

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого»
Кафедра «Детали машин»

ВЫБОР УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Практическое руководство
по выполнению курсовой работы
по курсу «Нормирование точности
и технические измерения» для студентов
машиностроительных специальностей

Гомель 2005

УДК 681(075.8)
ББК 34.9+30.10я73
В92

*Рекомендовано Научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П.О. Сухого*

Автор-составитель: Ю.Е. Кирпиченко

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Технология машиностроения» ГГТУ
им. П.О. Сухого *М.И. Кульгейко*

В92 **Выбор универсальных средств измерений:** Практ. рук. по выполнению курсовой работы по курсу «Нормирование точности и технические измерения» для студентов машиностр. специальностей /Автор-сост. Ю.Е. Кирпиченко. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2005. – 22 с.

Практическое пособие состоит из 3-х разделов. В первом разделе приводятся основные понятия процесса измерения, формулируются термины способов измерений. Во втором разделе рассматриваются метрологические показатели средств измерения. Третий раздел посвящен методике выбора средств измерения. Для студентов машиностроительных специальностей.

УДК 681(075.8)
ББК 34.9+30.10я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П.О. Сухого», 2005

ВВЕДЕНИЕ

На машиностроительных предприятиях особая роль отводится службам технического контроля. Поэтому знание общих принципов, порядка и правил проведения контроля, обеспечивающих единство и сопоставимость результатов, очень важно для студентов машиностроительных специальностей.

Целью данного пособия является ознакомление студентов с основами выбора инструментов и приборов для измерения линейных размеров типовых деталей разной конфигурации и разной точности изготовления.

В пособии приводятся метрологические параметры измерительных инструментов и допускаемые по ГОСТу погрешности измерения в зависимости от размеров детали и качества. Приведенные данные будут полезны студентам при выполнении курсовой работы по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения».

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ

Измерение – процесс сравнения какой-либо величины с помощью специальных технических средств с однородной величиной, условно принятой за единицу. Результатом измерения является число, выражающее отношение измеряемой величины к величине, принятой за единицу. К техническим измерениям в машиностроении относят линейные и угловые измерения, т. е. измерения геометрических параметров деталей, сборочных единиц и изделий, отклонения формы и расположения, волнистость и шероховатость поверхностей.

Контроль – более широкое понятие, охватывающее как количественную, так и качественную оценку годности продукции. Различают контроль точности изготовленной продукции и контроль точности технологических процессов. При выполнении контроля точности изготовленной продукции определяется соответствие действительных значений размеров и других параметров изготовленной детали требованиям чертежа (допуском, предельным значениям), допустимым значениям этих параметров. Задачей контроля точности технологических процессов является технологическое обеспечение требуемой точности, т. е. профилактика брака.

Измерения могут быть прямыми и косвенными. Кроме того, измерения могут проводиться абсолютным и относительным способами.

При **прямых** измерениях искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных, т. е. размер детали определяют непосредственно по показаниям измерительного прибора – это наиболее распространенный метод. К прямым измерениям относят измерение размеров деталей с помощью штангенинструментов, угломеров и др.

При **косвенных** измерениях искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям путем вычислений. Например, овальность и конусообразность определяются как полуразность наибольшего и наимень-

шего диаметров, средний диаметр резьбы измеряется при помощи трех проволочек и микрометра по результатам соответствующих расчетов и т. д.

При **абсолютном** методе измерения размер детали определяют непосредственно прямым измерением, т. е. по шкале прибора, проградуированного в единицах измерения. К указанным приборам относятся штангенциркули, микрометры и т. д.

При **относительном** (сравнительном) методе измерения определяют величину отклонения измеряемой величины от плоскопараллельной концевой меры длины или от установочной меры известного номинального размера, по которой был предварительно выверен (настроен) прибор. Примерами таких приборов являются индикатор часового типа или оптиметр. Относительный метод измерения широко применяется для измерения, например, диаметров отверстий с помощью индикаторных нутромеров.

В зависимости от наличия контакта между измерительными поверхностями прибора и контролируемой деталью различают контактный и бесконтактный методы измерения.

При **контактном** методе измерения измерительные поверхности прибора (например, губки штангенциркуля) соприкасаются с поверхностью измеряемого изделия.

Бесконтактный метод – метод измерения, при котором отсутствует механический контакт детали с измерительным наконечником прибора. Примерами таких методов измерения могут служить оптические методы.

2. ОСНОВНЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, ИСПОЛЪЗУЕМЫЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Под **средством измерения** понимается техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства.

Технические средства измерения размеров подразделяются на меры и измерительные инструменты (приборы).

Мера – это средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера.

По конструктивным признакам меры делятся на штриховые и плоскопараллельные концевые меры (однозначные меры). К мерам также относят измерительные линейки, щупы, рулетки и т. д. (многозначные меры).

Измерительным инструментом (прибором) называют средство измерения, предназначенное для получения сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Простейшие средства измерения относят к группе инструментов (штангенциркули, микрометры, нониусные угломеры, штангенглубиномеры), более сложные – к группе приборов (оптиметры, инструментальные и универсальные измерительные микроскопы и т. п.).

