

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ, МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЯ И ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Часть 2

Учебно-методическое пособие

к выполнению лабораторных работ № 5–7 по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация»,
«Метрология», «Метрологическое обеспечение
машиноприборостроительного производства»
для студентов очной и заочной форм обучения
по направлению 12.03.01 – Приборостроение

Севастополь
СевГУ
2018

УДК 621.37 (075.8)

Рецензент:

А.Ю. Тараховский – к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения»

Составители: А.П. Васютенко, Л.В. Ефремова, Н.А. Балакина

Изучение конструкции, методик измерения и поверки средств линейных и угловых измерений (Часть 2): учеб.-метод. пособие к выполнению лабораторных работ / Сост. А.П. Васютенко, Л.В. Ефремова, Н.А. Балакина. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 56 с.

Предназначены для учебно-методического обеспечения по дисциплинам «Метрология, стандартизация и сертификация», «Метрология», «Метрологическое обеспечение машиноприборостроительного производства».

Целью учебно-методического пособия является ознакомление студентов со средствами измерения линейных размеров таких как плоскопараллельные концевые меры, микрометр рычажный, измерительные головки и их основными техническими и метрологическими характеристиками, с конструкцией, методикой поверки рычажного микрометра и методикой измерений калибра-скобы с помощью плоскопараллельных концевых мер длины. Овладение практическими навыками проведения сравнительной оценки средств измерений по требуемым параметрам с целью выбора оптимального варианта измерительного средства для проведения измерений линейных размеров, а также поверки рычажного микрометра и методикой измерений калибра-скобы концевыми мерами.

УДК 621.37 (075.8)

Учебно-методическое пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры «Приборные системы и автоматизация технологических процессов», протокол № 4 от 30 ноября 2017 г.

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия для студентов очной и заочной форм обучения по направлению 12.03.01 – «Приборостроение».

Изд. № 121/17. Объем 3,25 п.л.

РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ПОВЕРКА РЫЧАЖНОГО МИКРОМЕТРА

ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ КОНЦЕВЫМИ МЕРАМИ ДЛИНЫ.. 5

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	5
1.1. Назначение	5
1.2. Метрологическая характеристика прибора	5
1.3. Конструкция прибора	5
2. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ	6
3. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ.....	6
3.1. Определение погрешности показаний по шкале отсчетного устройства	6
3.2. Определение вариации показаний.....	7
3.3. Определение погрешности показаний микрометров	7
4. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ	8
5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	8
6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	10
7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	10

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ИЗНОСА КАЛИБРА-СКОБЫ

С ПОМОЩЬЮ КОНЦЕВЫХ МЕР 11

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	11
1.1. Назначение	11
1.2. Составление блока концевых мер	16
2. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ.....	18
3. Измерение ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО размера КАЛИБРА-скобы	18
4. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ	19
5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	19
6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	23
7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	23

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И ИХ ОСНОВНЫЕ

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 24

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ 24

1.1. Средства измерений и их основные характеристики 24

1.2. Измерение геометрических величин..... 26

1.3. Нормирование погрешности средств измерений..... 39

2. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ 47

3. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ 48

4. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ 48

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ 48

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА..... 50

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 51

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 51

ПРИЛОЖЕНИЕ А..... 52

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ПОВЕРКА РЫЧАЖНОГО МИКРОМЕТРА

ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ КОНЦЕВЫМИ МЕРАМИ ДЛИНЫ

Цель работы: ознакомление студентов с конструкцией, принципом измерения и методикой поверки рычажных микрометров.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Назначение

Рычажные микрометры (микрометры типа МР) предназначены для абсолютных измерений наружных размеров деталей (диаметров, высоты, толщины). Рычажные микрометры могут применяться также для относительных измерений при настройке их по концевым мерам длины.

1.2. Метрологическая характеристика прибора

Технические характеристики рычажных микрометров представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Технические характеристики рычажных микрометров

Тип	Пределы измерения, мм	Отсчетное устройство		Ход микрометрического винта, мм
		Цена деления, мм	Пределы показаний, мм	
МР	0...25; 25...50	0,002	±0,02	25

1.3. Конструкция прибора

Микрометры типа МР имеют встроенные внутрь корпуса рычажно-зубчатые передаточные механизмы.

Внешний вид рычажного микрометра показан на рис. 5.1.

Рычажный микрометр включает в себя следующие элементы: скобу 1, подвижную пятку 2, микрометрический винт 3, стопорную гайку 4, стебель 5, на котором нанесена шкала с ценой деления 0,5 мм, барабан 6 со шкалой (цена деления шкалы 0,01 мм), гайку 7 крепления барабана 6, кнопку 8 арретира подвижной пятки 2, указатели 9 пределов поля допуска, стрелку 10 и шкалу отсчетного устройства с ценой деления 0,002 мм.

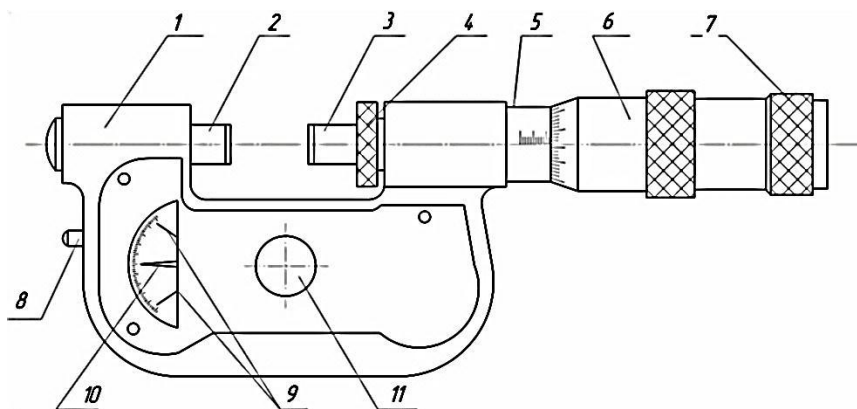


Рисунок 5.1 – Внешний вид рычажного микрометра
 1 – скоба, 2 – подвижная пятка, 3 – микрометрический винт,
 4 – стопорная гайка, 5 – стебель, 6 – барабан, 7 – гайка,
 8 – арретир, 9 – указатели интервала допуска, 10 – стрелка

2. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

Перед началом работы необходимо произвести настройку прибора. Настройка микрометра осуществляется следующим образом: поместить концевую меру длины между микрометрическим винтом 3 и подвижной пяткой 2 и вращая микрометрический винт, установить стрелку отсчетного устройства на ноль, а затем закрепить стопорную гайку 4. Освободить гайку 7 крепления барабана 6, повернуть его таким образом, чтобы нулевой штрих шкалы барабана совпал с горизонтальным штрихом шкалы на стебле 5 и закрепить барабан гайкой 7.

3. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

3.1. Определение погрешности показаний по шкале отсчетного устройства

Погрешность показаний по шкале отсчетного устройства (без учета погрешности микрометрического винта) во всем диапазоне показаний по шкале $\pm 0,02$ мм не должна превышать $\pm 0,5$ цены деления, что соответствует $[\Delta_{\text{ш}}] = \pm 1$ мкм для микрометров типа МР.

Определение погрешности показаний по шкале отсчетного устройства рычажно-зубчатого механизма производится в десяти точках шкалы с помощью концевых мер длины 4-го разряда, имеющих следующие размеры: 1,0; 1,002; 1,006; 1,01; 1,02 мм.

Порядок проведения поверки следующий.

Концевую меру размером 1,0 мм помещают между измерительными поверхностями микрометра, устанавливают на шкале рычажно-зубчатого механизма нулевой отсчет и фиксируют микрометрический винт 3

стопорной гайкой 4. Затем, удалив эту меру, пользуясь кнопкой арретира 8, последовательно помещают на ее место остальные меры и фиксируют показания по шкале отсчетного устройства. Результаты заносятся в таблицу. Таким образом, поверяется правая часть шкалы.

Не удаляя меру размером 1,02 мм, откручивают стопорную гайку 4, с помощью микрометрического винта вновь устанавливают на шкале нулевой отсчет и фиксируют микрометрический винт гайкой 4. Процесс поверки повторяют в обратном порядке, в результате чего стрелка будет перемещаться по левой части шкалы. Результаты также заносятся в таблицу.

3.2. Определение вариации показаний

Вариация показаний в пределах шкалы отсчетного устройства не должна превышать $1/3$ цены деления шкалы, что соответствует $[\Delta_v] = 0,7$ мкм для микрометров типа МР.

Вариацию показаний определяют для нулевого, верхнего и нижнего участков шкалы отсчетного устройства микрометра, закрепленного в стойке, путем 5-кратного арретирования подвижной пятки 2, приводя ее в контакт с измерительной поверхностью микрометрического винта 3 у микрометров с пределами измерений 0...25 мм. Стопорную гайку 4 при определении вариации показаний фиксируют. После каждого арретирования производят отсчет по шкале отсчетного устройства.

Разность между наибольшим и номинальным показаниями принимают за вариацию показаний, которая не должна превышать установленного допуска.

3.3. Определение погрешности показаний микрометров

Погрешность показаний рычажных микрометров в любом рабочем положении не должна превышать $[\Delta_n] = \pm 3$ мкм для микрометров типа МР.

Определение погрешности показаний микрометров типа МР производится в нескольких точках шкалы микрометрического винта и рычажно-зубчатого механизма отсчетного устройства путем непосредственного сравнения показаний микрометра с длиной плоскопараллельных концевых мер (блоков мер) 4-го разряда.

В соответствии с поверяемыми точками шкал микрометров рекомендуются меры или блоки мер, указанные в табл. 5.2.

Таблица 5.2 – Рекомендуемые значения длин концевых мер для поверки шкал микрометров

Тип микрометров	Пределы измерений, мм	Значения длин концевых мер, мм
МР	0...25	5,12; 10,24; 15,36; 21,48; 25,0
	25...50	30,12; 35,24; 40,36; 46,48; 50,0

Определение погрешности показаний микрометров может производиться в других точках с условием, что точки шкалы будут проверены не на одном обороте, а на всем пределе перемещения микрометрического винта.

При поверке микрометрический механизм устанавливают в положение соответствующее номинальному размеру концевых мер, а отсчеты после установки мер снимают по шкале рычажно-зубчатого механизма.

Например, при поверке по концевым мерам (блокам мер) номинальных размеров 5,12; 10,24 мм и т.д. на шкале микрометрического механизма устанавливают показания 5,12; 10,24 мм.

Результаты измерения концевых мер (блоков мер) не должны отличаться от указанных в аттестате более, чем на величину допускаемой погрешности показаний микрометра $[\Delta_{\mu}]$.

4. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Изучить конструкцию и методику настройки рычажного микрометра.
2. Изучить методики определения погрешности показаний по шкале отсчетного устройства и вариации показаний микрометра.
3. Изучить методику определения погрешности показаний микрометра в нескольких точках шкалы микрометрического винта.
4. Провести поверку микрометра по указанным параметрам.
5. Сделать заключение о годности микрометра, оформить отчет по выполненной работе.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Поверка микрометра рычажного проводится в следующей последовательности:

1. Определение погрешности показаний по шкале отсчетного устройства (правая и левая часть шкалы). Результаты заносятся в табл. 5.3.
2. Определение вариации показаний.

