	0,1	-	±0,2	-

Микрометрическая подача

Микрометрическую подачу применяют для точной установки рамки относительно штанги (рисунок 11).

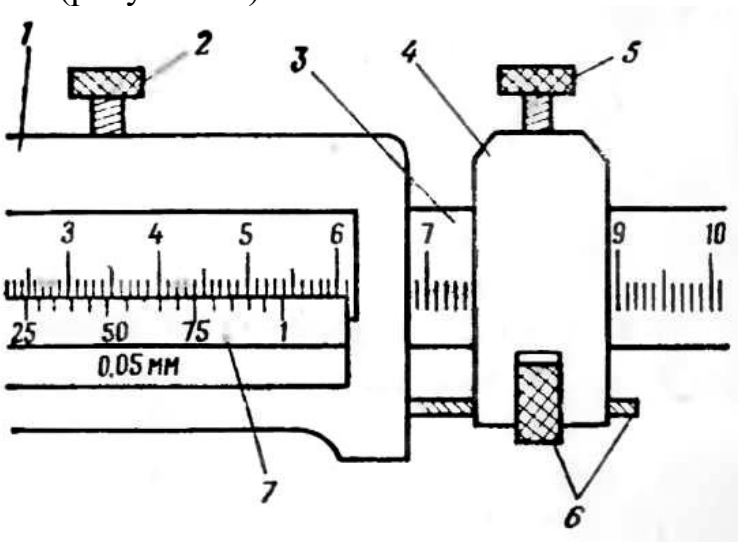


Рис.11. Схема микрометрической подачи. 1 – рамка; 2 – зажим рамки; 3 – штанга; 4 – рамка микрометрической подачи4 5 – зажим рамки микрометрической подачи4 6 – гайка и винт микрометрической подачи4 7 – нониус

Нониус с величиной отсчета 0,05 мм

Нониус, длина которого равна 39 мм, разделен на 20 частей. Одно деление нониуса составляет 39:20 = = 1,95 мм, что на 0,05 мм меньше целого числа миллиметров (рисунок 12).

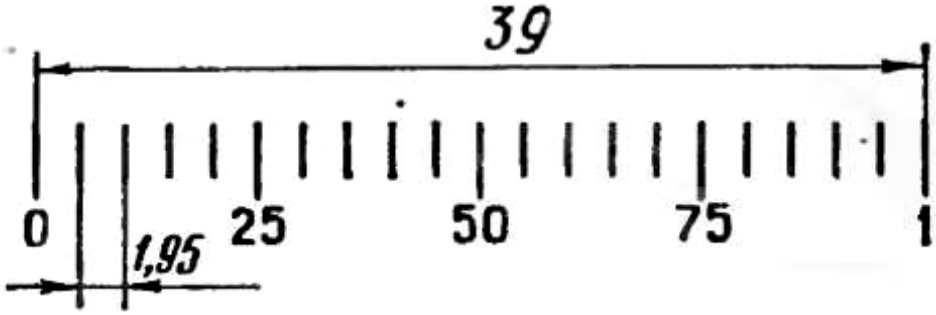


Рис. 12. Шкала нониуса с величиной отсчета 0,05 мм

Положение шкалы штанги и нониуса с величиной отсчета 0,05 мм при нулевом показании

При нулевом показании (когда совпадают нулевые штрихи штанги и нониуса) штрих нониуса находится от ближайшего справа штриха штанги на расстоянии, равном величине отсчета (0,05 мм), умноженной на порядковый номер штриха нониуса, не считая нулевого (рисунок 13).

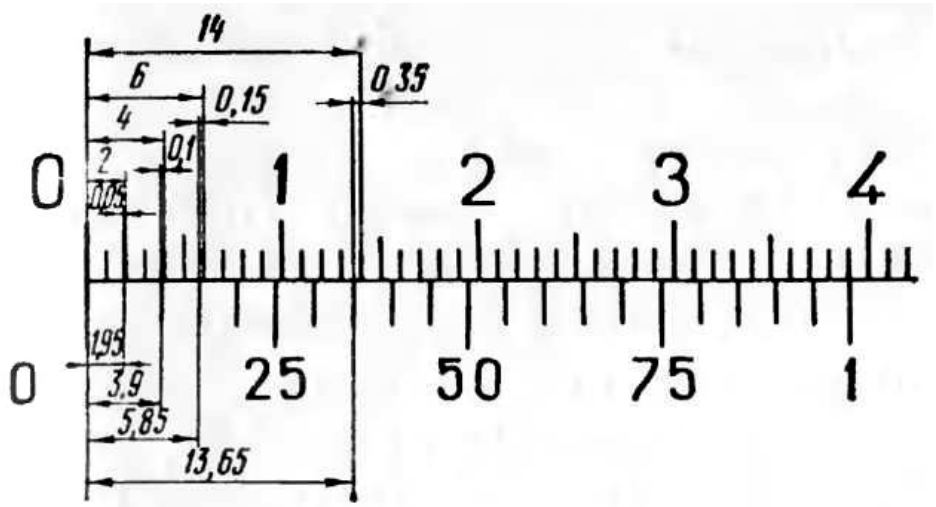


Рис.13. Подсчет результата замера

Определение доли миллиметра нониусом с величиной отсчета 0,05 мм

Дробная величина (0,35 мм) получена в результате умножения величины отсчета (0,05 мм) на порядковый номер штриха нониуса, т. е. седьмого (не считая нулевого), совпадающего со штрихом штанги 0,05 мм·7 = 0,35 мм. Для ускорения отсчета используют цифры нониуса 25, 50 и т. д., обозначаю-

щие сотые доли миллиметра. Например, 0,25 мм+ 0,05 мм·2 = 0,35 мм (рисунок 14).

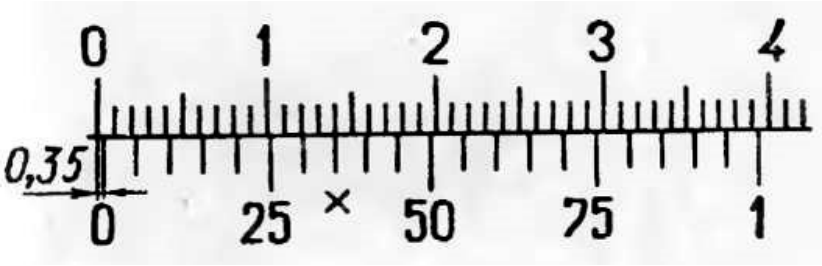


Рис.14. Крестиком указан 7-й штрих нониуса

Чтение показаний на штангенинструментах с величиной отсчета 0,05 мм

При чтении показаний на штангенинструментах с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм целое число миллиметров отсчитывают слева направо нулевым штрихом нониуса. Затем находят штрих нониуса, совпадающий со штрихом шкалы штанги. После этого к ближайшей слева цифре нониуса (25 или 50, или 75), обозначающей сотые доли миллиметра, прибавляют результат умножения величины отсчета на порядковый номер короткого штриха нониуса, совпадающего со штрихом штанги, считая его от найденного длинного оцифрованного штриха. Если же со штрихом штанги совпадает длинный оцифрованный штрих нониуса, то ограничиваются прибавлением его величины к целому числу миллиметров.

Примеры чтения показаний на штангенинструментах с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм

Величина отсчета у инструментов с нониусом равна частному от деления основного деления шкалы на количество делений нониуса. При цене деления основной шкалы 1 мм и количестве делений нониуса 10 величина отсчета равна 0,1 мм; при цене деления основной шкалы 1 мм и количестве делений нониуса 20 величина отсчета равна 0,05 мм; если бы количество делений нониуса было бы равно 50, то величина отсчета была бы равна 0,02 мм (рисунок 15).

Чтение показаний при внутренних измерениях

При внутренних измерениях к показаниям штангенциркуля прибавляется толщина губок, указанная на них. Для более точного контактирования при внутренних измерениях с изделием губки штангенциркуля с наружной стороны имеют сферическую поверхность (рисунок 16).