Универсальные средства измерения линейных и угловых величин, в зависимости от конструкции и принципа действия, подразделяются на следующие группы:

1) **механические** – штриховые инструменты с линейным нониусом (штангенциркули, универсальные угломеры и т. д.), микрометрические инструменты (микрометры гладкие, микрометрические нутромеры и глубиномеры и т. д.);

2) с **механическим преобразованием** – рычажно-механические (рычажные), зубчатые, рычажно-зубчатые, пружинные (индикаторы, микрокаторы и т. д.);

3) **оптико-механические** – оптиметры, оптикаторы, координатные измерительные машины, интерферометры);

4) **оптические** – микроскопы (инструментальный, универсальный проекционный), проекторы, оптические угломеры и др.

5) с **пневматическим преобразованием**;

6) с **электрическим электромеханическим преобразованием**.

Средства измерения специального назначения применяются для контроля следующих параметров:

1) отклонений формы и расположения поверхностей (поверочные линейки, плиты и т. п.);

2) шероховатости поверхности (профилометры, профилографы);

3) резьб (резьбовые микрометры, шагомеры);

4) зубчатых передач (зубомеры, нормалемсы и т. д.).

Штангенциркули применяют для измерения линейных размеров. Метод измерения штангенциркулями прямой, абсолютный.

Штангенциркуль предназначен для измерения наружных и внутренних поверхностей, а также глубин. ГОСТ 166-80 предусматривает изготовление и использование трех типов штангенциркулей (рис. 1).

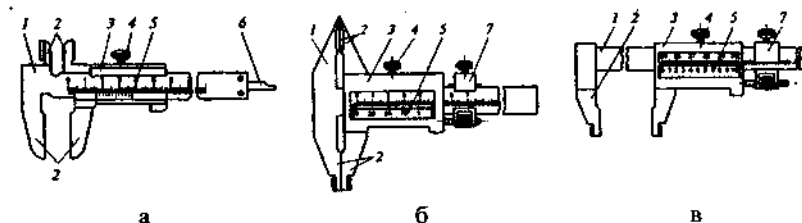


Рис. 1. Конструкции штангенциркулей: а – тип ШЦ-I; б – тип ШЦ-II; в – тип ШЦ-III; 1 – штанга-линейка; 2 – измерительные губки; 3 – рамка; 4 – винт зажима рамки; 5 – нониус; 6 – линейка глубиномера; 7 – рамка микрометрической подачи

Кроме того, на заводах применяются индикаторные штангенциркули с ценой деления индикатора 0,1; 0,05; 0,02 мм (рис. 2).

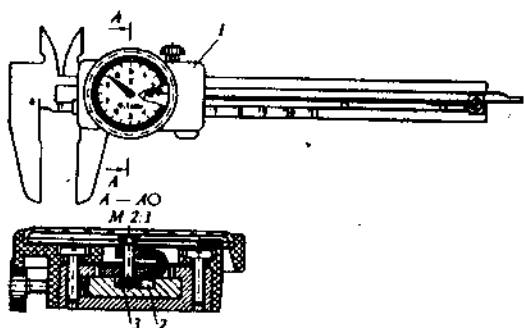


Рис. 2. Конструкция индикаторного штангенциркуля:
1 – рамка; 2 – зубчатая рейка; 3 – зубчатое колесо

В настоящее время разработаны штангенциркули, в которых стрелочный индикатор (рис. 2) заменен на ЖК – дисплей с цифровой индикацией, разрешением 0,01 мм и погрешностью $\pm 0,02$ мм.

Штангенглубиномеры (ГОСТ 162-80) (рис. 3) принципиально не отличаются от штангенциркулей и предназначены для измерений глубин отверстий и пазов.

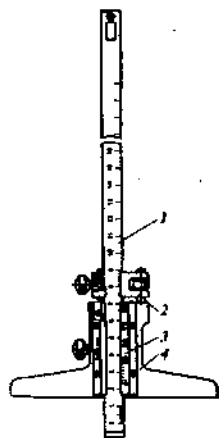


Рис. 3. Штангенглубиномер: 1 – штанга-линейка; 2 – рамка микрометрической подачи; 3 – нониус; 4 – основание

Рабочими поверхностями штангенглубиномеров являются торцовая поверхность штанги-линейки и база для измерений – нижняя поверхность основания.

Штангенрейсмасы (ГОСТ 164-80) (рис. 4) являются основными инструментами для разметки деталей и определения их высоты. Конструкция и принцип действия штангенрейсмаса принципиально не отличается от конструкции и принципа действия штангенциркуля.

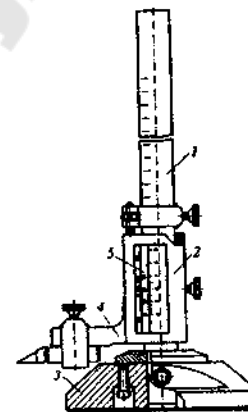


Рис. 4. Штангенрейсмас: 1 – штанга-линейка; 2 рамка; 3 – основание; 4 – державка; 5 – нониус

Микрометрические инструменты (табл. 1, 2) предназначены для абсолютных измерений наружных и внутренних размеров, высот уступов, глубин отверстий и пазов и т. д. К ним относятся гладкие микрометры (рис. 5); микрометры со вставками; микрометрические глубиномеры; микрометрические нутромеры.