Вариацию показаний определяют для нулевого, верхнего и нижнего участков шкалы отсчетного устройства. Вариация показаний не должна превышать установленного допуска. Результаты определения вариации показаний заносят в табл. 5.4.

3. Определение погрешности показаний микрометров

Погрешность показаний рычажных микрометров в любом рабочем положении не должна превышать $[\Delta_{\mu}] = \pm 3$ мкм.

Поверка производится при горизонтальном положении микрометра скоба снизу. Результаты поверки заносятся в табл. 5.5.

Таблица 5.3 – Результаты поверки погрешности показаний по шкале отсчетного устройства

Размер меры, мм	Правая часть шкалы		Левая часть шкалы	
	Показание по шкале, мкм	Погрешность Δ , мкм	Показание по шкале, мкм	Погрешность Δ , мкм
1,0				
1,002				
1,006				
1,01				
1,02				
Заключение о годности				

Таблица 5.4 – Результаты определения вариации показаний

Участок шкалы, мм	№ измерений	Показания по шкале, мкм	Вариация показаний, мкм	Допуск	Заклучения о годности
«+0,02»	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
«0»	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
«-0,02»	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

Таблица 5.5 – Результаты поверки погрешности показаний микрометра

Тип	Пределы измерения, мм	Номинальный размер мер (блоков), мм	Отклонение измеренного значения меры от номинального	Заключение о годности
МР	0...25	5,12		
		10,24		
		15,36		
		21,48		
		25,00		

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Титульный лист, наименование и цель работы
2. Технические характеристики микрометров типа МР.
3. Таблицы результатов поверки погрешности показаний по шкале, вариации показаний и погрешности показаний микрометра.
4. Выводы.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение и устройство микрометров.
2. Приведите основные метрологические характеристики рычажных микрометров типа МР.
3. Как осуществляется настройка микрометров?
4. Как определить погрешность показаний по шкале отсчетного устройства микрометра?
5. Как определить вариацию показаний?
6. В каких точках определяется погрешность показаний микрометра?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ИЗНОСА КАЛИБРА-СКОБЫ С ПОМОЩЬЮ КОНЦЕВЫХ МЕР

Цель работы: ознакомление студентов с плоскопараллельными концевыми мерами длины, определение степени износа калибра-скобы с помощью концевых мер.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Назначение

Калибры – средства измерительного контроля, предназначенные для проверки соответствия действительных размеров, формы и расположения поверхностей деталей заданным требованиям.

Калибры применяют для контроля деталей в массовом и серийном производствах. Калибры бывают нормальные и предельные.

Нормальный калибр – однозначная мера, которая воспроизводит среднее значение (значение середины поля допуска) контролируемого размера. При использовании нормального калибра о годности детали судят по зазорам между поверхностями детали и калибра. Оценка зазора, следовательно, результаты контроля в значительной мере зависят от квалификации контролера и имеют субъективный характер.

Предельные калибры обеспечивают контроль по наибольшему и наименьшему предельным значениям параметров. Изготавливают предельные калибры для проверки размеров цилиндрических и конических поверхностей, глубины и высоты уступов, параметров резьбовых и шлицевых поверхностей деталей. Изготавливают также калибры для контроля расположения поверхностей деталей, нормированных позиционными допусками, допусками соосности и др.

При контроле предельными калибрами деталь считается годной, если проходной калибр под действием силы тяжести проходит, а непроходной калибр не проходит через контролируемый элемент детали. Результаты контроля практически не зависят от квалификации оператора.

По конструкции калибры для контроля сопрягаемых поверхностей (гладких, шлицевых, резьбовых) делятся на пробки и скобы. Для контроля отверстий используют калибры-пробки, для контроля валов – калибры-скобы.

Внешний вид калибра-скобы показан на рис. 6.1.



Рисунок 6.1 – Внешний вид калибра-скобы

Калибры для контроля валов нормированы следующими стандартами:

ГОСТ 18358-93, ГОСТ 18360-93, ГОСТ 18365-93, ГОСТ 18367-93 «Калибры-скобы для диаметров от 1 до 360 мм. Конструкция и размеры»;

ГОСТ 16775-93 «Калибры-скобы гладкие, оснащенные твердым сплавом, для диаметров от 3 до 180 мм. Размеры».

Комплект рабочих предельных калибров для контроля гладких цилиндрических поверхностей деталей включает:

- проходной калибр (ПР), номинальный размер которого равен наибольшему предельному размеру вала или наименьшему предельному размеру отверстия;

- непроходной калибр (НЕ), номинальный размер которого равен наименьшему предельному размеру вала или наибольшему предельному размеру отверстия.

Для всех калибров устанавливают допуски на изготовление, а для проходного калибра, который при контроле детали изнашивается более интенсивно, дополнительно устанавливают границу износа.

Стандартом установлены следующие допуски на изготовление калибров:

H – допуск на изготовление калибров для отверстия;

H_s – допуск на изготовление калибров со сферическими измерительными поверхностями (для отверстия);

H_1 – допуск на изготовление калибров для вала;

H_p – допуск на изготовление контрольного калибра для скобы.

Износ проходных калибров ограничивают значениями:

Y – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для отверстия за границу поля допуска изделия;

Y_1 – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для вала за границу поля допуска изделия.

Для калибра-скобы установлен допуск H_1 , который используется при изготовлении этого калибра. Для калибра ПР помимо допуска на изготовление H_1 установлено отклонение Y_1 на износ. Объясняется это тем, что непроходная сторона НЕ калибра-скобы при контроле изделия почти не соприкасается своей измерительной поверхностью детали, а проходная сторона ПР, проходя через годную деталь, соприкасается с поверхностью контролируемой детали, изнашивается и поэтому для проходной стороны ПР калибра-скобы устанавливается величина допуска на износ.

На эскизах рабочих калибров следует указывать:

- исполнительные размеры. Исполнительным называется размер калибра, по которому изготавливается новый калибр. Для калибров-скоб – наименьший размер с положительным отклонением H_1 ;

- допуски формы, а при необходимости и расположения калибров. Числовые значения допусков формы выбирают из ГОСТ 24853-81 в зависимости от качества допусков изделий;

- шероховатость поверхности. Числовое значение высотного параметра шероховатости не должно превышать значения установленного в ГОСТ 2015-84;

- другие размеры, необходимые для изготовления;

- твердость рабочих поверхностей в соответствии с требованиями ГОСТ 2015-84;

- маркировку калибров.

При маркировке на поверхность калибра наносят:

- номинальный размер поверхности, для контроля которой предназначен калибр;

- класс допуска контролируемой поверхности;

- тип калибра (ПР, НЕ, К-ПР и т. д.);

- числовые значения предельных отклонений (в миллиметрах) в соответствии с интервалом допуска контролируемой поверхности;

- товарный знак завода-изготовителя.

Эскиз калибра скобы представлен на рис. 6.2.

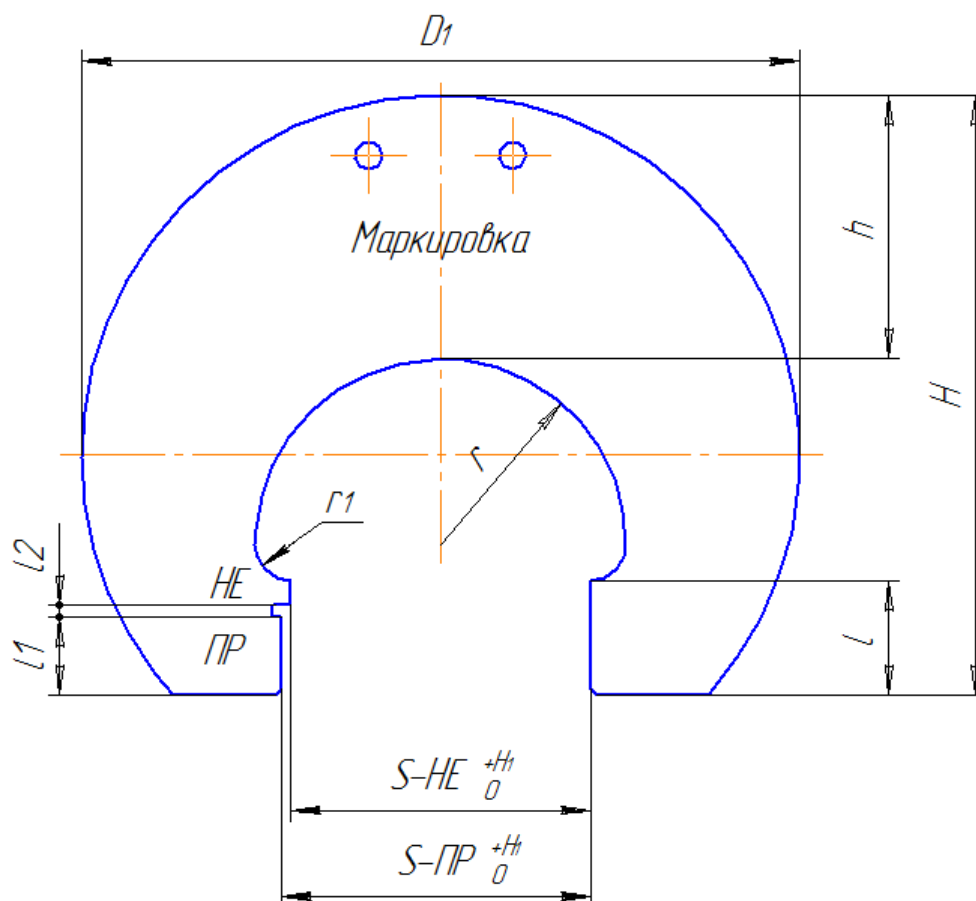


Рис. 6.2 – Эскиз калибра скобы

Примечание:

Вместо слова маркировка следует написать маркировку по ГОСТ 2015-84.

Плоскопараллельными концевыми мерами длины (ПКДМ) называют меры, имеющие форму прямоугольного параллелепипеда или режы цилиндра с двумя плоскими взаимно параллельными измерительными поверхностями. Концевые меры длины (КМД) выполняют в виде прямоугольных призм, у которых по две рабочих поверхности выполнены (доведены) наиболее тщательно по чистоте поверхности, плоскостности, параллельности и размерам между измерительными плоскостями.

Концевые меры выпускаются наборами, которые могут состоять из 83 (набор № 1), 38 (набор № 2), 10 (набор № 4) и т.д. мер.

На каждой мере нанесена маркировка – значение ее номинальной длины. К наборам прилагаются аттестаты, в которых указаны номинальные размеры плиток, отклонения от номинальных размеров, разряд набора, средства измерения, используемые при аттестации.

На каждой концевой мере должно быть нанесена маркировка – значение ее номинальной длины.

Нормируемые параметры концевой меры:

- *длина* – длина перпендикуляра, опущенного из данной точки измерительной поверхности концевой меры на ее противоположную измерительную поверхность;

- *отклонение длины от номинальной* – наибольшая по абсолютному значению разность между длиной концевой меры в любой точке и номинальной длиной концевой меры;

- *отклонение от плоскостности и параллельности* – разность между наибольшей и наименьшей длинами концевой меры.