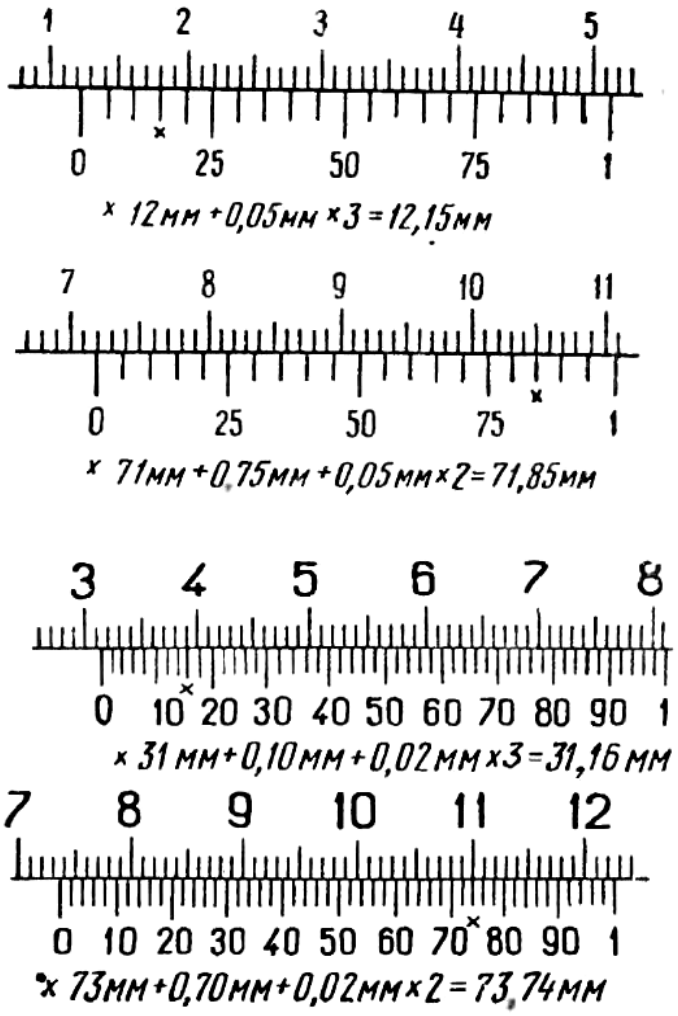


Рис. 15. Примеры чтения показаний

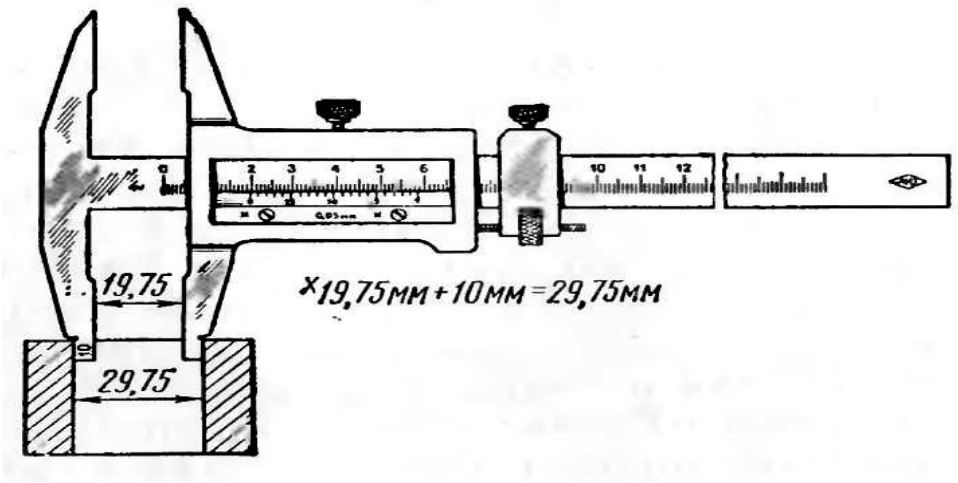


Рис.16. Чтение показаний при внутренних измерениях

Штангенциркуль с двумя нониусами с пределами измерений 0–200 и 0–320 мм и величиной отсчета по нониусу 0,1 мм

Левый нониус предназначен для наружных измерений, а правый – для внутренних измерений. Конструкция этого штангенциркуля исключает необходимость прибавления к показаниям инструмента толщины губок (рисунок 17).

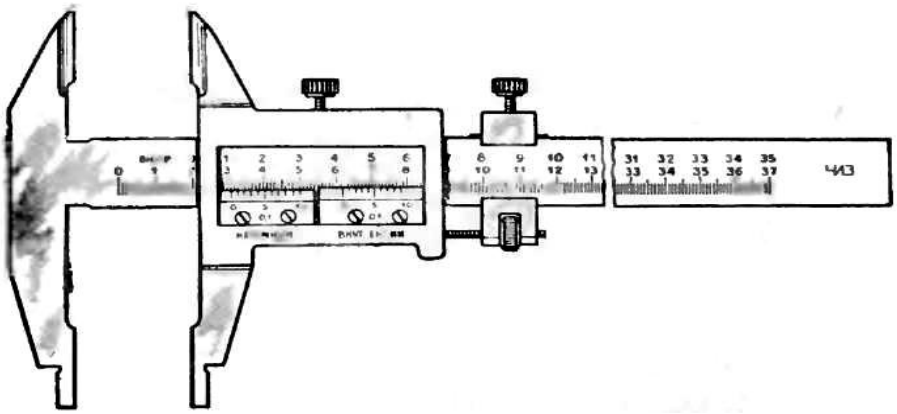


Рис.17. Общий вид штангенциркуля с двумя нониусами

Применение микрометрической подачи

Приблизительно устанавливают контролируемый размер (при наружном измерении несколько больше, а при внутреннем несколько меньше контролируемого размера), закрепляют рамку микрометрической подачи, затем при помощи микрометрической пары доводят губки до соприкосновения с проверяемыми поверхностями, закрепляют рамку, не допуская перекоса и добиваясь нормального измерительного усилия.

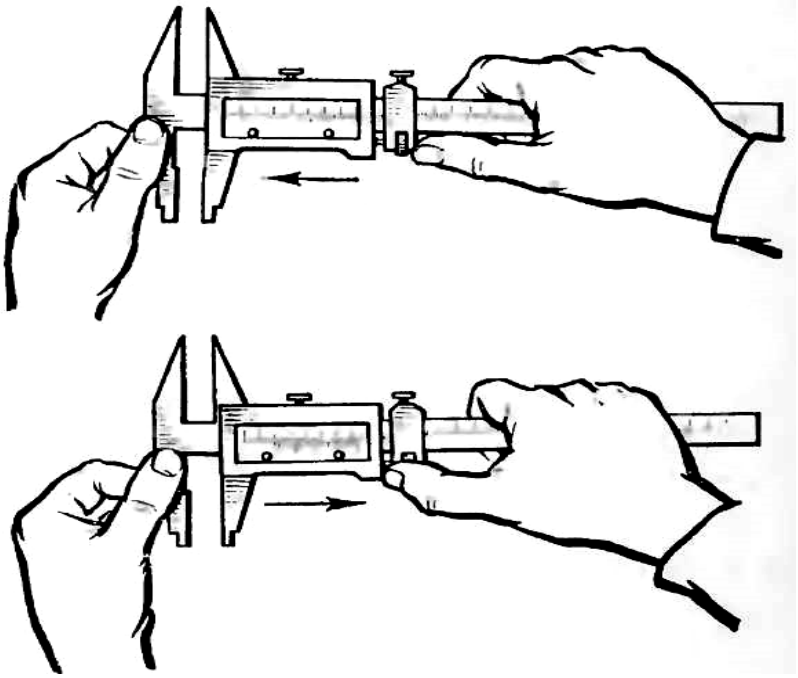


Рис.18. Приблизительная установка размера

Закрепление рамки микрометрической подачи

Зажим рамки микрометрической подачи производится большим и указательным пальцами правой руки при поддержке штанги ее остальными пальцами (рисунок 19).

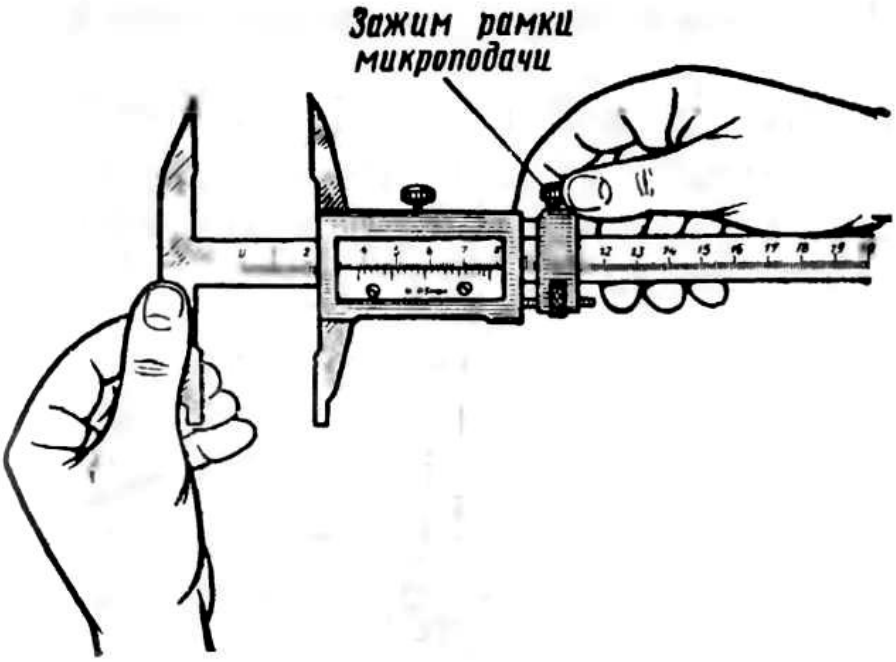


Рис.19. Зажим рамки микроподачи

Вращение гайки микрометрической подачи

Большим и указательным пальцами правой руки вращают гайку микрометрической подачи, поддерживая штангу остальными пальцами правой руки; левой рукой поддерживают губку штанги (рисунок 20).