Принцип действия этих инструментов основан на использовании винтовой пары (винт – гайка) для преобразования вращательного движения микрометрического винта в поступательное.

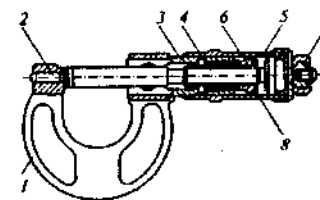


Рис. 5. Гладкий микрометр (ГОСТ 6507-90): 1 – корпус; 2 – неподвижная пятка; 3 – стембель; 4 – микрометрический винт; 5 – барабан; 6 – гайка; 7 – устройство стабилизации усилия измерений (трещетка); 8 – контргайка

Микрометры со вставками используются для измерения толщины листов лент черных и цветных металлов (тип МЛ), толщины стенок труб (тип МТ), режущего инструмента (тип МТИ, МПИ, МСИ), среднего диаметра резьб (тип МВМ, МВТ), деталей из мягких металлов (тип МВП).

Микрометрический глубиномер (ГМ ГОСТ 7470-78) (рис. 6) предназначен для измерения глубин глухих отверстий и плоскостей.

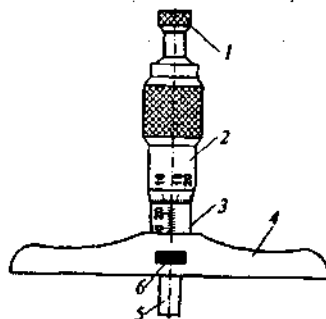


Рис. 6. Микрометрический глубиномер: 1 – трещетка; 2 – барабан; 3 – стембель; 4 – траверса; 5 – подвижная пятка; 6 – гайка фиксации

Микрометрический нутромер (ГОСТ 10-75) (рис. 7) предназначен для абсолютных измерений внутренних размеров.

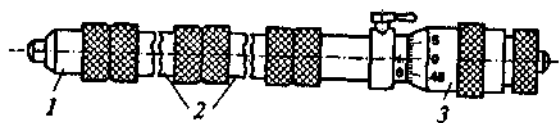


Рис. 7. Микрометрический нутромер: 1 – неподвижный наконечник; 2 – удлинитель; 3 – микрометрическая головка

Средства измерения и контроля с механическим преобразованием (табл. 3, 4) основаны на преобразовании малых перемещений измерительного стержня в большие перемещения указателя (стрелки, шкалы, светового луча и т. д.). В зависимости от типа механизма они делятся на рычажно-механические (рычажные), зубчатые, рычажно-зубчатые, пружинные и пружинно-оптические. Рычажно-механические применяются, главным образом, для относительных измерений, проверки радиального и торцевого биения, а также для контроля отклонений формы и расположения поверхностей деталей.

Таблица 1

Микрометрический инструмент. Метрологические характеристики

Наименование	Номер документа	Диапазон измерения, мм	Цена деления, мм	Предел допускаемой погрешности, мм
Микрометры гладкие	ГОСТ 6507-90	0 – 25	0,01	±0,002
		25 – 50		±0,002
		50 – 75		±0,0025
		75 – 100		±0,0025
		100 – 125		±0,003
		125 – 150		
		150 – 175		
175 – 200				
Нутромеры микрометрические	ГОСТ 10-88	50 – 75	0,01	±0,004
		75 – 175		±0,006
		75 – 600		±0,015
		150 – 1250		±0,02
		600 – 2500		±0,04

Таблица 2

Микрометры рычажные. Метрологические характеристики

Наименование	Номер документа	Пределы измерения микрометра, мм	Цена деления отсчетного устройства, мм	Цена деления шкалы барабана, мм	Допускаемая погрешность, мм	
					микрометра	отсчетного устройства
Микрометры рычажные	ГОСТ 4381-87	0 – 25	0,001	0,01	±0,003	±0,001
		25 – 50			±0,003	±0,001
		50 – 75			±0,003	±0,001
		75 – 100	0,002		±0,003	±0,001
		100 – 125			±0,005	±0,001
		125 – 150			±0,005	±0,001
		150 – 200			±0,005	±0,001

Индикаторные нутромеры (рис. 8) предназначены для относительных измерений отверстий от 3 до 1000 мм. Для установки нутромеров на номинальный размер применяют кольца установочные или собранный блок концевых мер.

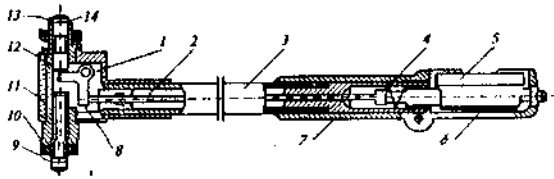


Рис. 8. Конструкция индикаторного нутромера: 1 – ось вращения рычага; 2 – шток; 3 – трубка; 4 и 14 – пружина; 5 – отсчетное устройство (индикатор); 6 – предохранительный кожух; 7 – теплоизоляционная рукоятка; 8 – Г-образный рычаг; 9 – неподвижный (регулируемый) стержень; 10 – контргайка; 11 – корпус; 12 – шарик; 13 – подвижный измерительный стержень; 14 – риска

В производственных условиях и измерительных лабораториях для абсолютных измерений нашли широкое применение индикаторы или индикаторные измерительные головки с зубчатой передачей. Индикатор часового типа является показывающим прибором индикаторной скобы, индикаторного глубиномера, индикаторного нутромера (рис. 9).

