



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(национальный исследовательский университет)»

Кафедра: «Технология и автоматизация обработки материалов»

КОНТРОЛЬ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

Методическое указание к практическим занятиям
по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация»
(Авторская редакция)

Составители: Щугорев Ю.Ю.

Москва 2021

Контроль наружных и внутренних линейных размеров / Сост.: Ю.Ю. Щугорев, Метод. Указания. – М.: МАИ, 2021. – 32 с.

Настоящие методические указания составлены применительно к программам курса «Автоматизированные процессы управления производством» для специальностей 22.03.01 «Материаловедение и технология новых материалов», 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» Ступинского филиала МАИ.

© Щугорев Ю.Ю., составление 2021

© МАИ, 2021

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Принципиальное положение, на котором основывается выбор измерительных средств, заключается в том, что измерение рассматривается как составная часть процесса изготовления, а целью измерения является определение действительного размера как конкретной истины, исходя из служебного назначения детали.

Основные вопросы выбора измерительных средств общие, независимо от вида приборов и контролируемых деталей:

- Точность измерительного средства должна быть достаточно высокой по сравнению с заданной точностью выполнения измеряемого параметра изделия;
- выбранное средство должно обладать высокой производительностью, простотой;
- трудоемкость измерений и их стоимость должны быть возможно более низкими.

Недостаточная точность измерений приводит к тому, что часть годной продукции бракуют (ошибки I рода) и в тоже время брак частично принимают за годную продукцию (ошибки II рода).

Главные факторы, определяющие выбор средств измерения:

- Тип производства;
- Конструктивные особенности и размеры контролируемых деталей;
- Допускаемая погрешность измерения, нормированная стандартом.

Выбор средств измерений можно производить по коэффициенту уточнения (запасу точности) [1], на основе информационной теории измерительных средств, по принципу безошибочности контроля. Наиболее распространенным является последний способ, при котором выбор средств измерений производится по известным значениям номинального размера d детали, допуска изготовления IT и допустимой погрешности измерения $\delta_{изм}$. Этот метод и используется в данной лабораторной работе.

2. ВЫБОР И НАЗНАЧЕНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. Порядок выполнения работы (1-я часть, основные этапы):

- Построить в бланке отчета схему расположения полей допусков для каждого контролируемого размера детали;
- Нанести на схеме и занести в бланк отчета все необходимые размеры, отклонения и допуски (ГОСТ 25346-82, ГОСТ 25347-82);
- Определить значения допускаемой погрешности измерений - $\delta_{\text{изм}}$ по номинальному размеру детали, качеству и допуску (по табл. 1);
- Выбрать для каждого размера контролируемой детали средство измерения (СИЗ), пользуясь табл. 2,3 и схемой выбора. Пример выбора СИЗ приведен ниже в тексте методических указаний;
- Занести в бланк отчета результаты выбора СИЗ, привести основные точностные параметры выбранных средств;
- Ознакомиться с методами выбора СИЗ по коэффициенту уточнения и на основе информационной теории измерительных средств (самостоятельно).