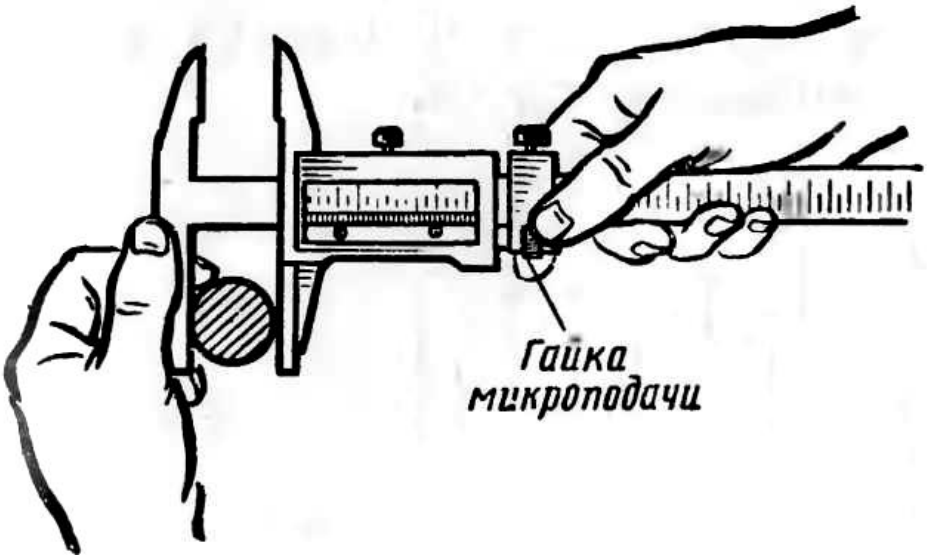


Рис.20. Вращение гайки микрометрической подачи

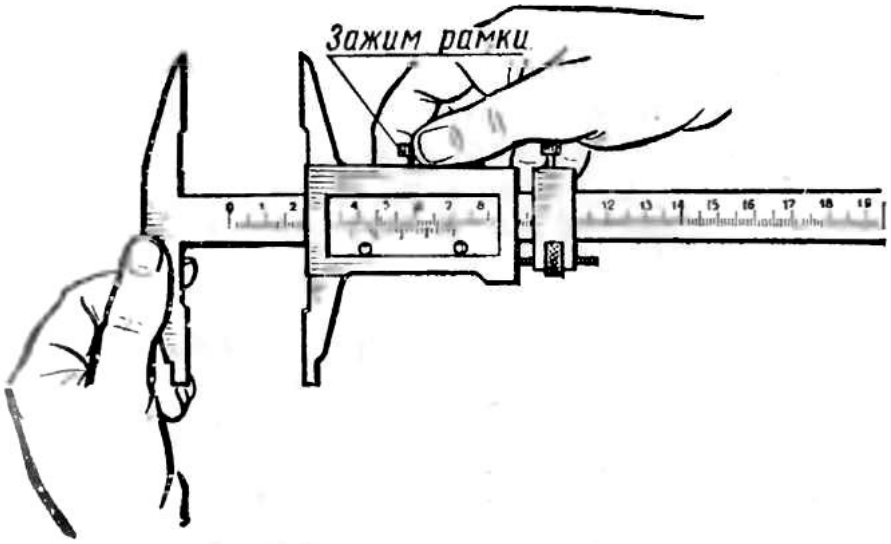


Рисунок 21. Закрепление рамки

Проверка на ощущение измерительного усилия при измерении большого внутреннего диаметра

Надо приблизительно установить размер несколько меньше измеряемого, ввести губки штангенциркуля в проверяемую поверхность и слегка прижать к ней губку штанги. Затем при помощи микроподачи и одновременно кругового перемещения губки рамки в горизонтальной плоскости надо добиться легкого контактирования двумя губками. Для избегания перекоса при проверке измерительного усилия перемещением губок в вертикальной плоскости надо опираться на средние пальцы рук, установив их возле губок (рисунок 22).

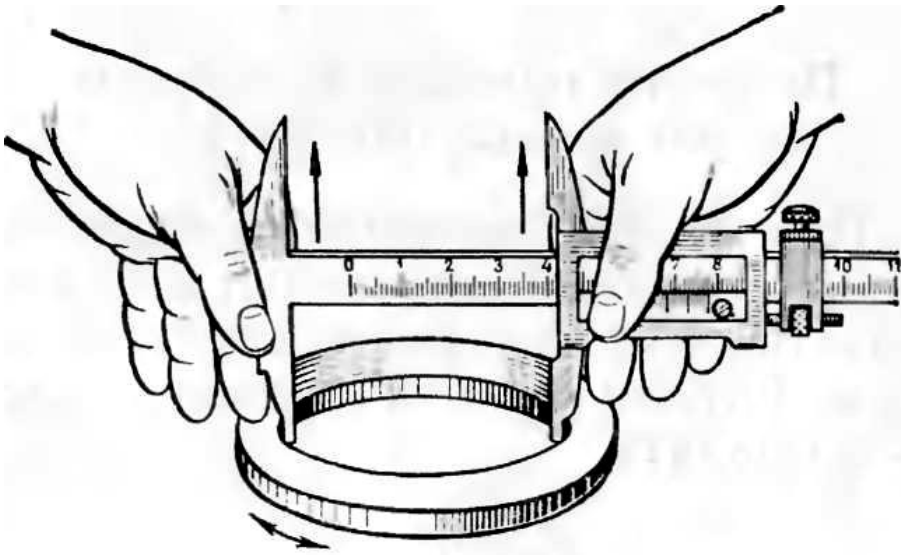


Рис.22. Рекомендуемый порядок установки губок штангенциркуля при измерении большого внутреннего диаметра

1.1.2. Штангенциркули ШЦК (14)

Штангенциркуль ШЦК-I (рисунок 23) с двусторонним расположением губок с отсчетом по круговой шкале предназначен для измерения наружных и внутренних размеров, а также для измерения глубин, Применяется для измерений, не требующих высокой точности, абсолютным методом.

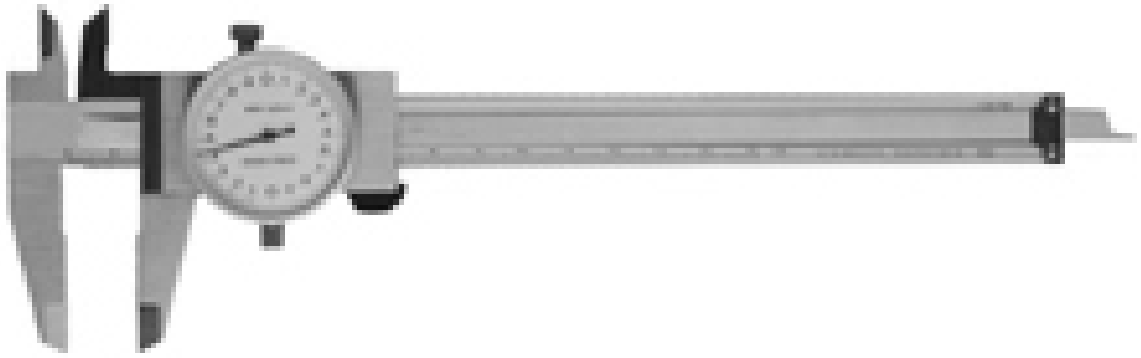


Рис.23. Общий вид штангенциркуля

Таблица 4

Метрологические характеристики штангенциркулей ШЦК-I

Модель	**Диапазон измерения, мм**	**Цена деления шкалы штанги, мм**	**Цена деления круговой шкалы отсчетного устройства, мм**	**Предельно допустимая погрешность измерения, мм**
ШЦК-I-100-0,01	0 – 100	1,0	0,01	±0,005
ШЦК-I-100-0,02		1,0	0,02	±0,008
ШЦК-I-150-0,01	0 – 150	1,0	0,01	±0,005
ШЦК-I-150-0,02		1,0	0,02	±0,008
ШЦК-I-200-0,01	0 – 200	1,0	0,01	±0,005
ШЦК-I-200-0,02		1,0	0,02	±0,008
ШЦК-I-300-0,01	0 – 300	1,0	0,01	±0,005
ШЦК-I-300-0,02		1,0	0,02	±0,008

Наружные измерения производятся с помощью нижних губок, внутренние – с помощью “острых” губок, глубина – с помощью глубиномера.

Штангенциркуль имеет шкалу, нанесенную на штанге с делениями через 1 мм, и отсчетное устройство стрелочного типа приводится в движение с помощью зубчатого механизма. Стрелка на циферблате отсчитывает доли миллиметра, т.е. показание штангенциркуля складывается из отсчета целых значений по шкале штанги и дробных по показаниям стрелочного индикатора штангенциркуля. При этом один оборот стрелки соответствует 10 мм перемещения рамки. Плавное перемещение рамки обеспечивается пружиной, расположенной внутри рамки.

Перед началом работы проверить нулевую установку штангенциркуля. При несовпадение стрелки с нулевым делением шкалы (при сдвинутых до соприкосновения губках для наружных измерений) через паз с нижней стороны циферблата повернуть регулировочным штифтом циферблат до совмещения нулевого деления шкалы со стрелкой.

При снятии отсчёта необходимо по шкале штанги определить десятки миллиметров, а по шкале отсчётного устройства – целые и десятые доли миллиметра.