Наряду с индикатором часового типа широко применяют многооборотные индикаторы и рычажно-зубчатые головки, рычажные скобы (рис. 10), рычажные микрометры и т. д. Эти приборы предназначены для относительных измерений наружных поверхностей.

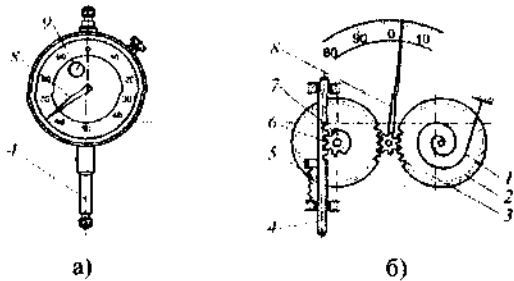


Рис. 9. Индикатор часового типа (а) и его схема (б): 1 – спиральная пружина; 2, 3, 5 и 7 – зубчатое колесо; 4 – стержень; 6 – зубчатая рейка; 8 и 9 – стрелка

Оптико-механические приборы находят широкое применение в измерительных лабораториях и цехах для измерения размеров калибров, плоскопараллельных концевых мер длины точных изделий, а также для настройки и проверки средств активного и пассивного контроля. Эти приборы основаны на сочетании оптических схем и механических передач. К оптико-механическим измерительным приборам относят пружинно-оптические измерительные го-

ловки (оптикаторы), оптиметры, ультраоптиметры, длиномеры, измерительные машины, интерферометры и ряд других приборов.

Оптиметры изготовляют в двух вариантах: вертикальные – с вертикальной линией измерения и горизонтальные – с горизонтальной линией измерения (рис. 11). В качестве измерительной головки здесь применяют трубку оптиметра. Вертикальный оптиметр предназначен для измерений наружных размеров деталей, а горизонтальные – для измерения как наружных, так и внутренних размеров методом сравнения измеряемого изделия с концевыми мерами (образцами). В оптической схеме оптиметров использованы принципы автоколлимации и оптического рычага.

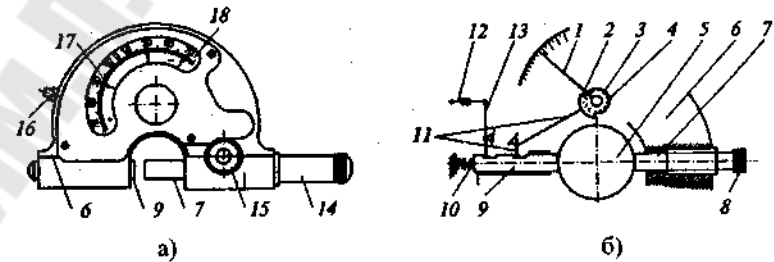


Рис. 10. Рычажная скоба (а) и ее схема (б): 1 – стрелка; 2 – зубчатый сектор; 3 – спиральная пружина; 4 – зубчатое колесо; 5 – объект измерения; 6 – корпус; 7 – неподвижная (регулируемая) пятка; 8 – микровинт для настройки; 9 – подвижная пятка; 10 – пружина; 11 – измерительный рычаг; 12 – стержень арретира; 13 – рычаг арретира; 14 – предохранительный чехол; 15 – гайка фиксатора; 16 – кнопка арретира; 17 – шкала; 18 – указатель предела действительных отклонений

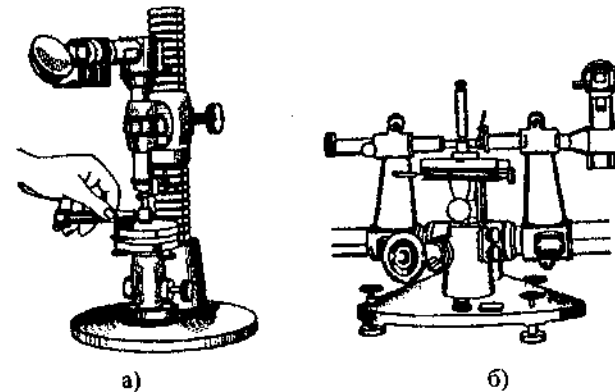


Рис. 11. Оптиметр а) вертикальный; б) горизонтальный

Таблица 3

Скобы рычажные. Метрологические характеристики

Наименование	Номер документа	Диапазон измерений, мм	Цена деления отсчетного устройства, мм	Диапазон показаний, мм	Основная погрешность, мм, не более
Скобы с отсчетным устройством повышенной точности	ГОСТ 11098-75	0 – 25	0,001	0,07	±0,0014
		25 – 50			
		50 – 75		0,14	
		75 – 100			
Скобы рычажные со встроенным в корпусе отсчетным устройством	ГОСТ 11098-75	0 – 25	0,002	0,28	±0,002
		25 – 50			
		50 – 75			
		75 – 100			
		100 – 125			
		125 – 150			