Таблица 1

Пределы допускаемых погрешностей измерения по ГОСТ 8.051-81

Номинальный размер, мм	КАЛИТЕТ															
	...4		5		6		7		8		9		10		11...	
	IT	$\delta_{\text{изм}}$	IT	$\delta_{\text{изм}}$	IT	$\delta_{\text{изм}}$	IT	$\delta_{\text{изм}}$	IT	$\delta_{\text{изм}}$	IT	$\delta_{\text{изм}}$	IT	$\delta_{\text{изм}}$	IT	$\delta_{\text{изм}}$
До 3	3	1,0	4	1,4	6	1,8	10	3,0	14	3,0	25	6	40	8	60	12
Св. 3 до 6	4	1,4	5	1,6	8	2,0	12	3,0	18	4,0	30	8	48	10	75	16
Св. 6 до 10	4	1,4	6	2,0	9	2,0	15	4,0	22	5,0	36	9	58	12	90	18
Св. 10 до 18	5	1,6	8	2,8	11	3,0	18	5,0	27	7,0	43	10	70	14	110	30
Св. 18 до 30	6	2,0	9	3,0	13	4,0	21	6,0	33	8,0	52	12	84	18	130	30
Св. 30 до 50	7	2,4	11	4,0	16	5,0	25	7,0	39	10,0	62	16	100	20	160	40
Св. 50 до 80	8	2,8	13	4,0	19	5,0	30	9,0	46	12,0	74	18	120	30	190	40
Св. 80 до 120	10	3,0	15	5,0	22	6,0	35	10,0	54	12,0	87	20	140	30	220	50
Св. 120 до 180	12	4,0	18	6,0	25	7,0	40	12,0	63	16,0	100	30	160	40	250	50
Св. 180 до 250	14	5,0	20	7,0	29	8,0	46	12,0	72	18,0	115	30	185	40	290	60
Св. 250 до 315	16	5,0	23	8,0	32	10,0	52	14,0	81	20,0	130	30	210	50	320	70
Св. 315 до 400	18	6,0	25	9,0	36	10,0	57	16,0	89	24,0	140	40	230	50	360	80
Св. 400 до 500	20	6,0	27	9,0	40	12,0	63	18,0	97	26,0	155	40	250	50	400	80

2.2. Поля допусков рабочих деталей и расчет их предельных размеров
Допуски размеров гладких цилиндрических деталей нормированы
ГОСТ 25346-82, ГОСТ 25347-82.

Согласно чертежу заданной детали, на котором указан номинальный размер контролируемого параметра и условное обозначение поля допуска, определить по стандартам допуск размера, предельные отклонения.

На основе конкретной схемы расположения поле допусков рассматриваются и заносятся в бланк отчета предельные размеры детали.

2.3. Схема выбора средств измерений (СИЗ). Допускаемые погрешности измерений

Выбор измерительного средства необходимо осуществлять, руководствуясь следующими положениями:

1. Предельная погрешность средств измерений $\Delta \lim$ должна быть меньше на 20-50% (но не более!) погрешности измерения - $\delta_{\text{изм}}$

$$\Delta \lim < \delta_{\text{изм}} \quad (1)$$

2. Диапазон измерения отчетного устройства должен превышать допуск IT на изготовление детали.

3. Температурный режим, условия эксплуатации, класс концевых мер для настройки, положение прибора при измерении должны соответствовать паспортным данным выбранных средств.

Более точные измерительные средства или более жесткие условия измерения не рекомендуется использовать. Но это не означает, что их использовать невозможно. Как правило, если указан какой-либо режим-условие проведения измерений, то более жесткие режимы также являются годными, однако их нецелесообразно применять, поскольку достаточно провести измерения с более свободными режимами.

Для выбора средств измерений линейных размеров до 500 мм зависимость допускаемой погрешности измерения - $\delta_{\text{изм}}$ от допуска на изготовление изделия Т (IT) и номинальных размеров устанавливается ГОСТ 8.051-81.

В том случае, если допуск на изготовление размера не соответствует табличному значению, то допускаемая погрешность измерения определяется линейной интерполяцией значений допускаемых погрешностей измерения, соответствующих допускам в интервале между которыми находится контролируемый допуск.

Установленные стандартом погрешности измерения $\delta_{\text{изм}}$ являются наибольшими допускаемыми погрешностями измерений, включающими в себя как случайные, так и не учтенные систематические погрешности, то есть все

составляющие, зависящие от измерительных средств, установочных мер, температурных колебаний, базирования и т. д.

Случайная погрешность измерения не должна превышать 0,6 от предела допускаемой погрешности измерения. Случайная погрешность измерения принимается с доверительной вероятностью 0,954 ($\pm 2\sigma$), где σ – значение среднего квадратического отклонения погрешности измерения.