1.1.3 Штангенциркули ШЦЦ (15)

Штангенциркуль двусторонний с глубиномером ШЦЦ-I (рисунок 24) с индикацией результатов измерений на жидкокристаллическом цифровом дисплее, предназначен для измерения наружных и внутренних размеров, интервалов, а также для измерения глубин абсолютным методом.

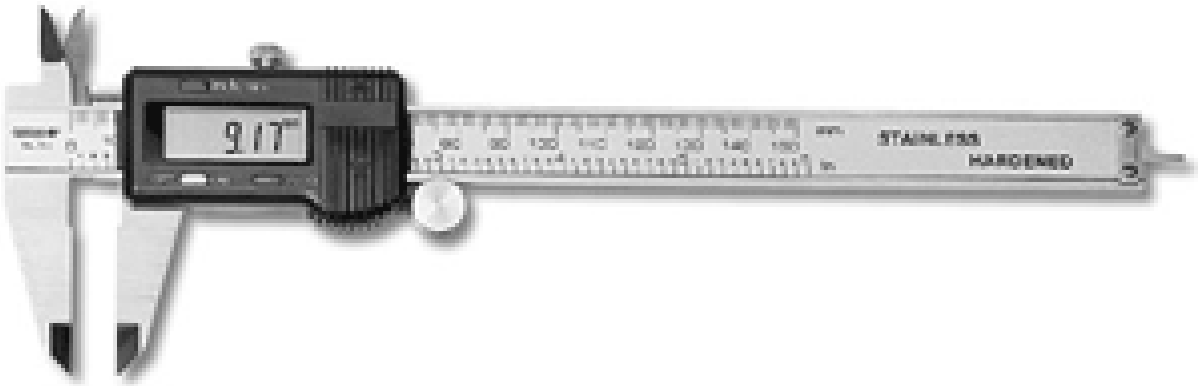


Рис.24.Общий вид штангенциркуля типа ШЦЦ

Метрологические характеристики штангенциркулей приведены в таблице 5.

Таблица 5

Метрологические характеристики штангенциркулей ШЦЦ-I

Модель	**Пределы измерения, мм (дюйм)**	**Дискретность отсчета, мм (дюйм)**	**Погрешность измерений, мм (дюйм)**
ШЦЦ-I-100-0,01	0-125 (0-4”)	0,01 (0,005”)	±0,03 (±0,001)
ШЦЦ-I-125-0,01	0-125 (0-5”)	0,01 (0,005”)	±0,03 (±0,001)
ШЦЦ-I-150-0,01	0-150 (0-6”)	0,01 (0,005”)	±0,03 (±0,001)
ШЦЦ-I-200-0,01	0-150 (0-8”)	0,01 (0,005”)	±0,03 (±0,001)
ШЦЦ-I-300-0,01	0-150 (0-12”)	0,01 (0,005”)	±0,03 (±0,001)
ШЦЦ-I-400-0,01	0-150 (0-16”)	0,01 (0,005”)	±0,03 (±0,001)
ШЦЦ-I-500-0,01	0-150 (0-20”)	0,01 (0,005”)	±0,03 (±0,001)

Наружные измерения производятся с помощью нижних губок, внутренние – с помощью “острых” губок, глубина – с помощью глубиномера. Дополнительная установка нуля позволяет измерять относительные величины. Электронный блок штангенциркуля позволяет облегчить съем показаний как в метрической системе единиц измерения, так и в дюймовой.

Штангенциркули двусторонние с глубиномером ШЦЦ-I с индикацией результатов измерений на жидкокристаллическом цифровом дисплее изготавливаются из углеродистой и нержавеющей стали, с дюймовой и метрической шкалой. Штангенциркули изготавливаются двух типов по виду стопорения: со стопорным винтом и курковым механизмом.

Штангенциркули ШЦ-I по ISO 9002 или DIN862 изготавливаются из углеродистой с хромовым покрытием и нержавеющей стали, с ценой деления 0,01мм. Твёрдость измерительных поверхностей инструментальной и конструкционной стали не менее 51,5 HRC.

Имеется возможность вывода данных на компьютер или контроллер АСУТП рабочего места из электронного блока штангенциркуля по последовательному интерфейсу RS232 (COM – порт).

Повторяемость измерений – 0,01 мм.

Исполнение по классу защиты IP65.

Штангенциркуль имеет две шкалы: метрическую и дюймовую. Фиксация рамки производится при помощи стопорного винта. Плавное перемещение рамки обеспечивается пружиной, расположенной внутри рамки.

Отсчет размеров производится автоматически, показания отображаются на жидкокристаллическом дисплее, имеется возможность подключить штангенциркуль к компьютеру.

Измерение с помощью штангенциркуля различных элементов конструкции (диаметров отверстия или вала, межцентрового расстояния, глубины отверстия и т.п.) проводят следующим образом:

при отстопоренном винте перемещают по штанге рамку с жидкокристаллическим индикатором, приводят в соприкосновение с поверхностями измеряемых деталей измерительные поверхности штанги и рамки или соединенного с рамкой измерительного стержня. В этом положении необходимо застопорить рамку винтом и снять отсчет с жидкокристаллического индикатора прибора визуально или, нажав на кнопку передачи данных, передать данные об измеренной величине в компьютер по интерфейсу RS232.

При необходимости выполнить присоединения к используемой вычислительной технике.

Включить штангенциркуль при помощи кнопки «ON-OFF».

Переключить режим измерения в требуемые единицы «Милли-метры-дюймы» кнопкой «mm-in».

Установка нуля осуществляется кнопкой «ZERO».

Перед началом работы убедиться в наличии/пригодности элемента питания и заменить в случае необходимости (разрядка литиевой батарейки 3V CR 2032 автоматически указывается на дисплее штангенциркуля).

1.2. ИЗМЕРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ШТАНГЕНЦИРКУЛЕЙ

Проверка нулевого положения штангенциркуля

При отсутствии просвета между губками для наружных измерений или при небольшом просвете (до 0,015мм) должны совпадать нулевые штрихи нониуса и штанги (рисунок 25).

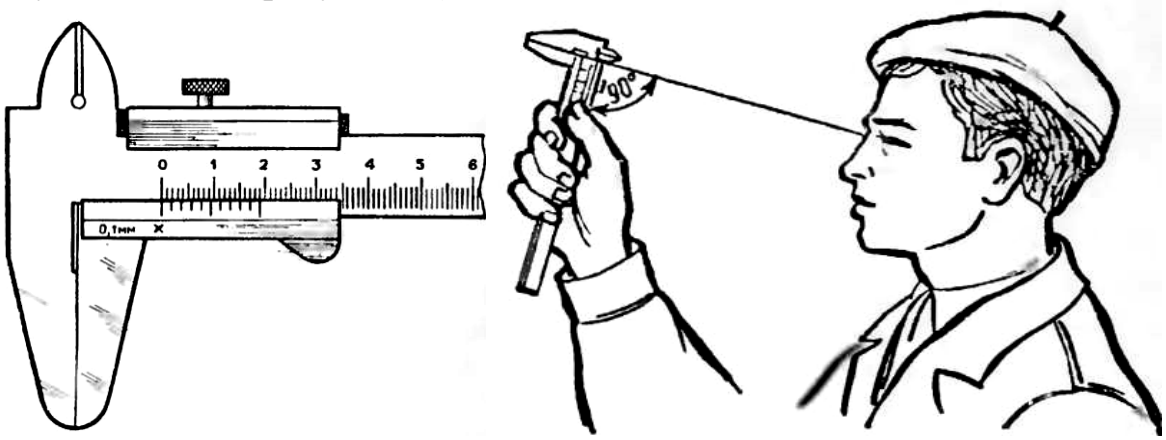


Рис.25. Визуальный контроль контакта губок

Последовательность измерения штангенциркулем

При измерении штангенциркулем измерительные поверхности губок доводят до требуемого размера путем соприкосновения с проверяемой поверхностью, проверяя при этом правильность их положения (отсутствие перекоса и нормальность усилия при перемещении), закрепляют рамку и читают показания.

Перемещение рамки

При перемещении рамки правая рука должна поддерживать штангу (рисунок 26).