Концевые меры длины применяют для точных измерений линейных размеров, как на производстве, так и в лабораториях и считают самым надежным и точным средством измерений.

В российских стандартах меры подразделяются на образцовые и рабочие. Первые используются в качестве исходных эталонов в калибровочных и измерительных лабораториях для поверки инструментов и рабочих мер. При производстве, для задания размеров и настройки станков, используются рабочие концевые меры длины. ГОСТ 9038-90 устанавливает следующие классы точности концевых мер: 00; 01; 0; 1; 2; 3. Класс точности концевой меры определяется точностью их изготовления. Класс точности меры показывает, какое отклонение имеет действительный размер меры от ее номинального размера и допускаемое отклонение от плоскостности и параллельности. Таким образом, класс 00 самый точный, то есть, концевые меры в этом классе имеют самый маленький допуск на изготовление по сравнению с мерами тех же номиналов в других классах. Класс точности присваивается каждой мере при контроле годности ее изготовления и при проверке ее состояния в процессе эксплуатации. Класс точности указывают для рабочих ПКМД.

Международный стандарт ISO 3650:1998 устанавливает четыре класса плоскопараллельных концевых мер длины – К, 0, 1 и 2. Первые два являются образцовыми, классы 1 и 2 – как рабочие для измерений, калибровки измерительных инструментов и настройки станков:

- КМД класса точности 2 обычно используют как «Рабочие эталоны» в измерительных лабораториях для установки приборов и инструментов при относительных измерениях и их калибровки, а также для настройки контрольных приспособлений и станков.

- КМД класса точности 1 в основном используют как «Рабочие эталоны» в измерительных лабораториях и контрольных пунктах для калибровки приборов и инструментов и для точных измерений;

- КМД класса точности 0 используют в качестве «Исходного эталона» (образцового средства) в калибровочных и измерительных

лабораториях в термоконтактных помещениях для поверки и калибровки КМД, приборов, инструментов и калибров и для выполнения очень точных измерений;

- КМД класса точности К используют в качестве «Исходного эталона» (образцового средства) в калибровочных и измерительных лабораториях государственных метрологических институтов и сертифицированных центров для поверки и калибровки КМД, эталонов длины, приборов, инструментов и калибров. КМД класса точности К являются самым точным эталоном.

С целью повышения точности концевых мер длины (для случая использования их в качестве образцовых) помимо классов точности установлены еще и разряды концевых мер.

Разряды – это ряды величин погрешностей измерения, допускаемые при аттестации ПКМД. Разряд концевых мер длины показывает, с какой погрешностью измерения производится аттестация действительного размера длины концевой меры. Установлены следующие разряды точности ПКМД – 1, 2, 3, 4 (в порядке убывания точности). Разряд указывают для образцовых ПКМД.

Таким образом, плоскопараллельные концевые меры можно использовать по классам и разрядам. При использовании плиток по классам номинальные размеры (размеры, выгравированные на плитках) принимаются за истинные, а при использовании плиток по разрядам за истинные размеры принимаются размеры, указанные в аттестате.

Использование плоскопараллельных концевых мер по разрядам дает более высокую точность измерения, чем использование плоскопараллельных концевых мер по классам, но измерение является более трудоемким.

Измерительные (рабочие) поверхности концевых мер обладают свойством сцепляемости (притираемости). Притираемость измерительных поверхностей концевой меры – это способность измерительных поверхностей КМД сцепляться друг с другом при смещении в плотно прижатом состоянии. Такое сцепление (притирание) КМД происходит благодаря высокой плоскостности и малой шероховатости их измерительных поверхностей и позволяет собирать из отдельных мер блоки КМД. Суммарный размер такого блока равен сумме размеров мер, вошедших в него. Блоки из КМД можно получить практически любого требуемого размера.

1.2. Составление блока концевых мер

Блок плиток (концевых мер) требуемого размера следует составлять из наименьшего возможного числа плиток (предпочтительно не более пяти) с целью получения наименьшей погрешности. Прежде чем набирать

плитки в блок, следует определить, из каких плиток он будет составлен. Для этого необходимо ознакомиться с набором плоскопараллельных концевых мер длины (плиток).

Номинальные значения длины концевых мер должны соответствовать указанным в табл. 6.1.

Таблица 6.1 – Номинальные значения длины концевых мер

Градация концевых мер	Номинальные значения длины концевых мер				
-	1,0005				
0,001	От	0,99	до	1,01	включ.
	»	1,99	»	2,01	»
	»	9,99	»	10,01	»
0,005	От	0,40	до	0,41	включ.
0,05	От	0,1	до	0,7	включ.
	»	0,9	»	1,5	»
	»	2	»	3	»
	»	9,9	»	10,1	»
0,1	От	0,1	до	3	включ.
0,5	От	0,5	до	25	включ.
1	От	1	до	25	включ.
10	От	10	до	100	включ.
25	От	25	до	200	включ.
50	От	50	до	300	включ.
100	От	100	до	1000	включ.

Наиболее быстро блок требуемого размера можно составить методом исключения наименьшего знака.

Пример.

Требуется составить блок размером 46,875 мм

Первая плитка, входящая в блок – 1,005мм

Остаток – 45,87мм

Вторая плитка, входящая в блок – 1,37мм

Остаток – 44,5 мм

Третья плитка, входящая в блок – 4,5 мм

Остаток – 40 мм

Четвертая плитка, входящая в блок – 40 мм.

Таким образом, блок заданного размера будет составлен из следующих 4-х плиток: $1,005 + 1,37 + 4,5 + 40 = 46,875$ мм.

Примечание: Вторую плитку рекомендуется подбирать так, чтобы остаток оканчивался на 0 или 0,5.

Пример.

Требуется составить блок размером 46,995 мм. Так как после запятой имеем величину 0,995 (на 5 микрон меньше миллиметра), целесообразно

воспользоваться минусовым микронным набором плиток. При этом блок можно составить из следующих плиток:

Первая плитка – 0,995мм,

Остаток – 46 мм,

Вторая плитка – 6 мм,

Третья плитка – 40 мм.

Таким образом, блок заданного размера можно составить из следующих 3-х плиток: $0,995+6+40 = 46,995$ мм.

Измерительные поверхности плиток, из которых составляют блоки, следует тщательно протирать от загрязнения, затем плитки притираются сдвигом или поворотом при плотном прижатии друг к другу, чтобы они получили хорошее сцепление.

Плитки тонкие следует прижимать по всей поверхности во избежание их деформации и для обеспечения притирки по всей плоскости.

Загрязненные поверхности плохо притираются, это приводит к погрешности в размере блока, а так же к возможности повреждения плиток.

2. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

2.1. Убедиться, что каждая мера освобождена от смазки.

2.2. Тщательно промыть авиационным бензином по ГОСТ 1012-72.

2.3. Вытереть насухо чистой сухой салфеткой из хлопчатобумажной ткани.

3. ИЗМЕРЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО РАЗМЕРА КАЛИБРА-СКОБЫ

Для измерения проходного размера калибра-скобы в зев скобы вводят блок плиток. При этом измерительные поверхности скобы не должны иметь загрязнений, забоин, царапин. При вводе следует избегать перекосов и применения большого усилия. В случае, если блок выпадет, не входит или входит очень туго, заменяют одну (как правило, микронную) или две плитки, уменьшая или увеличивая размер блока до тех пор, пока блок будет удерживаться в зеве скобы трением. Размер блока, подобранный таким образом, принимается за действительный размер скобы.

При измерении скоб малых размеров – менее 20 мм – блок должен перемещаться с небольшим трением при плотном прилегании к рабочим поверхностям скобы. Удерживание собственного веса трением для скоб малых размеров является недостаточным критерием припасовки.

Аналогично измеряется непроходной размер калибра-скобы.

Примечание: при измерении не разрешается брать руками измерительные поверхности плиток и класть плитки на стол рабочими поверхностями или навалом.

Плитки, освободившиеся от работы, следует немедленно класть в футляр в соответствующую ячейку (не задерживать неиспользуемые плитки у себя).

4. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Изучить характеристики и параметры плоскопараллельных мер длины.
2. Изучить методику составления блоков концевых мер.
3. Изучить параметры измеряемого калибра-скобы.
4. Составить необходимые для измерения калибра-скобы блоки концевых мер.
5. Провести измерения калибра-скобы и сделать заключение о годности, оформить отчет по работе.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с калибром-скобой и выполнить его эскиз. Параметры калибра-скобы представлены в табл. 6.2.

Таблица 6.2.– Параметры измеряемого калибра-скобы

Маркировка калибра-скобы	Номинальный размер, d_n , мм	Квалитет	Предельные отклонения, мм	Предельные размеры контролируемого вала	
				Макси-мальный $d_{\max} = d_n + es$	Мини-мальный $d_{\min} = d_n + ei$
120u8	120	8	$es = +198$ $ei = +144$		

2. По ГОСТ 24853-81 или табл. 6.3 определить допуск на изготовление калибра-скобы H_1 и отклонения Z_1 и Y_1 .

Таблица 6.3 – Допуски и отклонения калибров (ГОСТ 24853 – 81)

Квалитеты допусков изделий	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм									Допуск на форму калибра
		до 3	св.3 до 6	св.6 до 10	св.10 до 18	св.18 до 30	св. 30 до 50	св.50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180	
		Размеры и допуски, мкм									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	IT1 IT2 IT1
	Y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	
	Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	
	Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	
	H; H _S	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
	H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
	H _P	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	
7	Z; Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	IT2 IT1 IT1
	Y ₁ ; Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	
	H; H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
	H _S	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
	H _P	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	
8	Z; Z ₁	2	3	3	4	5	6	7	8	9	IT2 IT3 IT1
	Y; Y ₁	3	3	3	4	4	5	5	6	6	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	
	H _S ; H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
9	Z; Z ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18	IT2 IT3 IT1
	Y; Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	4	6	8	
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	
	H _S ; H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
10	Z; Z ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18	IT2 IT3 IT1
	Y; Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	
	H _S ; H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
11	Z; Z ₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32	IT4 IT3 IT1
	Y; Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H; H ₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18	
	H _S	-	-	4	5	6	7	8	10	12	
	H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
12	Z; Z ₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32	IT4 IT3 IT1
	Y; Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H; H ₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18	
	H _S	-	-	4	5	6	7	8	10	12	
	H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	

3. Рассчитать размеры проходного S-ПР и непроходного S-НЕ калибра-скобы и предельный размер изношенного проходного калибра S-И по формулам:

$$S - PP = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2};$$

$$S - HE = d_{\min} - \frac{H_1}{2};$$

$$S - I = d_{\max} + Y_1,$$

где H_1 – допуск на изготовление калибра-скобы, мм;

Z_1 – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного S-PP калибра-скобы (относительно наибольшего размера вала);

Y_1 – допуск на износ.

4. Найти предельные размеры проходного и непроходного калибра-скобы, с учетом того, что отклонение размера калибра-скобы равно $+H_1$.

Определить предельные размеры проходного S-PP калибра-скобы.

Минимально допустимый:

$$S - PP_{\min} = S - PP.$$

Максимально допустимый:

$$S - PP_{\max} = S - PP + H_1.$$

Определить предельные размеры непроходного S-HE калибра-скобы.