Табличные значения погрешностей средств измерений, установленные экспериментальным и расчетным путем с учетом измеряемых размеров, температурного режима и приемов, осуществляемых при измерении приведены в табл. 2, 3.

Рекомендации по выбору средств измерений линейных размеров от 1 до 500 мм изложены в РТМ – 1.4.331-81.

Таблица 2

Предельные погрешности средств измерений для наружных размеров

Наименование средств измерения	Интервалы размеров, мм						
	1-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180
	Предельные значения $\pm \Delta \lim$, мкм						
Штангенциркули с ценой деления шкалы нониуса 0,1 (типа ШЦ-1, ШЦ-2) мм	150	150	150	150	160	170	190
Штангенциркули с ценой деления шкалы нониуса 0,05 (ШЦ-1, ШЦ-2) мм	80	80	80	80	90	100	100
Микрометры гладкие (типа МК); при работе находятся в стойке	4,5	4,5	5	5	5	6	7
Микрометры гладкие (типа МК); при работе находятся в руках	4,5	4,5	7	7	8,5	10	12
Индикаторы часового типа (ИЧ) с ценой деления 0,01 мм и диапазоном показаний 10 мм	17	18	18	19			
Оптиметры вертикальные с ценой деления 0,001 мм (типа ОВО-1, ИКВ)	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5		
Оптиметры горизонтальные с ценой деления 0,001 мм (типа ОГО-1, ИКГ)	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6		
Микроскопы инструментальные модели БМИ и ММИ	4	4	4	5	6		

Таблица 3

Предельные погрешности средств измерений для внутренних размеров

Наименование средств измерения	Интервалы размеров, мм			
	1-18	18-50	50-120	120-250
	Предельные значения $\pm \Delta \lim$, мкм			
Штангенциркули с ценой деления шкалы нониуса 0,1 мм (типа ШЦ-1, ШЦ-2)	200	200	200	200
Штангенциркули с ценой деления шкалы нониуса 0,05 мм (ШЦ-1, ШЦ-2)	150	150	170	200
Нутромеры микрометрические с ценой деления 0,01 мм (типа НМ)			15	20
Нутромеры индикаторные с ценой деления отсчетного устройства 0,01 мм	10	12	16	
Оптиметры горизонтальные с ценой деления 0,001 мм	1,2	1,2	1,5	3
Микроскопы инструментальные модели БМИ и ММИ	7	8	9	

Сравнение предельной погрешности СИЗ с допускаемой погрешностью измерения производится без учета знака у $\Delta \lim$.

Если допускаемым условиям измерения соответствует несколько приборов, имеющих в наличии, то выбирают наиболее производительный, дешевый и простой в эксплуатации прибор.

В зависимости от размеров (и массы) контролируемой детали должен быть решен вопрос с применением стационарного или накладного прибора. Поверхностная твердость, шероховатость и форма поверхности детали должны предопределять величину измерительного усилия и выбор контактного или бесконтактного метода измерения. При этом необходимо помнить, что уменьшение измерительного усилия увеличивает случайную составляющую погрешности измерения, а увеличение усилия повышает контактные деформации.

Если шероховатость измеряемой поверхности не регламентирована, параметр R_z не должен превышать значений: $0,05IT$ – для рядов пределов допускаемых погрешностей 1÷4 (ГОСТ 8.051-81) и для квалитетов 2÷5; $0,10IT$ – для рядов пределов допускаемых погрешностей 5÷9 и для квалитетов 6÷9, где IT – допуск контролируемого размера.

Значения размеров полученных измерением с погрешностью, не превышающей пределы допускаемой, принимаются за действительные.

ПРИМЕР. Выбрать средство измерения для контроля вала, изготовленного из закаленной стали, размером $\varnothing 40h7$.

По ГОСТ 25346-82, ГОСТ 25347-82 находим предельные отклонения для вала размером $\varnothing 40h7$: $es = 0$; $ei = -25$ мкм. Определяем допуск: $T = 25$ мкм.