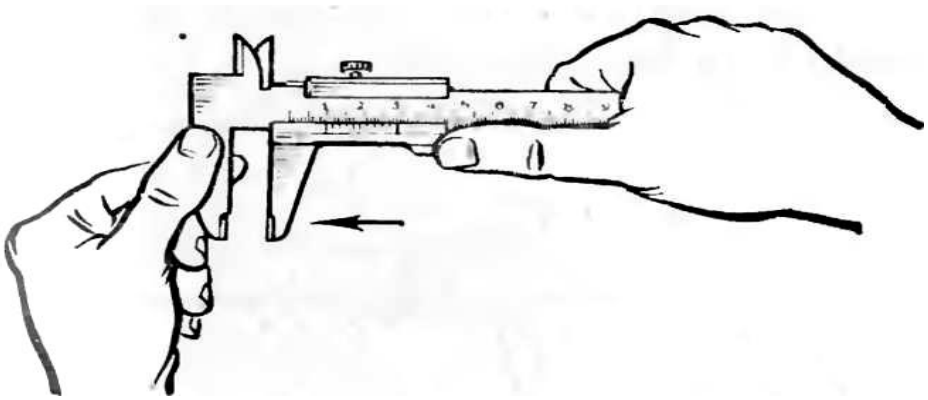


Рис.26.Положение рук при перемещении рамки

Положение губок относительно проверяемых наружных поверхностей (рисунок 27)

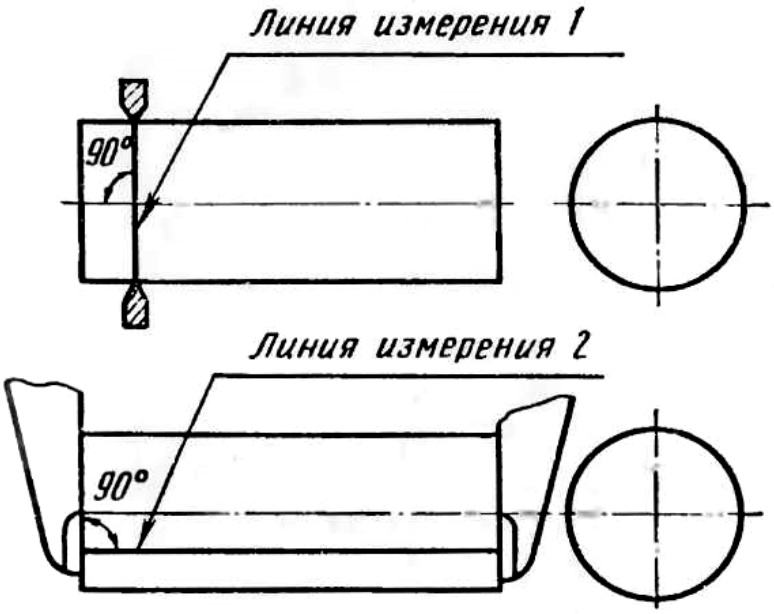


Рис.27. Линия измерения 1 перпендикулярна оси детали, а линия измерения 2 перпендикулярна параллельным плоскостям

Положение губок относительно внутренних цилиндрических поверхностей (рисунок 28)

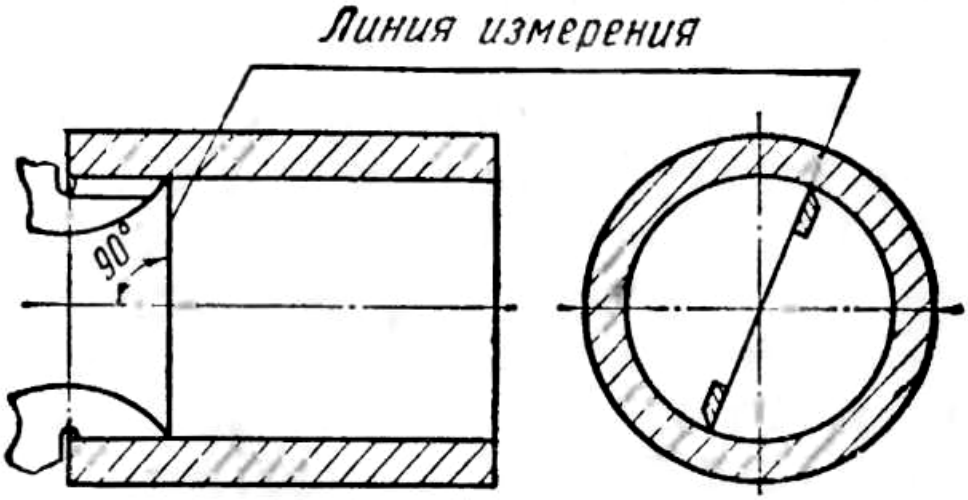


Рис.28. Линия измерения перпендикулярна оси детали и проходит через ее центр

Положение губок относительно проверяемых внутренних параллельных поверхностей (рисунок 29)

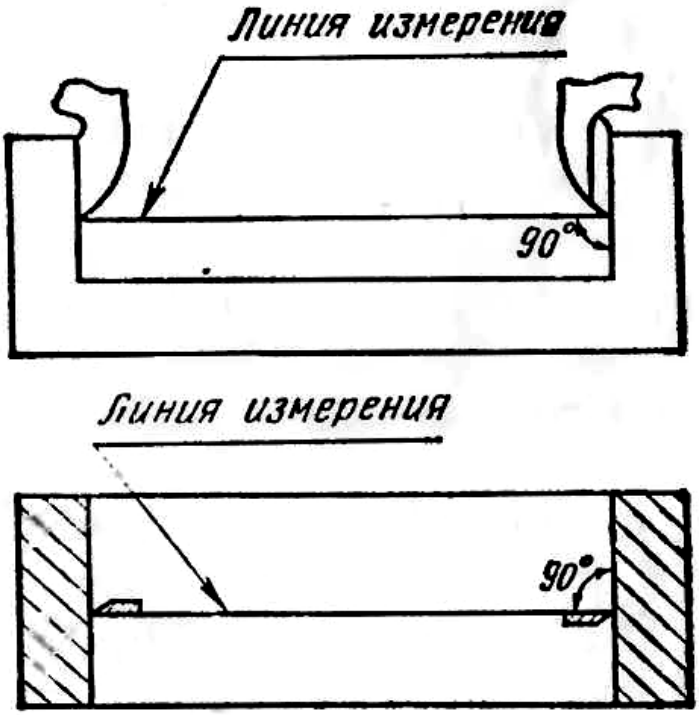


Рис.29. Линия измерения перпендикулярна параллельным плоскостям

Положение линейки глубиномера относительно проверяемой детали (рисунок 30)

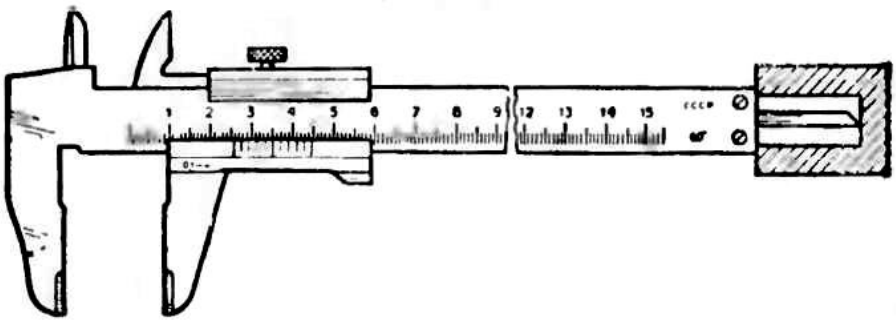


Рис.30. Линейка глубиномера перпендикулярна поверхностям, между которыми проверяется глубина

Положение рук относительно штангенциркуля и незакрепленной детали

При измерении незакрепленной детали левая рука должна находиться над 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 (рисунок 31).

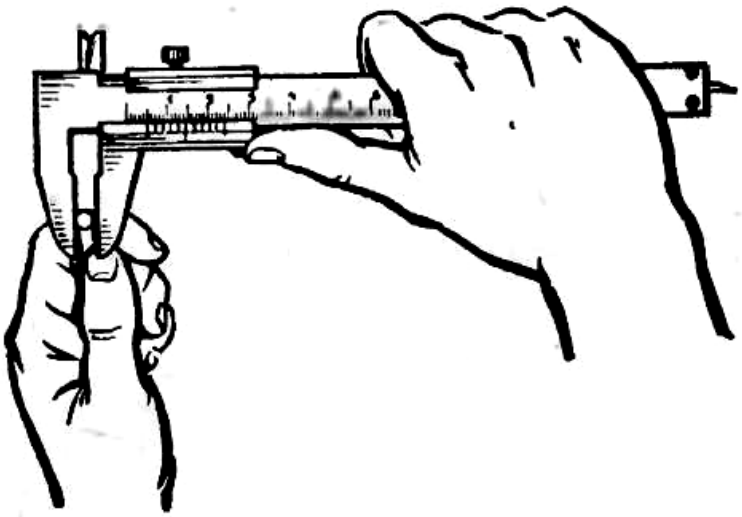


Рис.31. Положение рук относительно штангенциркуля и незакрепленной детали

Положение рук относительно патрона станка, штангенциркуля и закрепленной детали

При измерении закрепленной детали левая рука должна слегка прижимать губку штанги к проверяемой поверхности; правая рука поддерживает штангу (примерно в горизонтальном положении), большим пальцем этой руки перемещают рамку до соприкосновения с проверяемой поверхностью, не допуская при этом перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия (рисунок 32).