Таблица 4

Нутромеры индикаторные. Метрологические характеристики

Наименование	Номер документа	Пределы измерения, мм	Цена деления шкалы, мм	Предел допускаемой погрешности показаний нутромера, мм, не более
Нутромеры индикаторные	ГОСТ 868-82	6 – 10	0,01	±0,010
		10 – 18		±0,012
		18 – 50		±0,012
		50 – 100		±0,015
		100 – 160		±0,018
		160 – 250		±0,018
Нутромеры с измерительными головками	ГОСТ 9244-75	2 – 3	0,001	-
		3 – 6	0,001	-
		6 – 10	0,001	±0,0018
		10 – 18	0,002	±0,0035
		18 – 50	0,002	±0,0035
		50 – 100	0,002	±0,00408
		100 – 160	0,002	±0,00408
		160 – 260	0,002	±0,00408

Таблица 5

Оптиметры. Метрологические характеристики

Наименование	Тип	Пределы измерения, мм	Цена деления, мкм	Пределы показаний, мм	Вариация показаний, мкм
Оптиметр вертикальный с окуляром	ОВО - 1	180	1	$\pm 0,1$	0,1
Оптиметр вертикальный с проекционным экраном	ОВЭ - 02	160	0,2	$\pm 0,025$	0,02
	ОВЭ - 1	200	1	$\pm 0,1$	0,1
Оптиметр горизонтальный с окуляром	ОГО - 1	0-350 для наружных измерений 13,5-150 для внутренних измерений	1	$\pm 0,1$	0,1
	ИКУ - 2	0-500 для наружных измерений 5-400 для внутренних измерений	1	0-100	0,1

Измерительные машины (одно-, двух- и трехкоординатные) предназначены для контроля сложных корпусных деталей, деталей значительных длин, измерения расстояний между осями отверстий, лежащих в одной или разных плоскостях, контроля параметров плоских профильных шаблонов в прямоугольных и полярных координатах.

Интерферометры относятся к весьма точным оптико-механическим приборам. Они применяются в основном для проверки концевых мер длины, размеров и формы особо точных изделий и основаны на использовании явления интерференции световых волн. Интерферометры для линейных измерений делятся на контактные (ИКПВ - вертикальные, ИКПГ - горизонтальные) и бесконтактные. Контактные интерферометры имеют одинаковые интерференционные трубки с возможностью регулирования цены деления от 0,05 до 0,2 мкм.

В последнее время промышленность стала выпускать бесконтактные лазерные интерферометры с цифровым отсчетом. Они позволяют измерять абсолютным методом детали больших размеров (до 60 м и более) с высокой производительностью и точностью. Цена деления таких приборов составляет от 0,1 до 0,01 мкм; погрешность измерения составляет 0,5 мкм на 1 м.

Оптические измерительные приборы нашли применение в измерительных лабораториях для абсолютных и относительных измерений бесконтактным методом различных изделий сложного профиля (резьб, шаблонов, кулачков, фасонных режущих инструментов) и малых габаритных размеров для точных измерений длин, углов, радиусов. Эти приборы построены на оптических схемах. К наиболее распространенным оптическим измерительным приборам относятся: микроскопы (инструментальный, универсальный, проекционный), проекторы, оптические длиномеры и угломеры, делительные головки, столы и др.

Инструментальные и универсальные микроскопы предназначены для абсолютных измерений углов и длин различных деталей в прямоугольных и полярных координатах. В соответствии с ГОСТ 8074-82 выпускают микроскопы с микрометрическими измерителями двух типов: типа А - без наклона головки и типа Б - с наклоном головки. У микроскопов ИМ 100х50, А; ИМ 150х50, Б предусмотрен отсчет по шкалам микрометрических головок 25 мм и применение концевых мер длины, тогда как микроскопы ИМЦ 100х50, А; ИМЦ 150х50, А; ИМ 150х50, Б; ИМЦЛ 160х80, Б оснащены цифровым отсчетом.

Универсальные измерительные микроскопы (ГОСТ 14968-69) отличаются от инструментальных большим диапазоном измерений и повышенной точностью.

Пневматические измерительные приборы нашли широкое применение для контроля линейных размеров. Они обладают высокой точностью, позволяют производить дистанционные измерения в относительно труднодоступных местах, имеют низкую чувствительность к вибрациям. Пневматические бесконтактные измерения дают возможность контролировать легкодеформируемые детали, детали с малыми величинами микронеровностей, которые могут быть повреждены механическим контактом, а также исключают износ измерительных поверхностей контрольных устройств, что повышает точность и надежность контроля. Пневматические приборы сравнительно легко поддаются автоматизации, просты в эксплуатации, требуют менее квалифицированного обслуживания. Однако эти приборы обладают значительной инерционностью, снижающей их производительность.