По табл. 1 в графе «номинальные размеры» находим интервал (30-50), в который входит номинальный размер контролируемого вала и для 7-го качества этого интервала ($IT7=25$ мкм) устанавливаем допускаемую погрешность измерения $\delta_{изм} = 7$ мкм.

Для выбора средства измерения обращаемся к табл. 2, где для интервала размеров (30-50 мм) подбираем такое значение $\Delta \lim$, которое было бы близко или меньше $\delta_{изм} = 7$ мкм; то есть $\Delta \lim < 7$ мкм.

Для данного примера такому условию удовлетворяет микрометр гладкий (типа МК) для измерений наружных размеров изделий; цена деления шкалы – 0,01 мм; диапазон измерений 25-50 мм (табл. 9), предельная погрешность измерения в стойке $\pm \Delta \lim = 5$ мкм, а также микроскопы инструментальные модели БМИ и ММИ с предельной погрешностью измерения $\pm \Delta \lim = 5$ мкм.

Используя в данной работе контактный метод измерения, останавливаем свой выбор на микрометре гладком. К тому же применение оптических средств измерения в данном случае нецелесообразно, так как вал изготовлен из закаленной стали с высокой поверхностной твердостью ($HRC=50$).

Микрометр гладкий при работе должен находиться в стойке или должна обеспечиваться надежная его изоляция от тепла рук оператора. Если гладкий микрометр при работе находится в руках, то предельная погрешность измерения для диапазона размеров 25÷50 мм составляет 7 мкм, что превышает допустимую.

3. УСТАНОВЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К НОРМАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Порядок выполнения работы (2-я часть, основные этапы):

- определить величину $\delta_{ин.л.}$ – выхода действительного значения погрешности средства измерения за предел допускаемой основной погрешности (по ГОСТ 8.050-73 «Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений») – Табл. 4;
- назначить нормальные пределы значений влияющих величин, используя таблицы 3-го раздела стандарта (табл. 5-7);
- определить основные параметры внешней среды в лаборатории: температуру, относительную влажность воздуха, атмосферное давление;

– сформулировать требования к внешним условиям выполнения линейных измерений по ГОСТ 8.050-73.

3.2. Требования к внешним условиям выполнения линейных измерений в лаборатории

Нормальные условия выполнения измерений должны быть обеспечены для практического исключения дополнительных погрешностей измерения.

ГОСТ 8.050-73 устанавливает следующие нормальные значения влияющих величин: температура окружающей среды 20°C (293°K), атмосферное давление – 101324 Па (760 мм рт. ст.), относительная влажность воздуха – 58%, направление линий измерения линейных размеров до 160 мм у наружных поверхностей вертикальное, а в остальных случаях – горизонтальное.

Однако при выполнении измерений весьма трудно обеспечить внешние условия, которые соответствовали бы нормальным значениям влияющих величин. Поэтому в зависимости от величины контролируемого размера и допуска на его изготовление в стандарте задаются допустимые отклонения влияющих величин от их нормального значения, которые называются нормальными пределами значений влияющих величин (их числовые значения приведены в разделе 3 ГОСТ 8.050-73).

С помощью этого стандарта необходимо, исходя из диапазона измеряемых размеров и допусков на них, сформулировать требования к нормальным условиям выполнения измерений, то есть установить пределы нормальной области значений всех влияющих величин.

Нормальной областью значений влияющих величин при линейных измерениях является область, при обеспечении которой выход $\delta_{ин.л}$ действительного значения погрешности средства измерения за предел допускаемой основной погрешности средства измерения не превышает значений, указанных в табл. 4.

При пределах допускаемой погрешности измерения, превышающих значения, указанные в табл. 4 для соответствующих рядов, нормальные условия выбираются по более грубому ряду. При уменьшении допускаемой погрешности измерения нормальные условия должны выбираться по более точному ряду.