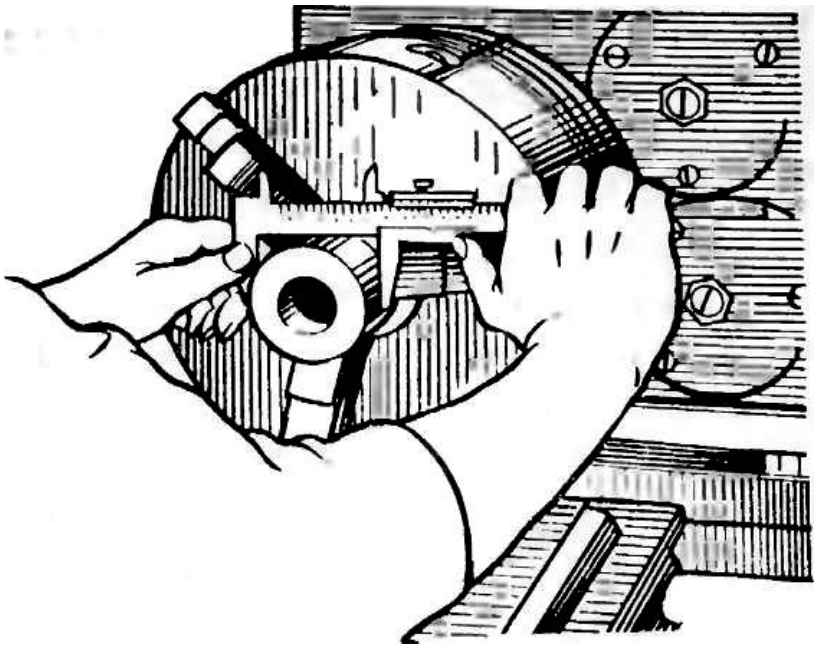


Рис.32. Положение рук относительно патрона станка, штангенциркуля и закрепленной детали

Закрепление рамки

Закрепление рамки надо производить большим и указательным пальцами правой руки, поддерживая штангу остальными пальцами этой руки; левая рука при этом должна поддерживать губку штанги (рисунок 33).

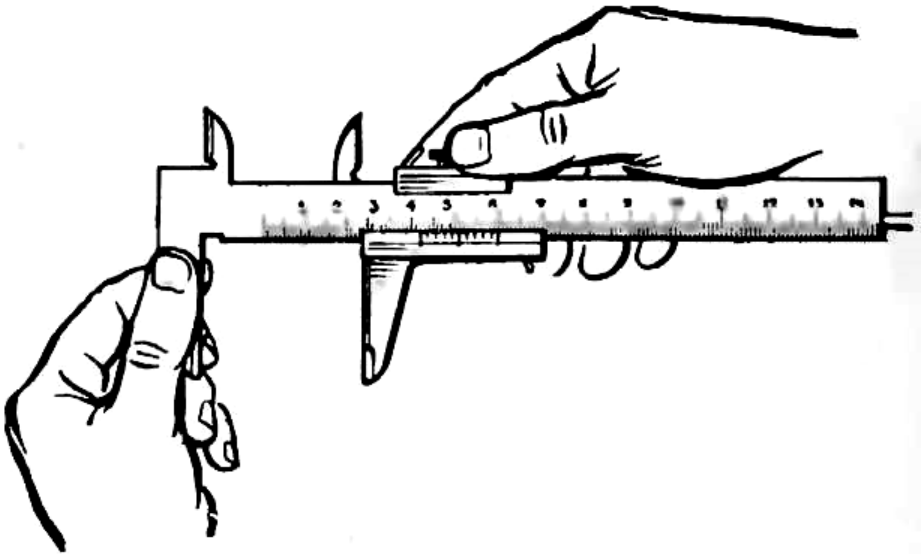


Рис.33. Закрепление рамки

Измерительное усилие

Нормальное измерительное усилие достигается легким контактированием при перемещении проверяемых поверхностей детали относительно измерительных поверхностей инструмента (рис.34,35).

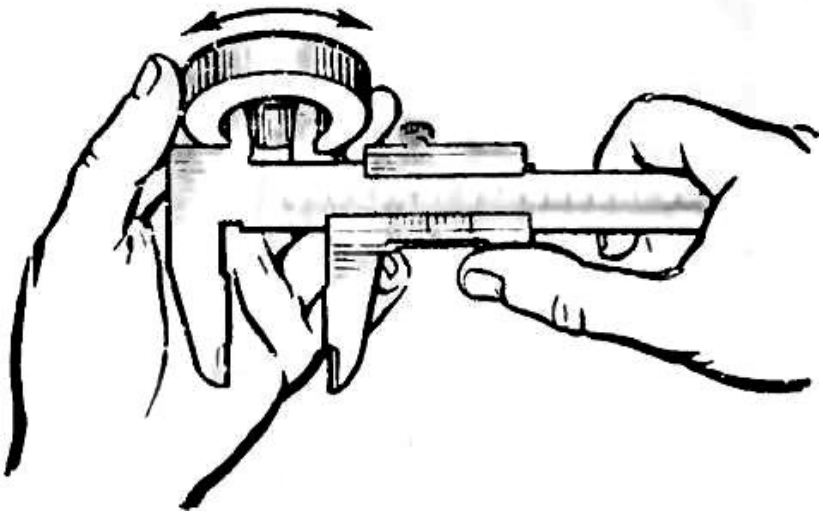


Рис.34. Обеспечение внутреннего контакта

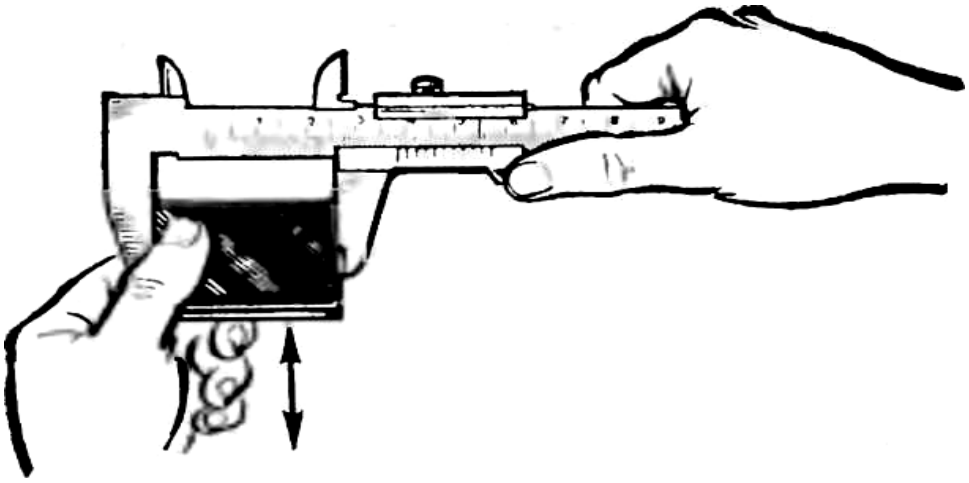


Рис. 35. Обеспечение наружного контакта

2. ШТАНГЕНГЛУБИНОМЕРЫ

Штангенглубиномеры изготавливаются следующих типов:

ШГ – с отсчетом по нониусу; ШГК — с отсчетным устройством с круговой шкалой; ШГЦ — с электронным цифровым отсчетным устройством.

Штангенглубиномеры ШГ выпускается с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм или 0,1 мм и пределами измерений до 500 мм (ГОСТ 162–90) (СТ СЭВ 704–77, СТ СЭВ 708–77, СТ СЭВ 1309–78).

Измерительная поверхность основания по площади значительно больше измерительной поверхности штанги, что обеспечивает устойчивость штангенглубиномера при измерении и возможность его применения при измерении глубин в отверстиях и пазах небольших размеров (рисунок 35).

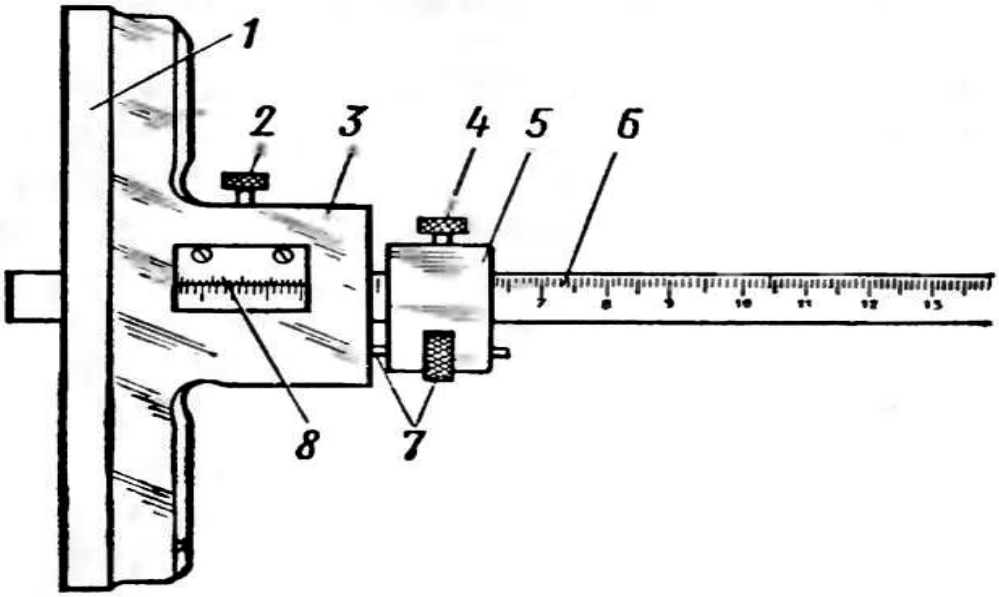


Рис.36. Общее устройство штангенглубиномера. 1 – основание; 2 – зажим рамки; 3 – рамка; 4 – зажим рамки микрометрической подачи; 5 – рамка микрометрической подачи; 6 – штанга; 7 – гайка и винт микрометрической подачи; 8 – нониус

Таблица 6

Метрологические характеристики штангенглубиномеров ШГ

Обозначение	Диапазон измерения, мм	Отсчет по нониусу, мм	Погрешность, мм
ШГ-160	0-160	0,05	0,05
ШГ-160	0-160	0,10	0,05
ШГ-200	0-200	0,05	0,05
ШГ-200	0-200	0,10	0,05
ШГ-250	0-250	0,05	0,05
ШГ-250	0-250	0,10	0,05
ШГ-300	0-300	0,05	0,05
ШГ-300	0-300	0,10	0,10
ШГ-400	0-400	0,05	0,05
ШГ-400	0-400	0,10	0,10

Проверка нулевого положения штангенглубиномера

При соприкосновении измерительных поверхностей основания и штанги с плитой или лекальной линейкой нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать.