Минимально допустимый:

$$S - HE_{\min} = S - HE.$$

Максимально допустимый:

$$S - HE_{\max} = S - HE + H_1.$$

Результаты расчетов занести в табл. 6.4.

5. Составление блока плиток (концевых мер).

Составить блоки концевых мер, размеры которых соответствуют наибольшему и наименьшему предельным размерам проходной и непроходной сторон калибра-скобы (табл. 6.4).

Таблица 6.4 – Предельные размеры калибра-скобы, мм

Наименование	Размеры калибра-скобы, мм		Предельные размеры калибра-скобы, мм	
	Обозначение	Значение	Обозначение	Значение
Проходная сторона	$S - PP$		$S - PP_{\min}$	
			$S - PP_{\max}$	
Проходная изношенная	$S - И$		–	–
Непроходная сторона	$S - HE$		$S - HE_{\min}$	
			$S - HE_{\max}$	

6. Проверка проходной стороны $S - PP$ калибра-скобы.

Набрать блок концевых мер размером, равным наибольшему предельному размеру проходной стороны рабочей скобы $S - PP_{\max}$. Для этого сначала определить размеры отдельных концевых мер длины, необходимых для составления блока размера $S - PP_{\max}$, используя различные наборы мер. Блок должен состоять из возможно меньшего количества мер.

Введите блок концевых мер длины между измерительными поверхностями проходной стороны скобы ПР.

Размер скобы равен размеру блока, если при перемещении блока с небольшим усилием между измерительными поверхностями скобы ощущается плотное соприкосновение поверхностей скобы и блока и отсутствие качки.

Если блок не входит в скобу или ощущается зазор между ними и поверхностями скобы, надо уменьшить или увеличить размер блока путем замены одной плитки другой и произведите проверку повторно.

Действительным размером проходной стороны скобы $S - PP$ будет являться тот блок мер, который удерживается собственной массой, но при уменьшении на размер 0,001 мм выпадает.

Определите степень износа проходной стороны рабочего калибра-скобы $S - PP$ и дайте заключение о степени износа и годности скобы ПР: калибр-скоба годная, если

$$S - PP_{\min} \leq S - PP_{\text{изм}} \leq S - PP_{\max}$$

и изношена, если

$$S - PP_{\text{изм}} < S - PP_{\min}$$

или

$$S - PP_{\text{изм}} > S - И .$$

7. Аналогично проводится проверка непроходной стороны $S - HE$ калибра-скобы.

Размеры плиток, составляющие действительные размеры калибра-скобы занести в табл. 6.5.

Таблица 6.5. – Размеры плиток, составляющие действительные размеры калибра-скобы

Плитки	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я
$S - PP$					
$S - HE$					

Результаты измерений занести в табл. 6.6 и дать заключение о годности калибра-скобы.

Таблица 6.6 – Результаты измерения

Результаты измерений калибра-скобы		Заключение о годности
S–PP	S–HE	

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Основные характеристики плоскопараллельных концевых мер длины.
2. Порядок составления блоков концевых мер.
3. Выполнить эскиз калибра-скобы с указанием маркировки.
4. Параметры (предельные размеры) измеряемого калибра-скобы.
5. Результаты измерений и заключение о годности калибра-скобы.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение концевых мер длины.
2. Классы точности и разряды концевых мер длины.
3. Методы измерения.
4. Наборы концевых мер.
5. Порядок составления блоков концевых мер.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И ИХ ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Цель работы: изучение технических и метрологических характеристик средств измерений линейных величин.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Средства измерений и их основные характеристики

Все измерения выполняются с помощью *средств измерений (СИ)* – технических средств, предназначенных для измерений и имеющих нормированные (установленные) метрологические характеристики. Разработка СИ является задачей приборостроения. В метрологии СИ рассматриваются с точки зрения их единой классификации и выявления параметров, которые обеспечивают получение результата измерений с заданной точностью.

Измерение – это процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны величине (РМГ 29–2013).

Измерение предусматривает описание величины в соответствии с предполагаемым использованием результата измерения, методику измерений и средство измерений, функционирующее в соответствии с регламентированной методикой измерений и с учетом условий измерений.

Технические средства, специально предназначенные для измерений называют *средствами измерительной техники*. К средствам измерительной техники (СИТ) относят: *средства измерений, эталоны, измерительные системы, измерительные установки, измерительные принадлежности, средства сравнения, стандартные образцы* и др.

Средство измерений – техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные (установленные) метрологические характеристики.

Измерительный преобразователь (ИП) – средство измерений или его часть, служащее для получения и преобразования информации об измеряемой величине в форму, удобную для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

По метрологическому назначению все средства измерений (СИ) подразделяют на следующие виды:

- *рабочие СИ*, предназначенные для измерений, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений (самые многочисленные);
- *метрологические СИ*, предназначенные для обеспечения единства измерений в стране – эталоны.

Эталон – средство измерительной техники, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины или шкалы измерений.

Классификация рабочих средств измерений осуществляется по следующим признакам:

1) по конструктивному исполнению (по техническому назначению):

- меры;
- измерительные приборы;
- измерительные установки;
- измерительные системы.

Мера – средство измерений, которое воспроизводит в процессе использования или постоянно хранит величины одного или более данных родов, с приписанными им значениями.

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия. Примеры измерительных приборов – вольтметр, микрометр, термометр, электронные весы.

Измерительная установка (ИУ) – совокупность функционально объединенных и расположенных в одном месте мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких величин. Измерительную установку, применяемую для поверки, называют поверочной установкой. Измерительную установку, входящую в состав эталона, называют эталонной установкой;

Измерительная система (ИС) – совокупность средств измерений и других средств измерительной техники, размещенных в разных точках объекта измерения, функционально объединенных с целью измерений одной или нескольких величин, свойственных этому объекту. Измерительная система в зависимости от решаемой измерительной задачи может рассматриваться как единое средство измерений.

Измерительные приборы в свою очередь классифицируются по следующим признакам:

– по способу индикации значений измеряемой величины – на *показывающие и регистрирующие*;

– по действию – на *интегрирующие и суммирующие; приборы прямого действия и приборы сравнения; аналоговые и цифровые приборы; самопишущие и печатающие приборы*.

– по назначению – на *универсальные и специальные*;

– по принципу преобразующего устройства (измерительного преобразователя) – на *механические, оптические, электрические, пневматические* и другие или основанные на сочетании указанных принципов, например, *оптико-механические*;

– по числу параметров, проверяемых при одной установке, – на *одномерные* и *многомерные*.

2) по уровню автоматизации:

- автоматические;
- автоматизированные;
- ручные.

3) по уровню стандартизации:

- стандартизированные;
- нестандартизированные.

4) по отношению к измеряемой физической величине:

- основные СИ;
- вспомогательные СИ.

Для каждого типа средств измерений устанавливают свои метрологические характеристики.

Метрологическая характеристика СИ – характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений.

Нормируемые метрологические характеристики СИ – совокупность метрологических характеристик данного типа средств измерений, устанавливаемая нормативными документами на средства измерений.

К метрологическим характеристикам СИ относятся:

- 1) длина деления шкалы – расстояние между соседними штрихами;
- 2) цена деления шкалы – изменение физической величины, соответствующее самому маленькому делению шкалы;
- 3) диапазон показаний шкалы – разница между конечным и начальным делением шкалы;
- 4) диапазон измерений – диапазон изменения физической величины, которая может измеряться данным прибором;
- 5) чувствительность СИ и порог чувствительности;
- 6) вариация показаний измерительного прибора;
- 7) стабильность СИ – качественная характеристика средства измерений, отражающая неизменность во времени его метрологических характеристик;
- 8) измерительное усилие прибора – усилие, действующее на измерительный элемент со стороны объекта и в обратную сторону;
- 9) предел допустимой погрешности СИ;
- 10) класс точности СИ.

1.2. Измерение геометрических величин

Измерение геометрических величин осуществляется путём линейных и угловых измерений размеров.

Основная единица длины в современной Международной системе единиц – метр.

Линейные размеры могут быть выражены в кратных и дольных единицах: $1\text{ м} = 100\text{ см} = 1000\text{ мм} = 1000000\text{ мкм}$.

1.2.1. Плоскопараллельные концевые меры длины

Наиболее точным средством измерения в машиностроении являются плоскопараллельные концевые меры длины. Технические условия на меры длины концевые плоскопараллельные установлены в ГОСТ 9038 – 90. Их изготавливают из стали длиной до 1000 мм и твердого сплава длиной до 100 мм в виде прямоугольных параллелепипедов (плиток), имеющие форму прямоугольного параллелепипеда с двумя плоскими взаимно параллельными измерительными поверхностями. Тщательная обработка измерительных поверхностей придает им свойство притираться друг к другу, поэтому плитки можно собирать в блоки различных размеров. Собранный блок плиток, между которыми возникли силы сцепления, не рассыпается и представляет как бы монолитную меру длины. Плитки с размерами между измерительными гранями от 0,1 до 1000 мм выпускают в виде наборов и применяют в качестве:

- рабочих мер для регулировки и настройки показывающих измерительных приборов и для непосредственного измерения линейных размеров промышленных изделий;
- образцовых мер для передачи размера единицы длины от первичного эталона концевым мерам меньшей точности и для поверки и градуировки измерительных приборов.

Номинальные значения длины концевых мер должны соответствовать указанным в табл. 7.1.

Концевые меры должны быть изготовлены следующих классов точности: 0; 1; 2; 3 – из стали; 0; 1; 2 и 3 – из твердого сплава.

Концевые меры из стали и твердого сплава классов точности 00 и 01 изготавливают по согласованию между потребителем и изготовителем.

Концевые меры при использовании в качестве образцовых должны быть поверены в качестве образцовых 1, 2, 3 и 4-го разрядов по МИ 1604. Образцовые меры должны иметь отличительный знак при выпуске из производства.

Концевые меры отправляют наборами, специальными наборами или отдельными мерами и комплектами наборов.

Класс точности набора определяется низшим классом отдельной меры, входящей в набор.

Размеры поперечного сечения концевых мер (a , b) должны соответствовать указанным в табл. 7.2.

Таблица 7.1 – Номинальные значения длины концевых мер, мм

Градация концевых мер	Номинальные значения длины концевых мер
–	1,0005
0,001	От 0,99 до 1,01 включ. » 1,99 » 2,01 » » 9,99 » 10,01 »
0,005	От 0,40 до 0,41 включ.
0,05	От 0,1 до 0,7 включ. » 0,9 » 1,5 включ. » 2 » 3 » » 9,9 » 10,1 »
0,1	От 0,1 до 3 включ.
0,5	От 0,5 до 25 включ.
1	От 1 до 25 включ.
10	От 10 до 100 включ.
25	От 25 до 200 включ.
50	От 50 до 300 включ.
100	От 100 до 1000 включ.