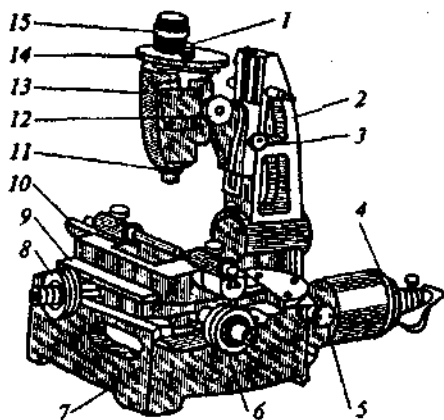


Рис. 12. Микроскоп инструментальный модели МИИ:
1 – визирный микроскоп; 2 – стойка; 3 – винт; 4 – лампа подсветки;
5 и 12 – маховик; 6 и 8 – микрометрический винт; 7 – основание;
9 – измерительный стол; 10 – шариковые направляющие;
11 – объектив; 13 – кронштейн; 14 – кольцо; 15 – тубус

Пневматические измерительные приборы делятся на два типа:

- приборы, в которых измеряется давление воздуха, – манометрические («Солекс»);
- приборы, регистрирующие скорость истечения воздуха или его расход, – расходомерные («Ротаметр»).

Электрические и электромеханические измерительные приборы характеризуются наличием единого источника энергии – электрического тока. Широкое распространение в измерительной технике нашли электрические преобразователи, индуктивные, емкостные, электронные и фотоэлектрические приборы. Они отличаются высокой точностью, позволяют вести дистанционные измерения, имеют сравнительно небольшие габаритные размеры, обладают незначительной инертностью.

Индуктивные измерительные приборы могут быть бесконтактными и контактными. В бесконтактном индуктивном приборе контролируемая деталь (только из ферромагнитных материалов) непосредственно включена в магнитную цепь, образуя участок магнитопровода. Схема контактного безрычажного дифференциального индуктивного прибора с малым ходом, например, модель 226, показана на рис. 13.

Индуктивные приборы выпускают как со стрелочными показывающими приборами, которые имеют пять регулируемых пределов измерения $\pm(1; 3; 10; 30; 100)$ мкм с разной ценой деления (0,02; 0,05; 0,2; 2 мкм, соответственно), так и с цифровыми устройствами, имеющими три регулируемых предела измерения $\pm(10; 100 и 1000)$ мкм с разной ценой деления (0,005; 0,05 и 0,5 мкм, соответственно).

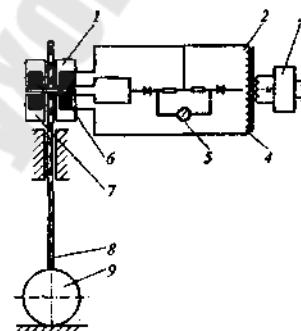


Рис. 13. Схема индуктивного прибора модели 226, з-д «Калибр»:
1 и 7 – индуктивная катушка; 2 и 4 – сопротивление;
3 – генератор; 5 – отсчетный прибор; 6 – якорь;
8 – измерительный стержень; 9 – контролируемая деталь

Метрологическими показателями средств измерения являются их характеристики, которые позволяют судить о пригодности этих средств для измерения в известном диапазоне с известной точностью.

Наиболее используемыми в машиностроении метрологическими показателями являются:

- деление шкалы – промежуток между двумя соседними отметками шкалы;
- цена деления шкалы – разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы;
- интервал деления шкалы – расстояние между осями двух соседних отметок шкалы;
- диапазон показаний – область значений шкалы, ограниченная ее начальным и конечным значениями;
- диапазон измерений – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средств измерения;
- предел измерений – наибольшее и наименьшее значения диапазона измерений;
- погрешность измерения – суммарная погрешность, обуславливающая разность между результатом измерения и действительным значением измеряемой величины;
- предельная погрешность показания прибора представляет собой погрешность измерений, проведенных в условиях, определяемых стандартом на метод и средства поверки;
- погрешность средства измерения – составляющая погрешности измерения, вызываемая погрешностью изготовления, юстировки прибора, несовершенством его конструкции, износом в процессе эксплуатации;
- измерительное усилие – усилие воздействия измерительного наконечника прибора на поверхность измеряемой детали в зоне контакта.

3. ВЫБОР ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Выбор средств измерений определяется, с одной стороны, их техническими возможностями: метрологическими характеристиками и пригодностью средств измерения для контроля рассматриваемого параметра, а с другой стороны, требованиями по обеспечению необходимой точности. Кроме того, выбор средств измерения определяется объемом выпуска измеряемой детали, ее конструктивными особенностями (габаритные размеры, масса, материал детали, жесткость конструкции), экономическими показателями средств измерения (стоимость и надежность прибора, стоимость его ремонта и эксплуатации, продолжительность работы до ремонта, время, затрачиваемое на настройку и процесс измерения, необходимая квалификация контролера).

В общем случае перед выбором средства измерения или контроля следует решить вопросы целесообразности контроля определенного вида параметров и производительности таких средств (универсальных или специальных, автоматизированных или автоматических). Как правило, одну метрологическую задачу можно решить с помощью различных измерительных средств, которые имеют не только разную стоимость, но и разные точность и другие метрологические показатели, а, следовательно, дают неодинаковые результаты измерений. Иными словами, каждый размер может быть измерен несколькими средствами измерений с различными погрешностями измерения. Эти погрешности зависят от конструкции прибора (инструмента), точности изготовления его частей и сборки, условий настройки и применения и т. д. При измерении любым средством измерения невозможно получить абсолютно точное значение, так как за счет случайных и неучтенных ошибок результат измерения будет несколько отличаться от «истинного» значения в большую или меньшую сторону. Наибольшее возможное значение этого отклонения называют **предельной погрешностью измерения**. Погрешность годного прибора не должна превышать установленного для нее предела, что обеспечивается систематической поверкой приборов, надзором за состоянием и использованием измерительной техники, организованным в соответствии с требованиями Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ).