Применение штангенглубиномера

Левой рукой прижать основание 1 к поверхности 3, а правой рукой довести штангу 2 до соприкосновения с поверхностью 4 (рисунок 37).

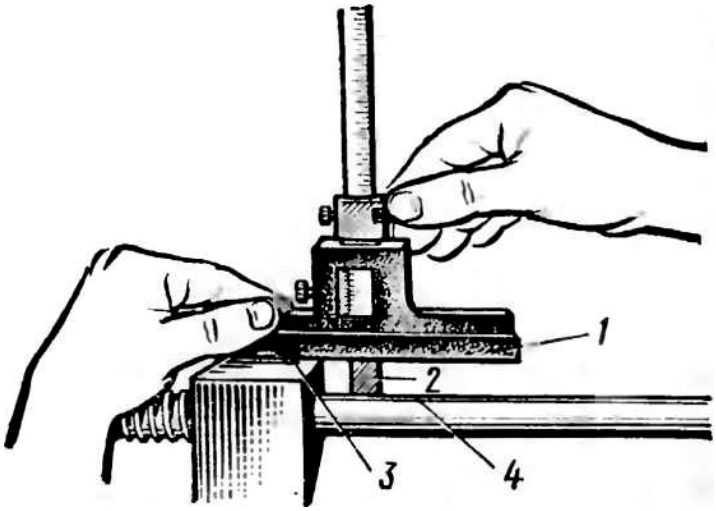


Рис.37. Рекомендуемые положения рук при применении штангенглубиномера

3. ШТАНГЕНРЕЙСМАСЫ

Штангенрейсмасы изготавливаются следующих типов (ГОСТ 164–90):

ШР – с отсчетом по нониусу; ШРК – с отсчетным устройством с круговой шкалой; ШРЦ – с электронным цифровым отсчетным устройством.

Штангенрейсмас (рисунок 38) предназначен для измерения высоты и разметочных работ.

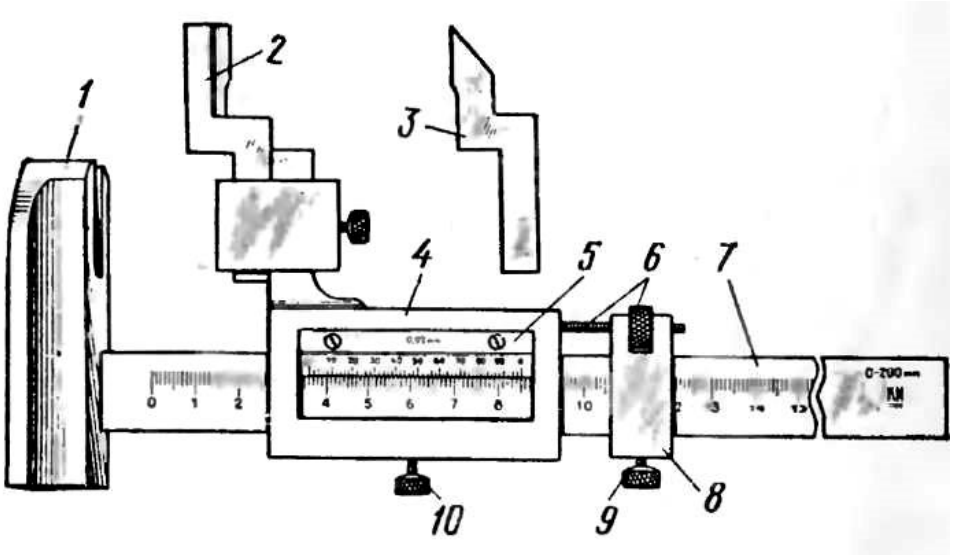


Рис.38. Общее устройство штангенрейсмаса марки ШР. 1 – основание; 2– измерительная ножка; 3 – разметочная ножка; 4 – рамка; 5 – нониус; 6 – винт и гайка микрометрической подачи; 7– штанга; 8 – рамка микрометрической подачи; 9 – зажим рамки микрометрической подачи; 10 – зажим рамки

Таблица 7

Метрологические характеристики штангенрейсмасов марки ШР

Модель	**Диапазон измерений, мм**	**Значение отсчета по нониусу, мм**	**Допустимая погрешность измерений, мм**
ШР-200	0-200	0,05	±0,05
ШР-300	0-300	0,05	±0,05
ШР-500	0-500	0,05	±0,05
ШР-600	0-600	0,05	±0,05
ШР-1000	0-1000	0,05	±0,05

Чтобы предупредить грубые ошибки при подготовке штангенрейсмасов к измерению, надо при сборке ножку установить в державке ниже губки рамки (рисунок 39). Иначе (если ножка будет выше губки рамки) ошибка будет равна сумме толщин ножки и губки рамки.

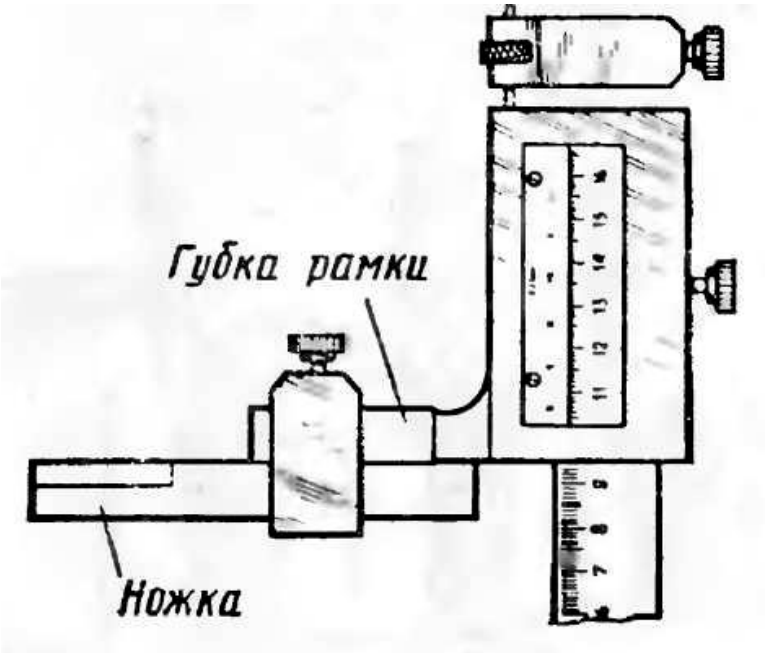
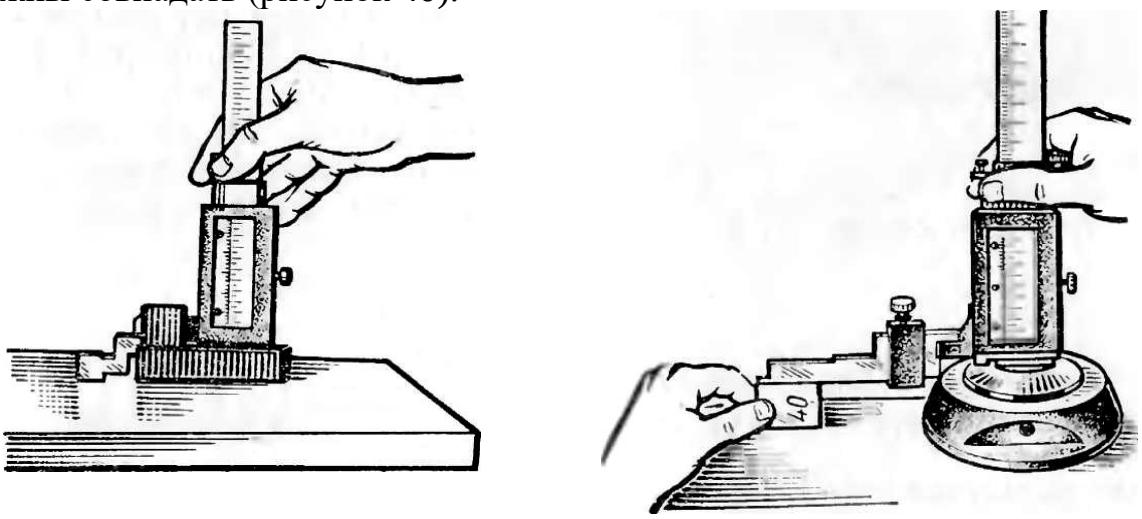


Рис.39. Установка ножки в державке ниже губки рамки

Проверка нулевого положения штангенрейсмаса

При отсутствии зазора между ножкой и плитой (или концевой мерой, равной нижнему пределу измерения) нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать (рисунок 40).