Таблица 7.2 – Размеры поперечного сечения концевых мер, мм

Номинальные значения длины концевых мер	Размер поперечного сечения $a \times b$	
	a	b
От 0,1 до 0,20	$15^{0}_{-0,45}$	$5^{0}_{-0,3}$
Св. 0,20 до 0,29	$15^{0}_{-0,45}$	$5^{0}_{-0,3}$
	$30^{0}_{-0,3}$	$9^{-0,05}_{-0,3}$
Св. 0,29 до 0,6	$20^{0}_{-0,3}$	$9^{-0,05}_{-0,3}$
Св. 0,6 до 10,1	$30^{0}_{-0,3}$	$9^{-0,05}_{-0,3}$
Св. 10,1 до 1000	$35^{0}_{-0,3}$	$9^{-0,05}_{-0,3}$

Примеры условных обозначений:

Набор № 2 концевых мер из стали класса точности 1:

Концевые меры 1–Н2 ГОСТ 9038–90

Концевая мера длиной 1,49 мм из стали класса точности 3:

Концевая мера 3–1,49 ГОСТ 9038–90

Концевые меры длины должны изготавливаться в соответствии с

требованиями настоящего стандарта по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

Допускаемые отклонения длины концевых мер от номинальной при температуре 20 °С и отклонения от плоскопараллельности измерительных поверхностей не должны превышать значений, указанных в табл. 7.3.

Таблица 7.3 – Допускаемые отклонения длины концевых мер от номинальной и отклонения от плоскопараллельности измерительных поверхностей

Номинальные значения длины концевых мер, мм	Допускаемые отклонения, мкм											
	длины от номинального значения $\pm$, для классов точности						от плоскопараллельности, для классов точности					
	00	01	0	1	2	3	00	01	0	1	2	3
До 0,29	–	–	–	0,2	0,4	0,8	–	–	–	0,16	0,3	0,3
Св. 0,29 до 0,9	–	–	0,12	0,2	0,4	0,8	–	–	0,1	0,16	0,3	0,3
Св. 0,9 до 10	0,06	0,2	0,12	0,2	0,4	0,8	0,05	0,05	0,1	0,16	0,3	0,3
Св. 10 до 25	0,07	0,3	0,14	0,3	0,6	1,2	0,05	0,05	0,1	0,16	0,3	0,3
Св. 25 до 50	0,1	0,4	0,2	0,4	0,8	1,6	0,06	0,06	0,1	0,18	0,3	0,3
Св. 50 до 75	0,12	0,5	0,25	0,5	1	2	0,06	0,06	0,12	0,18	0,35	0,4
Св. 75 до 100	0,14	0,6	0,3	0,6	1,2	2,5	0,07	0,07	0,12	0,2	0,35	0,4
Св. 100 до 150	0,2	0,8	0,4	0,8	1,6	3	0,08	0,08	0,14	0,2	0,4	0,4
Св. 150 до 200	0,25	1	0,5	1	2	4	0,09	0,09	0,16	0,25	0,4	0,4
250	0,3	1,2	0,6	1,2	2,4	5	0,1	0,1	0,16	0,25	0,45	0,5
300	0,35	1,4	0,7	1,4	2,8	6	0,1	0,1	0,18	0,25	0,5	0,5
400	0,45	1,8	0,9	1,8	3,6	7	0,12	0,12	0,2	0,3	0,5	0,5
500	0,5	2	1	2	4	8	0,14	0,14	0,25	0,35	0,6	0,6
600	0,6	2,5	1,3	2,5	5	10	0,16	0,16	0,25	0,4	0,7	0,7
700	0,7	3	1,5	3	6	11	0,18	0,18	0,3	0,45	0,7	0,8
800	0,8	3,2	1,6	3,2	6,5	13	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8	0,8
900	0,9	3,6	1,8	3,6	7	14	0,2	0,2	0,35	0,5	0,9	0,9
1000	1	4	2	4	8	16	0,25	0,25	0,4	0,6	1	1

Допуск перпендикулярности нерабочих поверхностей относительно измерительных поверхностей должен соответствовать указанному в табл. 7.4.

Таблица 7.4 – Допуск перпендикулярности нерабочих поверхностей относительно измерительных поверхностей, мкм

Номинальные значения длины концевых мер, мм	Допуск перпендикулярности нерабочих поверхностей относительно измерительных поверхностей на длине концевой меры, мкм
От 10,5 до 25	70
Св. 25 » 60	90
» 60 » 150	110
» 150 » 400	140
» 400 » 1000	180

Каждый набор концевых мер и комплект наборов должен быть упакован в футляр, к которому прилагают паспорт по ГОСТ 2.601, а для образцовых концевых мер и свидетельство о проверке по МИ 1604.

Каждая концевая мера в наборе должна быть вложена в соответствующее гнездо и не выпадать из него при перевертывании закрытого футляра.

На каждой концевой мере должна быть нанесена маркировка – значение ее номинальной длины. На концевых мерах длиной 5,5 мм и менее значение номинальной длины должно быть максимально удалено от середины измерительной поверхности с тем, чтобы в ее центральной части зона длиной 9 мм оставалась свободной от надписей.

На концевых мерах длиной более 5,5 мм значение номинальной длины и товарный знак предприятия-изготовителя должны быть нанесены на нерабочей поверхности. На защитных и образцовых мерах, кроме указанной выше маркировки, должен быть нанесен отличительный знак. На концевых мерах классов точности 00, 01 и 0 допускается маркировать номер набора или другую дополнительную маркировку.

1.2.2. Микрометр рычажный

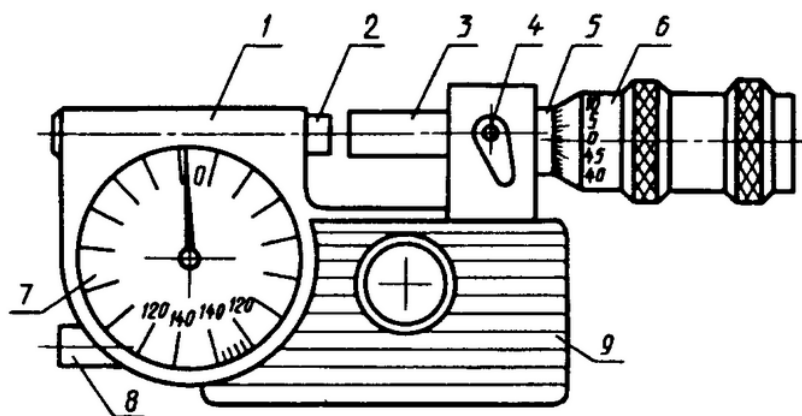
Рычажные микрометры предназначены для измерения наружных размеров изделий с помощью рычажно-зубчатой головки. Это одна из самых простых, недорогих, но в то же время, надежных моделей.

Прибор представляет собой скобу, в которой справа установлена микрометрическая головка, а слева - стебель с отсчетным устройством и подвижной пяткой. Микрометры имеют арретир для подвижной пятки и стопорную гайку для закрепления микрометрического винта.

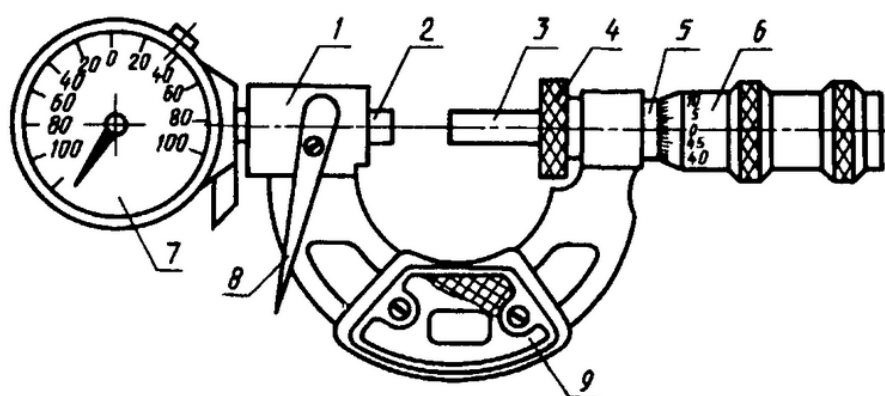
Общие технические условия на рычажные микрометры и обязательные требования к ним установлены в ГОСТ 4381 – 87.

Рычажные микрометры изготавливают двух типов:

- МР – с отсчетным устройством, встроенным в скобу (рис. 7.1, а);
- МРИ – оснащенные отсчетным устройством (рис. 7.1, б).



а)



б)

Рисунок 7.1 – Внешний вид микрометров рычажных:
а) МР – с отсчетным устройством, встроенным в скобу;
б) МРИ – оснащенные отсчетным устройством
1 – скоба; 2 – подвижная пятка; 3 – микрометрический винт;
4 – стопорное устройство; 5 – стержень; 6 – барабан; 7 – отсчетное устройство;
8 – арретир; 9 – теплоизоляционная накладка

Основные параметры микрометров должны соответствовать указанным в табл. 7.5.

Цена деления шкалы барабана микрометра должна быть 0,01 мм; диапазон перемещения микрометрического винта – не менее 25 мм.

Номинальный диаметр измерительных поверхностей микрометров должен быть 8 мм.

Пример условного обозначения

– рычажного микрометра с отсчетным устройством, встроенным в корпус, и диапазоном измерений 25-50 мм:

Микрометр МР 50 ГОСТ 4381 – 87

– рычажного микрометра, оснащенного отсчетным устройством с ценой деления 0,01 мм и диапазоном измерений 300-400 мм:

Микрометр МРИ 400–0,01 ГОСТ 4381 – 87

Таблица 7.5 – Основные параметры микрометров

Тип микрометра	Диапазон измерений, мм	Отсчетное устройство		Измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н, не более
		Цена деления, мм	Диапазон показаний, мм, не менее		
МР	0-25	0,002	$\pm 0,14$	6 ± 1	1,0
	25-50				
	50-75				
	75-100				
МРИ	100-125	0,002	$\pm 0,10$	8 ± 2	2,0
	125-150				
	150-200				
	200-250				
	250-300				
	300-400				
	400-500				
	300-400	0,01	2	8 ± 2	2,0
	400-500				
	500-600				
	600-700	0,01	5	10 ± 2	2,5
	700-800				
	800-900				
	900-1000				
	1000-1200	0,01	10	10 ± 2	2,5
	1200-1400				
	1400-1600				
	1600-1800				
	1800-2000				

Предел допускаемой погрешности микрометра вместе с отсчетным устройством в любом рабочем положении и допуск параллельности плоских измерительных поверхностей при нормируемом измерительном усилии и температуре окружающей среды $(20 \pm 4)^\circ\text{C}$, и относительной влажности до 80 % (при температуре 23°C), а также допускаемое изменение показаний микрометра от изгиба скобы при усилии 10 Н, направленном по оси микрометрического винта, должны соответствовать значениям, указанным в табл. 7.6.