В условиях единичного производства специальная контрольно-измерительная оснастка обычно не применяется, а поэтому контроль размеров изделий производится преимущественно при помощи универсальных измерительных средств и приборов (штангенциркулей, микрометров, индикаторных нутромеров и т. п.). При серийном производстве основными средствами контроля размеров являются предельные калибры и шаблоны, а также полуавтоматические контрольные измерительные устройства.

Так как при выполнении курсовой работы перед студентами стоит задача научиться выбирать универсальные средства измерения, то рассмотрим необходимый порядок действий.

Вначале устанавливается значение допустимой погрешности измерения — $[\delta]$. Зависимость между допустимой погрешностью измерений $[\delta]$,

допусками на изготовление детали ИТ и номинальными размерами регламентирована ГОСТ 8.051-81 «ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм» (табл. 6). Установленные ГОСТом погрешности измерения являются наибольшими, которые можно допускать при измерениях. Они включают как случайные, так и неучтенные систематические погрешности измерения (погрешности показаний прибора, установочных мер, по которым производится настройка прибора, температурные, погрешности базирования детали при измерении и т. д.).

Далее средство измерения выбирается таким образом, чтобы **предельная погрешность измерения, $\delta_{пр}$, в заранее установленных условиях применения (т. е. с учетом всех дополнительных погрешностей) не превышала допустимой погрешности измерения, $[\delta]$, а трудоемкость и себестоимость измерений были возможно более низкими.**

То есть при выборе измерительных средств необходимо учитывать равенство:

$$\delta_{пр} \leq [\delta]$$

Следует отдавать предпочтение тому измерительному средству, которое при прочих равных условиях является наиболее простым (экономичным) из числа имеющихся.

Значения предельных погрешностей измерения линейных размеров наиболее распространенными универсальными измерительными средствами приведены в таблице 7.

Из тех средств измерения, табличные значения предельных погрешностей которых удовлетворяют вышеуказанному неравенству, выбирается то, при котором обеспечивается наименьшая трудоемкость и стоимость измерений (табл. 1-5). Если данные о трудоемкости и стоимости измерений отсутствуют, то наиболее приемлемым следует считать средство с табличной погрешностью $\delta_{пр}$, наиболее близкой к допустимой погрешности измерения $[\delta]$.

Пример 1. Необходимо измерить вал $\varnothing 40f7 \begin{matrix} -0,025 \\ -0,050 \end{matrix}$. С помощью данных, приведенных в таблице 6, находим величину допустимой погрешности измерения $[\delta] = 7,0$ мкм (пересечение вертикальной колонки, соответствующей интервалу 30-50 мм, и горизонтального ряда, соответствующего седьмому качеству). С учетом вышеприведенного неравенства, из таблицы 7, выбираем измерительное средство — микрометр рычажный с погрешностью измерения 5,5 мкм с настройкой на размер 40 мм по концевой мере 5-го разряда.

Пример 2. Необходимо выбрать измерительное средство для контроля отверстия $\varnothing 40H9 \begin{matrix} 0,062 \\ 0,000 \end{matrix}$. По таблице 6 находим, что для указанного отверстия допустимая погрешность измерения $[\delta] = 16$ мкм. Из данных таблицы 7 следует, что для контроля вышеуказанного отверстия может быть выбран нутромер индикаторный с ценой деления отсчетного устройства 0,01 мм при установке на размер 40 мм по концевой мере 3-го класса.

Таблица 6

Допускаемые погрешности измерения линейных размеров по ГОСТ 8.051-81, мкм

Номинальные размеры, мм	Классы																					
	4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ
до 3	3	1,0	4	1,4	6	1,8	10	3,0	14	3,0	25	6	40	8	60	12	100	20	140	30	250	50
свыше 3 до 6	4	1,4	5	1,6	8	2,0	12	3,0	18	4,0	30	8	48	10	75	16	120	30	180	40	300	60
свыше 6 до 10	4	1,4	6	2,0	9	2,0	15	4,0	22	5,0	36	9	58	12	90	18	150	30	220	50	360	80
свыше 10 до 18	5	1,6	8	2,8	11	3,0	18	5,0	27	7,0	43	10	70	14	110	30	180	40	270	60	430	90
свыше 18 до 30	6	2,0	9	3,0	13	4,0	21	6,0	33	8,0	52	12	84	18	130	30	210	50	330	70	520	120
свыше 30 до 50	7	2,4	11	4,0	16	5,0	25	7,0	39	10,0	62	16	100	20	160	40	250	50	390	80	620	140
свыше 50 до 80	8	2,8	13	4,0	19	5,0	30	9,0	46	12,0	74	18	120	30	190	40	300	60	460	100	740	160
свыше 80 до 120	10	3,0	15	5,0	22	6,0	35	10,0	54	12,0	87	20	140	30	220	50	350	70	540	120	870	180
свыше 120 до 180	12	4,0	18	6,0	25	7,0	46	12,0	63	16,0	100	30	160	40	250	50	400	80	630	140	1000	200
свыше 180 до 250	14	5,0	20	7,0	29	8,0	46	12,0	72	18,0	115	30	185	40	290	60	460	100	720	160	1150	240
свыше 250 до 315	16	5,0	23	8,0	32	10,0	52	14,0	81	20,0	130	30	210	50	320	70	520	120	810	180	1300	260
свыше 315 до 400	18	6,0	25	9,0	36	10,0	57	16,0	89	24,0	140	40	230	50	360	80	570	120	890	180	1400	280
свыше 400 до 500	20	6,0	27	9,0	40	12,0	63	18,0	97	26,0	155	40	250	50	400	80	630	140	970	200	1550	320