Пределы измерения 0–250 мм Пределы измерения 40–400 мм

Рисунок 40. Проверка нулевого положения штангенрейсмаса

Применение штангенрейсмаса

При измерении высоты левой рукой прижимают основание к плите, а правой рукой при помощи микроподачи доводят измерительную ножку до соприкосновения с поверхностью детали (рисунок 41).

При разметке после установки размера правой рукой, слегка прижимая основание к плите, перемещают штангенрейсмас относительно детали (рисунок 42).

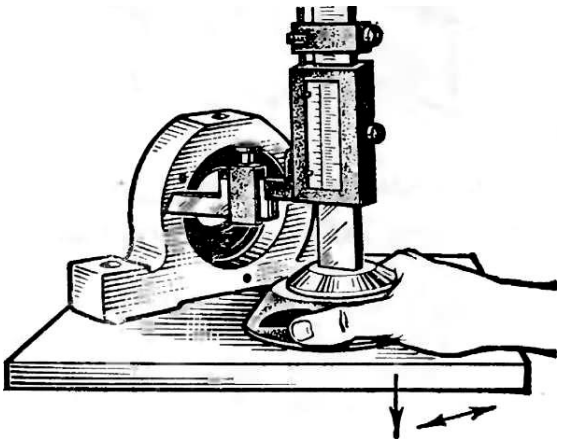


Рис. 40. – Измерение высоты

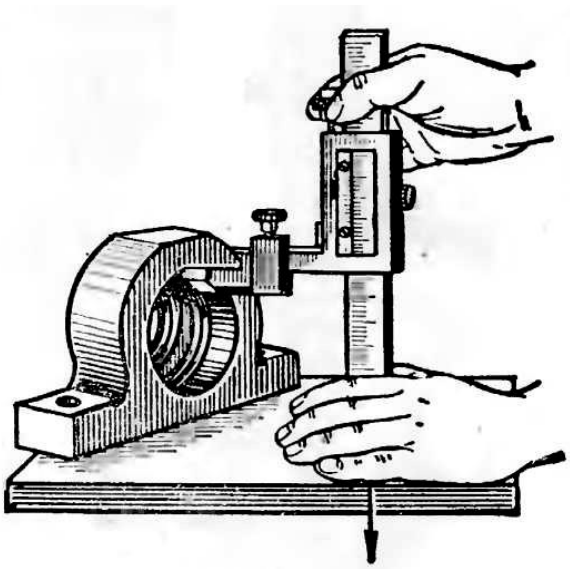


Рисунок 41. – Разметка

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите назначение и устройство штангенинструментов.
2. Перечислите основные метрологические показатели штангенинструментов.
3. Объясните методику измерения размеров деталей с помощью штангенинструментов.

ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ СТУДЕНТОВ В ЛАБОРАТОРИИ МЕТРОЛОГИИ

В лаборатории метрологии студентам для проведения работ предоставляется целый ряд измерительных приборов.

В целях исключения возможности поломок приборов студенты перед началом лабораторных занятий обязаны ознакомиться со следующими правилами поведения в лаборатории и в дальнейшем строго соблюдать их.

1. Нельзя перемещать детали приборов или инструментов рукой или с помощью инструментов (винты рейки и пр.), не ознакомившись предварительно с устройством прибора или инструмента по описанию (инструкции по эксплуатации).

2. Все детали приборов перемещаются плавно, без заеданий. В случае замеченных неисправностей следует немедленно обратиться к лаборанту за помощью.

3. Работая в лаборатории, студенты обязаны следить за чистотой на рабочем месте.

4. После выполнения лабораторной работы мерительный инструмент сдается лаборанту в полной комплектности и чистоте.

Приложение 1
(Справочное)

1. Шкала нониуса (11, 12)

Характерной особенностью штангенинструментов является наличие линейного нониуса (дополнительной шкалы) для отсчета целых и дробных величин цены деления штанги.

Нониус – это дополнительная шкала, нанесенная на линейке специального устройства. Нониус позволяет отсчитывать трудно оцениваемые на глаз доли целых делений основной шкалы, расположенной на штанге инструмента.

Принципиальное устройство нониусного отсчетного приспособления заключается в следующем. На вспомогательной шкале откладывают отрезок, равный целому числу делений основной шкалы. Число делений на этом отрезке берут на одно больше, чем на основной шкале.

Интервал деления нониусной шкалы равен (см. рис. 2,3)

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

где c – длина нониусной шкалы;
n – число делений нониуса.

Точность отсчета по нониусу, соответствующую понятию точности инструмента, определяют из уравнения

$$i = \frac{e}{n}, \qquad (2)$$

где e – интервал деления основной шкалы.

Шкалу нониуса, как правило, делают растянутой или модульной, т.е. деление шкалы нониуса делают больше b, увеличивая ее в γ раз. Величина γ называется модулем шкалы.

$$\gamma = \frac{b+i}{e}. \tag{3}$$

Точность отсчета любого нониусного приспособления равна частному от деления интервала или цены деления основной шкалы на число делений шкалы нониуса.

2. Порядок обработки и форма представления результата прямого измерения (6, 10)

1. Определяют среднее арифметическое из результатов наблюдений по формуле

$$\tilde{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i. \tag{4}$$

Величину $\tilde{x}$ принимают за результат измерения.

2. Оценивают среднее квадратическое отклонение результатов измерений по формуле

$$S_{\tilde{x}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \tilde{x})^2}. \tag{5}$$

3. Определяют границу неисключенной систематической погрешности результата измерения Θ.

В качестве границ, составляющих неисключенные систематические погрешности, принимают пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей средств измерений, если случайные составляющие погрешности пренебрежимо малы (6).

4. Результаты измерений представляются в форме

$$\tilde{x} = \ldots, S_{\tilde{x}} = \ldots, \; n = \ldots, \Theta = \ldots \tag{6}$$

Пример. При измерении некоторой величины были получены следующие значения: x_1 = 16,6; x_2 = 16,8; x_3 = 16,4; x_4 = 17,2; x_5 = 17,0; x_6 = 16,2; x_7 = 16,8; n = 7; Θ = 0,1. Определим величины $\tilde{x}$ и $S_{\tilde{x}}$ по формулам (4) и (5):

$$\tilde{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i = 16,71;$$

$$S_{\tilde{x}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \tilde{x})^2} = 0{,}14.$$

Результат представляем в виде

$\tilde{x} = 16{,}71;\ S_{\tilde{x}} = 0{,}14;\ n = 7;\ \Theta = 0{,}1.$

ЛИТЕРАТУРА

1. Берков В.И. Технические измерения (альбом) // Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1983. – 144 с.
2. Васильев А.С. Основы метрологии и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
3. ГОСТ 166-90 (СТ СЭВ 704-77 ¸ СТ СЭВ 707-77; СТ СЭВ 1309-78, ИСО 3599-76). Штангенциркули. Технические условия.
4. ГОСТ 162–90 (СТ СЭВ 704–77, СТ СЭВ 708–77, СТ СЭВ 1309–78). Штангенглубиномеры. Технические условия.
5. ГОСТ 164–90. Штангенрейсмасы. Технические условия.
6. ГОСТ 8.207-76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений.
7. Заляева Г.О., Алексейчук С.И. Стандартизация, сертификация и метрология // Сборник методических указаний. – Петропавловск-Камчатский: КГТУ, 2001. – 45 с.
8. Иванов А.И., Полещенков П.В. Практикум по взаимозаменяемости, стандартизации и техническим измерениям – М.: Колос, 1977. – 224 с.
9. Иванов Л.И. и др. Контрольно-измерительные приборы в сельском хозяйстве: Справочник. – М.: Колос, 1984. – 352 с.
10. Обработка результатов измерений // Методические указания Составители: Г.И.Весничева, В.Ф.Худяков, З.К.Яковлева и др. – С.-Пб., 2003. – 46 с.
11. Простейшие механические средства измерений линейных и угловых размеров // Лабораторный практикум по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» Составитель Г.Р.Муртазин – Казань: КГАУ, 2007. – 30 с.
12. Серый И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Агропромиздат, 1987. – 367 с.
13. Технический паспорт на штангенциркуль ШЦ-I.
14. Технический паспорт на штангенциркуль ШЦК-I.
15. Технический паспорт на штангенциркуль ШЦЦ-I.
16. Технический паспорт на штангенглубиномер ШГ.
17. Технический паспорт на штангенрейсмас ШР.

ГАБДУЛЛИН Талгат Ривгатович
ЗАЙСАНОВ Радик Рафикович

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация»

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ
С ПОМОЩЬЮ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТОВ

Редакция и корректура авторов.

Подписано в печать 2011 г.
Формат 60x84 1/16.
Бумага тип № 1. Тираж 30 экз. Заказ
усл. печ. л.2,2. Уч.-изд. 1.2.2
Печатно-множительный отдел КазГАСУ.
420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1.