Таблица 7.6 – Погрешности микрометров

Диапазон измерений, мм	Пределы допускаемой погрешности, мкм, микрометров типа				Допуск параллельности плоских измерительных поверхностей микрометра, мкм	Допускаемое изменение показаний микрометра от изгиба скобы при усилии 10 Н, мкм
	МР	МРИ				
	с ценой деления отсчет устройства, мм					
	0,002		0,01			
	на участках шкалы, мм					
	±0,03	±0,1	0,1	1,0		
0-25	±3	-	-	-	0,9	2
25-50	±3	-	-	-	1,0	2
50-100	±3	-	-	-	1,2	3
100-150	-	±4	-	-	3,0	4
150-200	-	±4	-	-	3,5	5
200-300	-	±5	-	-	4	6
300-400	-	±6	±7	-	-	8
400-500	-	±7	±8	-	-	10
500-600	-	-	±10	-	-	12
600-700	-	-	-	±12	-	14
700-800	-	-	-	±14	-	16
800-900	-	-	-	±16	-	18
900-1000	-	-	-	±18	-	20
1000-1200	-	-	-	±20	-	22
1200-1400	-	-	-	±25	-	25
1400-1600	-	-	-	±28	-	28
1600-1800	-	-	-	±32	-	32
1800-2000	-	-	-	±36	-	36

Конструкцией микрометров обеспечена возможность установки их в нулевое положение при контакте измерительных поверхностей между собой или с установочной мерой. При таком совмещении начальный штрих шкалы стебля должен быть виден целиком, а расстояние от торца конической части барабана до ближайшего края штриха не должно превышать 0,1 мм.

Микрометры с верхним пределом измерений 50 мм и более снабжают установочными мерами.

1.2.3. Измерительные головки

Измерительными головками называют измерительные приборы, преобразующие малые перемещения измерительного наконечника в большие перемещения стрелки по шкале.

Измерительные головки используются в основном для относительных измерений, замера отклонений, неровностей, биений поверхностей валов.

Наибольшее распространение получили индикаторы часового типа.

Индикатор часового типа

Индикатор часового типа – измерительный прибор, предназначенный для абсолютных и относительных измерений и контроля отклонений от заданной геометрической формы детали, а также взаимного расположения поверхностей.

В цилиндрическом корпусе прибора размещена реечно-зубчатая и шестерёнчатые передачи, преобразующие возвратно-поступательное движение измерительного стержня во вращательное движение стрелки прибора. В конструкцию индикатора входит пружина, исключая люфты шестерёночных передач, то есть зацепление зубчатых колёс происходит всегда с одной стороной профиля зубьев.

Для удобства настройки прибора на нуль при выполнении относительных измерений шкала прибора выполнена поворачивающейся.

Стрелка индикатора чаще всего – многооборотная, обычно один оборот стрелки соответствует перемещению измерительного наконечника на 1 мм. В некоторых моделях на приборе имеется вторая стрелка и малый циферблат, который показывает количество полных оборотов большой стрелки.

Наиболее распространены индикаторы с ценой деления 0,01 мм, поскольку большую точность трудно обеспечить реечно-зубчатой передачей. Большая стрелка такого прибора делает один оборот при смещении измерительного стержня на 1 мм, малая стрелка – при смещении на 10 мм.

На рабочем конце измерительного стержня большинства моделей находится твердосплавный шарик в сменной оправе, которым при измерении касаются измеряемой детали. Механизм индикатора имеет возвратную пружину, закрепленную между корпусом индикатора и стержнем. Эта пружина создает измерительное усилие на стержне.

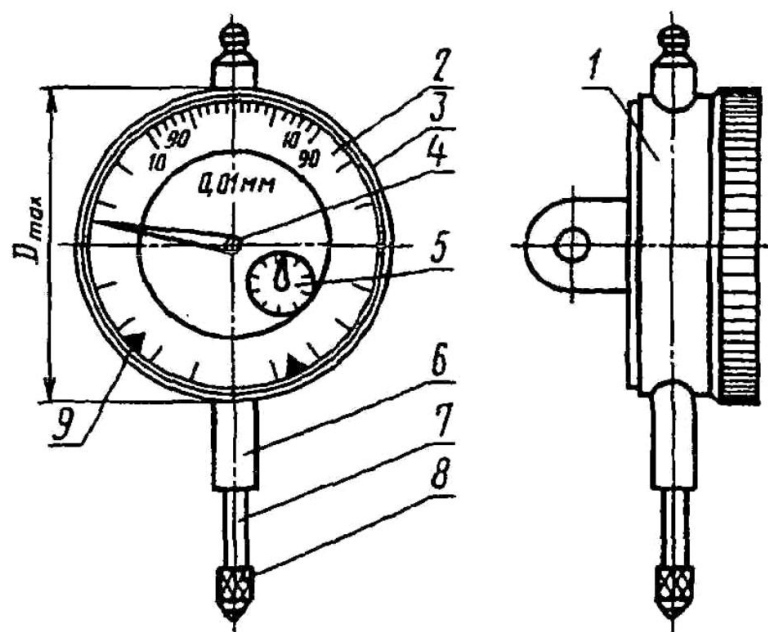
Индикаторы часового типа выпускаются классов точности 0 и 1. Погрешность измерений индикатором часового типа зависит от измеряемой величины. Так в диапазоне измерений 1...2 мм погрешность находится в пределах 10...15 мкм, а в диапазоне 5...10 мм погрешность увеличивается до 18...22 мкм.

Основные параметры и размеры индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм и диапазонами измерений до 25 мм установлены в ГОСТ 577 – 68.

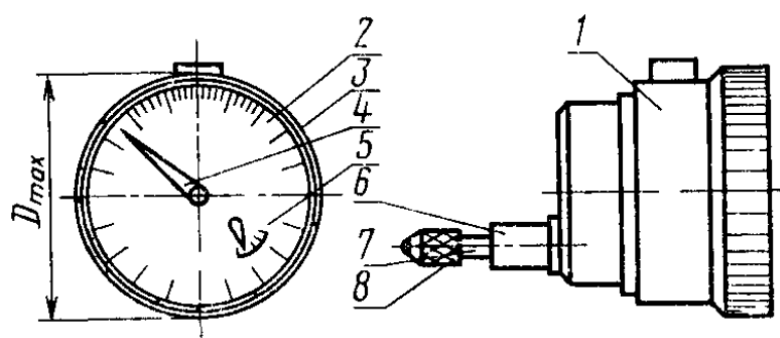
Индикаторы изготавливают с диапазонами измерений: 0...2, 0...5, 0...10, 0...25 мм.

Индикаторы с диапазоном измерения 0...2 мм изготавливают двух исполнений:

- ИЧ – с перемещением измерительного стержня параллельно шкале (рис. 7.2, а);
- ИТ – с перемещением измерительного стержня перпендикулярно шкале (рис. 7.2, б).



а)



б)

Рисунок 7.2 – Внешний вид индикаторов часового типа:

а) исполнения ИЧ; б) исполнения ИТ

1 - корпус; 2 - циферблат; 3 - ободок; 4 - стрелка; 5 - указатель;
6 - гильза; 7 - измерительный стержень; 8 - измерительный наконечник;
9 - указатель поля допуска

Пример условного обозначения:

Индикатор исполнения ИЧ с диапазоном измерения 0...2 мм, обыкновенного, класса точности 0:

Индикатор ИЧ02 кл. 0 ГОСТ 577-68

Метрологические характеристики индикаторов не должны превышать значений, указанных в табл. 7.7.

Таблица 7.7 – Метрологические характеристики индикаторов

Класс точности	Наибольшая разность погрешностей индикатора, мкм							Размах показаний индикатора для диапазона измерения, мкм		Вариация показаний индикатора для диапазона измерения, мкм	
	на любом участке диапазона измерения, мм		во всем диапазоне измерения, мм								
	Δ0,1	Δ1	Δ2	Δ3	Δ5	Δ10	Δ25	до 10 мм	св 10 мм	до. 10 мм	св. 10 мм
0	4	8	10	10	12	15	22	3	5	2	5
1	6	10	12	15	16	2	30	3	6	3	6

Примечание:

1. Под $\Delta 0,1$ и $\Delta 1$ понимают алгебраические разности ординат самой высокой и самой низкой точек кривой погрешностей индикатора в пределах любого участка длиной соответственно 0,1 мм и 1 мм диапазона измерений при прямом или обратном ходе измерительного стержня.

2. Под $\Delta 2$, $\Delta 3$, $\Delta 5$, $\Delta 10$ и $\Delta 25$ понимают алгебраические разности ординат самой высокой и самой низкой точек кривой погрешностей индикатора с диапазоном измерения соответственно 0-2 мм ($\Delta 2$), 0-3 мм ($\Delta 3$), 0-5 мм ($\Delta 5$), 0-10 мм ($\Delta 10$) и 0-25 мм ($\Delta 25$) при прямом или обратном ходе измерительного стержня.

Измерительное усилие и его колебание не должно превышать значений, указанных в табл. 7.8.

Таблица 7.8 – Измерительное усилие индикаторов и его колебание, Н

Диапазон измерений, мм	Наибольшее измерительное усилие при прямом ходе, H	Колебание измерительного усилия, H	
		при прямом или обратном ходе	при изменении направления движения измерительного стержня
0-2	1,5	0,4	0,5
0-5		0,6	
0-10			
0-25	3	1,8	1

Головки измерительные пружинные

Пружинные измерительные головки считаются самыми точными рычажно-механическими измерительными устройствами. Здесь чувствительным элементом выступает завитая пружина со стрелкой. Перемещаясь, рычаг воздействует на пружину, изменяя её длину, что приводит к повороту стрелки. Благодаря отсутствию трения в этой конструкции, достигается высокая точность показаний. Цена деления у таких приборов достигает 0,1 мкм (или 0,0001 мм). Измерительные пружинные головки обладают значительными преимуществами перед

другими типами подобных приборов: простота конструкции, высокая надежность и долговечность работы механизма, высокая чувствительность, отсутствие мертвого хода, малая сила измерения, незначительная погрешность обратного хода. Основные недостатки этих головок: неудобство отсчета показаний по слишком тонкой стрелке и наличие вибраций стрелки, что увеличивает ошибки измерений.

Все пружинные измерительные головки делятся на 4 вида:

1. *Микрокаторы* – головки измерительные пружинные ИПГ (ГОСТ 28798 – 90).

2. *Оптикаторы* – головки измерительные пружинно-оптические П (ГОСТ 28798 – 90).

3. *Микаторы* – головки измерительные пружинные малогабаритные ИПМ (ГОСТ 28798 – 90).

4. *Миникаторы* – головки измерительные рычажно-пружинные ИРП, ИРПВ.

Общие технические условия и обязательные требования, а также типы и основные параметры измерительных пружинных головок осевого действия установлены в ГОСТ 28798 – 90.

Измерительные головки изготавливают следующих типов:

с нерегулируемым измерительным усилием:

- ИГП – с нормальным измерительным усилием;
- ИГПВ – виброустойчивые;
- ИГПВГ – виброустойчивые герметизированные (предназначены для работы в условиях 100%-ной влажности);
- П – пружинно-оптические;
- ИПМ – пружинные малогабаритные (микаторы);
- ИПМУ – пружинные малогабаритные с уменьшенным измерительным усилием;

с регулируемым измерительным усилием:

- ПР – пружинно-оптические.

Типы, основные параметры измерительных головок должны соответствовать указанным в табл. 7.9.