Таблица 7

Предельные погрешности измерения, мкм, линейных размеров различными измерительными средствами

Прибор	Тип прибора	Интервал размеров, мм									
		свыше 1 до 10	свыше 10 до 30	свыше 30 до 50	свыше 50 до 80	свыше 80 до 120	свыше 120 до 180	свыше 180 до 250	свыше 250 до 360	свыше 360 до 500	
Вертикальный и горизонтальный оптиметры (при измерении наружных размеров)	ОВО-1	0,8	1,6	2,5	3,5	6	8,5	13	18	-	
	ОВЭ-1										
	ОГО-1	0,45	0,7	1,0	1,4	2,5	3,5	5	7,5	9	
	ОГЭ-1										

Окончание табл. 7

Прибор	Тип прибора	Интервал размеров, мм									
		свыше 1 до 10	свыше 10 до 30	свыше 30 до 50	свыше 50 до 80	свыше 80 до 120	свыше 120 до 180	свыше 180 до 250	свыше 250 до 360	свыше 360 до 500	
Горизонтальный оптиметр (при измерении внутренних размеров)	ОГО-1 ОГЭ-1	-	1,4	1,4	1,9	2,5	3,5	-	-	-	
Скоба рычажная	СР	2,5	2,5	4,5	7,5	9	11	-	-	-	
Скоба индикаторная	СИ	11	11	11	12	13	14	30	38	49	
Индикаторный нутромер при замене отсчетного устройства измерительной головкой с ценой деления, мм: 0,001 и 0,002	НИ	4	4,5	4,5	5	5,5	6	7	8	-	
Индикаторный нутромер при замене отсчетного устройства измерительной головкой с ценой деления 0,01 мм	НИ	10	11	12	14	16	17	18	20	23	
Штангенциркуль: измерение наружных размеров с отсчетом по нониусу, 0,05 мм	ШЦ	80	80	80	90	100	100	100	110	-	
Штангенциркуль: измерение наружных размеров с отсчетом по нониусу, 0,1 мм	ШЦ	150	150	150	160	170	190	200	210	230	
Штангенциркуль: измерение внутренних размеров с отсчетом по нониусу, 0,05 мм	ШЦ	150	150	150	170	170	200	200	250	250	
Штангенциркуль: измерение внутренних размеров с отсчетом по нониусу, 0,1 мм	ШЦ	200	200	200	230	230	300	300	300	300	
Микрометрический нутромер	НМ	-	-	-	20	25	28	32	40	75	
Микрометр рычажный с ценой деления 0,002 мм	МР	2	2	5,5	8,5	13	17	25	34	48	
Микрометр гладкий 0-класса	МК	4,5	5,5	6	7	8	-	-	-	-	
Микрометр гладкий 1-класса	МК	7	8	9	10	12	-	-	-	-	
Микрометр гладкий 2-класса	МК	12	13	14	15	18	-	-	-	-	

ЛИТЕРАТУРА

1. Белкин И.М. Справочник по допускам и посадкам для рабочего-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1985. – 352 с.
2. Берков В.И. Технические измерения. – М.: Машиностроение, 1983. – 170 с.
3. Козловский Н.С., Виноградов А.Н. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1983. – 284 с.
4. Технология технического контроля в машиностроении: Справочное пособие /Под общ. ред. В.Н. Чупырина. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 400 с.
5. Контрольно-измерительные приборы и инструменты: Учебник /С.А. Зайцев, Д.Д. Грибанов, А.Н. Толстов и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 464 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Основные понятия процесса измерения	3
2. Основные средства измерения, используемые в машиностроении	4
3. Выбор измерительных средств	18
Литература	22

Учебное издание

ВЫБОР УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Практическое руководство
по выполнению курсовой работы
по курсу «Нормирование точности
и технические измерения» для студентов
машиностроительных специальностей

Автор-составитель: **Кирпиченко Юрий Ефремович**

Редактор *Л.Ф. Теплякова*
Компьютерная верстка *М.В. Лапцкий*

Подписано в печать 3.01.2005 г.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Ризография. Усл. печ. л. 1,27. Уч.-изд. л. 1,47.
Тираж 200 экз. Изд. № 73. Заказ № 35.

Редакционно-издательский отдел
Учреждения образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого».
ЛИ № 02330/0133207 от 30.04.2004 г.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48, т. 47-71-64.

Отпечатано на ризографическом оборудовании
Учреждения образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого».
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48, т. 47-71-64.