Таблица 7.9 – Типы, основные параметры измерительных головок

Тип	Цена деления шкалы, мкм	Обозначение	Предел измерения, мкм, не менее	Измерительное усилие, Н, не более	Колебание измерительного усилия, Н, не более
ИГПВ	0,1	01ИГПВ	±4	1,5	0,2
	0,2	02ИГПВ	±6	1,5	0,2
	0,5	05ИГПВ	±15	1,5	0,3
ИГПВГ	1	1ИГПВГ	±30	2,0	0,3
	2	2ИГПВГ	±60	2,0	0,5

Окончание табл. 7.9

П	0,1	01П	±12	1,5	0,3
	0,2	02П	±25	1,5	0,3
	0,5	05П	±50	1,5	0,5
ИПМ	0,2	02ИПМ	±10	1,0	0,25
	0,5	05ИПМ	±25	1,5	0,3
	1	1ИПМ	±50	1,5	0,3
	2	2ИПМ	±100	1,5	0,3
ИПМУ	0,5	05ИПМУ	±25	0,5	0,2
	1	1ИПМУ	±50	0,5	0,2

Допускаемая погрешность, размах и вариация показаний головок при их поверке при температуре окружающей среды (20±4) °С не должны превышать значений, указанных в табл. 7.10.

Таблица 7.10 – Допускаемая погрешность, размах и вариация показаний измерительных головок

Тип	Цена деления шкалы, мкм	Обозначение	Предел допускаемой погрешности от нулевого штриха в пределах всей шкалы, мкм	Размах показаний (из 10 измерений) в делениях шкалы	Вариация показаний в делениях шкалы
ИГПВ	0,1	01ИГПВ	±0,08	1/3	-
	0,2	02ИГПВ	±0,10	1/3	-
	0,5	05ИГПВ	±0,15	1/3	-
ИГПВГ	1	1ИГПВГ	±0,30	1/4	-
	2	2ИГПВГ	±0,60	1/4	-
П	0,1	01П	±0,06	1/3	-
	0,2	02П	±0,10	1/3	-
	0,5	05П	±0,15	1/3	-
ИПМ	0,2	02ИПМ	±0,15	1/2	1/3
	0,5	05ИПМ	±0,25	1/4	1/3
	1	1ИПМ	±0,50	1/4	1/3
	2	2ИПМ	±1,00	1/4	1/3
ИПМУ	0,5	05ИПМУ	±0,25	1/4	1/3
	1	1ИПМУ	±0,50	1/4	1/3

Головки типов ИГПВ, П, ИПМУ и типоразмеров 1ИГПВГ и 02ИПМ изготавливают для работы в вертикальном положении наконечником вниз, а головки типоразмеров 2ИГПВГ, 05ИПМ, 1ИПМ и 2ИПМ - для работы в любом положении.

Внешний вид головки измерительная (микрокатора) 1ИГП показан на рис. 7.3.



а)



б)



в)

Рисунок 7.3 – Внешний вид головки измерительной (микрокатора) 1ИГП:
а) с защитным колпаком; б) без защитного колпака; в) в футляре

1.3. Нормирование погрешности средств измерений

При использовании СИ на практике их метрологические характеристики должны быть известны. Основные параметры, такие как, предел измерения, цена деления шкалы и т.д. указываются в технической документации на средства измерения, а наиболее важные из них наносятся на средства измерения. В тоже время отклонения параметров средств

измерений от их номинальных значений, вызывающие погрешность измерения, не могут быть указаны однозначно, поэтому для них должны быть установлены предельно допускаемые значения. Нормирование метрологических характеристик СИ и заключается в установлении границ для отклонений реальных значений параметров СИ от их номинальных значений. Указанное нормирование является гарантией взаимозаменяемости СИ.

Совокупность метрологических характеристик средства измерения, влияющих на точность измерения называют **точностными характеристиками СИ**. К точностным характеристикам относят погрешность средства измерений, нестабильность, смещение нуля и др.

Точность СИ – качество средства измерений, отражающее близость к нулю его погрешности. Считается, что чем меньше погрешность, тем точнее средство измерений.

Погрешность СИ – это погрешность, возникающая вследствие отклонения метрологических свойств или параметров средств измерений от номинальных, влияющих на погрешность результатов измерений. Погрешность СИ является составляющей суммарной погрешности результата измерения.

Погрешность результата измерения – это отклонение результата измерения от действительного (опорного) значения измеряемой величины.

1.3.1. Классификация погрешности средств измерений

Погрешности средств измерений классифицируют по следующим признакам:

1) По способу выражения:

а) **Абсолютная** – погрешность средства измерений, выраженная в единицах измеряемой величины.

Абсолютная погрешность определяется как разность между результатом измерения и опорным (действительным) значением измеряемой величины:

$$\Delta = \tilde{A} - x.$$

где $\tilde{A}$ – результат измерения;

x – опорное (действительное) значение измеряемой величины.

б) **Относительная** – погрешность средства измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к опорному значению измеряемой величины:

$$\delta_{\text{отн}} = \frac{\Delta}{x} \cdot 100 \%.$$

Относительная погрешность средства измерений отражает степень точности измерения, является безразмерной величиной, либо измеряется в процентах.

с) **Приведенная** – погрешность средства измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к нормирующему значению величины. Приведенную погрешность обычно выражают в процентах.

$$\gamma_{\text{прив}} = \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100 \%,$$

где x_N – нормирующее значение, установленное для приведенных значений.

Нормирующее значение x_N определяется следующим образом:

- для средств измерений с равномерной, практически равномерной или степенной шкалой x_N устанавливают равным большему из пределов измерений или равным большему из модулей пределов измерений, если нулевое значение находится внутри диапазона измерений.

- для средств измерений физической величины, у которых шкала с условным нулем, нормирующее значение устанавливают равным модулю разности пределов измерений.

- для средств измерений с установленным номинальным значением нормирующее значение устанавливают равным этому номинальному значению.

- для измерительных приборов с существенно неравномерной шкалой нормирующее значение устанавливают равным всей длине шкалы или ее части, соответствующей диапазону измерений. В этом случае пределы абсолютной погрешности выражают в единицах длины.

- в остальных случаях указания по выбору нормирующего значения должны быть приведены в стандартах на средства измерений конкретного вида.

Приведенная погрешность средства измерений вводится для того, чтобы было можно сравнить по точности измерительные приборы с разными пределами измерений.

2) По причинам и условиям возникновения:

а) **Основная** – погрешность средства измерений, применяемого в нормальных условиях. Основная погрешность возникает из-за неидеальности функции преобразования и неидеальности свойств средств измерений и отражает отличие действительной функции преобразования средств измерения в нормальных условиях от номинальной

нормированной документами на средства измерений (стандарты, технические условия).

Нормативными документами предусматриваются следующие нормальные условия измерения:

- температура окружающей среды (20 ± 5) °C;
- относительная влажность (65 ± 15) %;
- напряжение питания сети ($220 \pm 4,4$) В;
- частота питания сети (50 ± 1) Гц;
- отсутствие электрических и магнитных полей;
- положение прибора горизонтальное, с отклонением $\pm 2^\circ$.

Рабочие условия измерений – это условия, при которых значения влияющих величин находятся в пределах рабочих областей, для которых нормируют дополнительную погрешность или изменение показаний СИ. Например, для конденсаторов нормируют дополнительную погрешность, связанную с отклонением температуры от нормальной; для амперметра отклонение частоты переменного тока 50 Гц.

б) *Дополнительная* – составляющая погрешности средства измерений, возникающая дополнительно к основной погрешности вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального ее значения или вследствие ее выхода за пределы нормальной области значений.

Обычно нормируется наибольшее значение дополнительной погрешности. Нормирование значений дополнительной погрешности производится в рабочей области значений влияющей величины

3) По характеру изменений:

а) *систематические* – составляющая погрешности средства измерений, принимаемая за постоянную или закономерно изменяющуюся. Может быть исключена из результатов измерения путем регулировки или введением поправок. Качество СИ, когда систематическая погрешность близка к нулю называют *правильностью*.

б) *случайные* – составляющая погрешности средства измерения, изменяющаяся случайным образом. Приводят к неоднозначности показаний. Уменьшение возможно при многократных измерениях и последующей статистической обработке результатов. Т.е. усредненный результат многократных измерений ближе к действительному значению, чем результат одного измерения. Качество, которое характеризуется близостью к нулю случайной составляющей погрешности называется *сходимостью* показаний этого прибора.

с) *промахи* – грубые погрешности, связанные с ошибками оператора или неучтенными внешними воздействиями. Их обычно исключают из результатов измерений, не учитывают при обработке результатов.

4) По зависимости от измеряемой величины:

а) Аддитивные погрешности.

Значение абсолютной аддитивной погрешности не связано со значением измеряемой величины и чувствительностью средства измерений. Абсолютные аддитивные погрешности неизменны на всем диапазоне измерений.

Значение абсолютной аддитивной погрешности определяет минимальное значение величины, которое может быть измерено средством измерений.

Аддитивная погрешность обычно возникает из-за шумов, наводок, вибраций, трения в опорах. Пример: погрешность нуля и погрешность дискретности (квантования).

б) Мультипликативные погрешности.

Значения мультипликативных погрешностей изменяются пропорционально изменениям значений измеряемой величины.

Мультипликативная погрешность возникает из-за воздействия влияющих величин на параметрические характеристики элементов прибора, например, из-за старения (погрешность чувствительности СИ), а также вызывается погрешностью регулировки отдельных элементов измерительных приборов.

В зависимости от того, какая погрешность прибора является существенной, нормируют метрологические характеристики.

Если существенна аддитивная погрешность, то предел допустимой основной погрешности нормируют в виде приведенной погрешности.

Если существенна мультипликативная погрешность, то предел допустимой основной погрешности определяют по формуле относительной погрешности.

5) В зависимости от влияния характера изменения измеряемой величины:

а) Статическая погрешность СИ – погрешность средства измерений, применяемого для измерения постоянной (не изменяющейся во времени) величины.

Статическая погрешность СИ возникает при измерении неизменной или медленно изменяющейся величины.

б) Динамическая погрешность СИ – разность между погрешностью средства измерений в динамическом режиме и его статистической погрешностью, соответствующей значению величины в данный момент времени.

Динамическая погрешность СИ возникает при измерении быстро изменяющейся во времени ФВ. Динамическая погрешность является следствием инерционности прибора.

1.3.2. Способы нормирования и формы выражения метрологических характеристик

В основе подхода к нормированию погрешностей СИ лежат следующие положения:

1. В качестве норм указывают пределы допускаемых погрешностей, включающие в себя и систематические, и случайные составляющие.

2. Требования следует устанавливать к каждой нормируемой характеристике отдельно.

3. Пределы допускаемых основной и дополнительных погрешностей следует выражать в форме приведенных, относительных или абсолютных погрешностей в зависимости от характера изменения погрешностей в пределах диапазона измерений, а также от условий применения и назначения средств измерений конкретного вида. Пределы допускаемой дополнительной погрешности допускается выражать в форме, отличной от формы выражения пределов допускаемой основной погрешности.

Таким образом, при нормировании погрешностей СИ определяют пределы допускаемых основной и всех дополнительных погрешностей, а также нормальные условия и допускаемые отклонения от нормальных значений для всех влияющих величин.

В целях ограничения номенклатуры выпускаемых СИ и упорядочения требований к ним стандарт устанавливает ряды пределов допускаемых погрешностей и классов точности СИ.

Класс точности – это обобщенная характеристика данного типа средств измерений, как правило, отражающая их уровень точности и выражаемая точностными характеристиками средств измерений.

Класс точности дает возможность судить о значениях инструментальных погрешностей или инструментальных неопределенностей средств измерений данного типа при выполнении измерений. Он не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых с помощью каждого из этих СИ, т.к. погрешность зависит не только от средства измерения, но и от метода измерения, условий, оператора и от изменения внешних факторов, при которых проводится измерение.

Способы нормирования метрологических характеристик, общие для всех видов СИ, приведены в ГОСТ 8.401 – 80.

Пределы допускаемых погрешностей выражают в зависимости от характера изменения (в пределах диапазона изменений входного (выходного) сигнала) границ абсолютных погрешностей средств измерений конкретного вида, которые оценивают на основании принципа действия, свойств средств измерений, а также их назначения:

- в форме приведенных погрешностей - если указанные границы можно полагать практически неизменными;

- в форме относительных погрешностей - если указанные границы нельзя полагать постоянными;

- в форме абсолютных погрешностей (т.е. в единицах измеряемой величины или в делениях шкалы средств измерений), если погрешность результатов измерений в данной области измерений принято выражать в единицах измеряемой величины, или в делениях шкалы. Например, пределы допускаемых погрешностей мер длины выражают в форме абсолютных погрешностей, так как погрешности результатов измерений длины принято выражать в единицах длины.

Пределы допускаемых погрешностей, выраженные в форме абсолютных (относительных) погрешностей, устанавливают одним из следующих способов в зависимости от характера изменения (в пределах диапазона измерений входного (выходного) сигнала) границ погрешностей средств измерений конкретного вида:

– если границы абсолютных погрешностей можно полагать практически неизменными:

$$\Delta = \pm a, \quad (1)$$

где Δ – пределы допускаемой абсолютной основной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы;

a – положительное число, не зависящее от измеряемой величины x .

– если границы относительных погрешностей можно полагать практически неизменными:

$$\delta = \frac{\Delta}{x} = \pm q, \quad (2)$$

где δ – пределы допускаемой относительной основной погрешности, %;

x – значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений или число делений, отсчитанных по шкале;

– если границы абсолютных погрешностей можно полагать изменяющимися практически линейно:

$$\Delta = \pm a + bx \quad (3)$$

и

$$\delta = \frac{\Delta}{x} = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_k}{x} \right| - 1 \right) \right] \quad (4)$$

где X_k - больший (по модулю) из пределов измерений;

$$c = b + d; d = \frac{a}{|X_k|}. \quad (5)$$

– если границы погрешностей необходимо принять изменяющимися нелинейно, то пределы допускаемых погрешностей устанавливают в виде функции, графика или таблицы.

Пределы допускаемой приведенной основной погрешности следует устанавливать по формуле

$$\delta = \frac{\Delta}{x_N} = \pm p, \quad (6)$$

где p, q, c, d – отвлечённые положительные числа, выбираемое из ряда $1 \cdot 10^n; 1,5 \cdot 10^n; (1,6 \cdot 10^n); 2 \cdot 10^n; 2,5 \cdot 10^n; (3 \cdot 10^n); 4 \cdot 10^n; 5 \cdot 10^n; 6 \cdot 10^n$ ($n = 1, 0, -1, -2$ и т. д.).

1.3.3. Обозначения классов точности

В зависимости от способа нормирования основной погрешности используются различные обозначения классов точности.

а) Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме абсолютных погрешностей (1, 3) или относительных погрешностей, причем последние установлены в виде графика, таблицы или формулы, отличной от (2, 4), классы точности следует обозначать в документации прописными буквами латинского алфавита или римскими цифрами.

В необходимых случаях к обозначению класса точности буквами латинского алфавита допускается добавлять индексы в виде арабской цифры. Классам точности, которым соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей, должны соответствовать буквы, находящиеся ближе к началу алфавита, или цифры, означающие меньшие числа.

б) Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме приведенной погрешности или относительной погрешности в соответствии с формулой (2), классы точности в документации следует обозначать числами, которые равны этим пределам, выраженным в процентах.

Обозначение класса точности в соответствии с этим пунктом дает непосредственное указание на предел допускаемой основной погрешности.

с) Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме относительных погрешностей в соответствии с формулой (4), классы точности в документации следует обозначать числами s и d , разделяя их косой чертой (см. табл. 7.11).

d) Для средств измерений, определяющей характеристикой классов точности которых является нестабильность, обозначения классов точности в документации следует устанавливать по аналогии с пп. а, б.

Нестабильность средства измерений – изменение метрологических характеристик средства измерений за установленный интервал времени.

1.3.4. Правила построения и примеры обозначения классов точности

Правила построения и примеры обозначения классов точности в документации и на средствах измерений приведены в табл. 7.11.

Таблица 7.11 – Правила построения и примеры обозначения классов точности в документации и на средствах измерений

Форма выражения погрешности	Предел допускаемой основной погрешности	Предел допускаемой основной погрешности, %	Обозначение класса точности	
			в докумен-тации	на средстве измерений
Приведенная	По формуле (6): если нормирующее значение выражено в единицах величины на входе (выходе) средств измерений	$\gamma = \pm 1,5$	Класс точности 1,5	1,5
	если нормирующее значение принято равным длине шкалы или ее части	$\gamma = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	
Относительная	По формуле (2)	$\delta = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	
	По формуле (4)	$\delta = \pm \left[0,02 + 0,01 \left(\left \frac{X_k}{x} \right \right) \right]$	Класс точности 0,02/0,01	0,02/0,01
Абсолютная	По формуле (1) или (3)		Класс точности М	М
Относительная			Класс точности С	С

2. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

2.1. Подготовка концевых мер длины:

- убедиться, что каждая мера освобождена от смазки;
- тщательно промыть авиационным бензином по ГОСТ 1012-72;
- вытереть насухо чистой сухой салфеткой из хлопчатобумажной ткани.

2.2. Установить и закрепить в измерительную стойку средство измерения (микрометр рычажный, индикатор часового типа или головку измерительную пружинную).

3. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Микрометр рычажный, индикатор часового типа, головка измерительная пружинная являются приборами, реализующим метод сравнения с мерой. Процесс измерения на нем деталей включает следующие операции, если номинальный размер и допуск известны (заданы преподавателем):

1. Составление блока концевых мер размером « x », соответствующим середине интервала допуска.
2. Настройка средства измерения на ноль по блоку концевых мер.
4. Измерение деталей и определение показаний « Δx ».
5. Нахождение действительных размеров контролируемых деталей:

$$R = x \pm \Delta x,$$

где x – номинальный размер измеряемой детали, мм;

Δx – показания трубки оптиметра, мм.

4. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Изучить классификацию средств измерений.
2. Изучить способы представления погрешностей средств измерений и способы их нормирования.
3. Изучить технические и метрологические характеристики средств измерения линейных размеров: концевые меры длины, микрометры рычажные, индикатор часового типа, измерительные пружинные головки.
4. Провести сравнительную оценку технических и метрологических характеристик по следующим параметрам: диапазон; тип средства измерения (однозначные, многозначные меры, измерительный преобразователь, измерительный прибор, информационная измерительная система); величина погрешности измерения; способ нормирования погрешности измерения (абсолютная, относительная, приведенная); класс точности СИ.
5. Сделать заключение по указанным в п.4 параметрам, оформить отчет по лабораторной работе.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Провести сравнительную оценку технических и метрологических характеристик СИ по диапазону измерений, показаний и цене деления шкалы. Результаты представить в виде табл. 7.12.

Таблица 7.12 – Сравнительная оценка технических и метрологических характеристик СИ по диапазону измерений, показаний и цене деления шкалы

Наименование СИ	Мод.	Диапазон измерения, мм	Максимальный диапазон, мм	Диапазон показаний по шкале	Цена деления шкалы, мкм
Микрометры рычажные	МР				
	МРИ				
Индикаторы часового типа	ИЧ				
	ИЧ				
	ИЧ				
	ИЧ				
Измерительные пружинные головки	ИГПВ				
	П				
	ИПМ				
	ИПМУ				

2. Определить и провести сравнительную оценку погрешности СИ. Результаты сравнительной оценки представить в форме табл. 7.13.

Таблица 7.13 – Сравнительная оценка погрешности СИ

Наименование СИ	Допускаемые отклонения							
	длины мер, мкм, для класса точности				от плоскопараллельности, мкм			
	0	1	2	3	0	1	2	3
Концевые меры длины								
Микрометры рычажные	Предел допускаемой погрешности, мкм, микрометров типа				Отклонения от параллельности плоских измерительных наконечников			
Диапазон измерения, мм								
0-25	МР	МРИ						
25-50								
50-75								
75-100								
100-125								
125-150								
150-200								

Окончание табл. 7.13

Индикаторы часового типа	Наибольшая погрешность, мкм					Вариация показаний для диапазона измерений, мкм			
Класс точности	$\Delta 01$	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 5$	$\Delta 25$	до 10 мм		св. 10 мм	
0									
1									
Измерительные пружинные головки	Предел допускаемой погрешности в пределах всей шкалы, мкм				Размах показаний (из 10 измерений)				
Тип головки					в делениях шкалы		в мкм		
ИГПВ									
П									
ИПМ									
ИПМУ									

3. Определить класс точности средств измерений и способы нормирования погрешности измерения. Результаты занести в табл. 7.14.

Таблица 7.14 – Класс точности средств измерений и способы нормирования погрешности измерения

Наименование СИ	Класс точности	Способ нормирования погрешности
Концевые меры длины		
Микрометры рычажные		
Индикаторы часового типа		
Измерительные пружинные головки		

4. Настроить измерительное средство и провести измерение наружных размеров заданных деталей.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование и цель работы.
2. Основные технические и метрологические характеристики средств измерения.
3. Таблицы сравнительных оценок СИ по заданным параметрам: диапазону измерения, погрешности, классам точности и способам нормирования погрешности измерения.
4. Выводы по работе.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Классификация средств измерений.
2. Что такое мера?
3. Что такое измерительный прибор?
4. Понятие измерительный преобразователь и измерительная информационная система?
5. Способы нормирования погрешностей средств измерений?
6. Классификация погрешностей средств измерений?
7. Что такое аддитивная и мультипликативная погрешности?
8. Классы точности средств измерений и их обозначений?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РМГ 29–2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. Введ. 01.01.2014.– М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 60 с.
2. ГОСТ 9038 – 90 Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия. Введ. 01.07.1991. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 12 с.
3. ГОСТ 4381 – 87 Микрометры рычажные. Общие технические условия. Введ. 01.01.1988.– М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 15 с.
4. ГОСТ 577 – 68. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия. Введ. 05.02.1968. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 11 с.
5. ГОСТ 28798 – 90 Головки измерительные пружинные. Общие технические условия. Введ. 01.01.1992. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 7 с.
6. ГОСТ 8.401 – 80 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Классы точности средств измерений. Общие требования. Введ. 01.07.1981.– М.: ИПК Издательство стандартов, 2010. – 12 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет»**

**Кафедра «Приборные системы и автоматизация
технологических процессов»**

Лабораторная работа №

Выполнил:
студент группы _____

Проверил:

Севастополь
20__г.