При допусках на размер изделия, не соответствующим значениям, указанным в табл. 4, допускаемые значения $\delta_{ин.л}$ выбираются по ближайшему наименьшему значению допуска для соответствующего диапазона размеров.

Требования, которые устанавливает данный стандарт, рекомендуются при разработке методик измерений и при выполнении процессов измерений объектов, не имеющих внутренних источников тепла.

Пример. Сформулировать требования к нормальным условиям выполнения измерений при контроле вала размером $\varnothing 40h7$.

По табл. 4 определим выход $\delta_{ин.л}$ действительного значения погрешности средства измерения за предел допускаемой основной погрешности средства измерения.

Для контролируемого размера вала, изготовленного с допуском по 7- му качеству, равным $T=25$ мкм, по табл. 4 диапазона размеров 30-50 мм допуск на размер не соответствует имеющемуся значению. Тогда допускаемое значение $\delta_{ин.л}$ выбирается по ближайшему меньшему значению допуска, т. е. $T=15$ мкм для соответствующего диапазона размеров, а именно $\delta_{ин.л}=1,5$ мкм, что соответствует IX ряду пределов допускаемых значений.

Таблица 4 (ГОСТ 8.050-81)

Диапазон размеров, мм	Ряды пределов допускаемых значений $\delta_{ин. л}$, мкм													
	I		II		III		IV		V		VI		VII	
	$\Delta_{л}$	$\delta_{ин. л}$	$\Delta_{л}$	$\delta_{ин. л}$	$\Delta_{л}$	$\delta_{ин. л}$	$\Delta_{л}$	$\delta_{ин. л}$	$\Delta_{л}$	$\delta_{ин. л}$	$\Delta_{л}$	$\delta_{ин. л}$	$\Delta_{л}$	$\delta_{ин. л}$
Св. 1 до 3	0,2	0,02	0,3	0,03	0,5	0,06	0,8	0,10	1,2	0,15	2,0	0,2	3	0,3
Св. 3 до 6	0,25	0,03	0,4	0,05	0,6	0,07	1,0	0,10	1,5	0,20	2,5	0,3	4	0,5
Св. 6 до 10	0,25	0,03	0,4	0,05	0,6	0,07	1,0	0,10	1,5	0,20	2,5	0,3	4	0,5
Св. 10 до 18	0,30	0,03	0,5	0,06	0,8	0,10	1,2	0,15	2,0	0,25	3,0	0,3	5	0,6
Св. 18 до 30	0,40	0,05	0,6	0,07	1,0	0,10	1,5	0,20	2,5	0,30	4,0	0,5	6	0,7
Св. 30 до 50	0,40	0,05	0,6	0,07	1,0	0,10	1,5	0,20	2,5	0,30	4,0	0,5	7	0,8
Св. 50 до 80	0,50	0,07	0,8	0,10	1,2	1,15	2,0	0,25	3,0	0,35	5,0	0,6	8	0,9
Св. 80 до 120	0,60	0,07	1,0	0,10	1,5	0,20	2,5	0,30	4,0	0,50	6,0	0,7	10	1,1
Св. 120 до 180	0,80	0,10	1,2	0,15	2,0	0,25	3,5	0,40	5,0	0,60	8,0	0,9	12	1,3
Св. 180 до 260	1,20	0,15	2,0	0,25	3,0	0,35	4,5	0,50	7,0	0,80	10,0	1,2	14	1,5
Св. 260 до 360	2,00	0,25	3,0	0,35	4,0	0,50	6,0	0,70	8,0	0,90	12,0	1,4	16	1,8
Св. 360 до 500	2,50	0,30	4,0	0,50	6,0	0,70	8,0	0,90	10,0	1,20	15,0	1,8	20	2,3

Диапазон размеров, мм	Ряды пределов допускаемых значений $\delta_{\text{ин. л.}}$, мкм													
	VIII		IX		X		XI		XII		XIII		XIV	
	$\Delta_{\text{л}}$	$\delta_{\text{ин. л.}}$	$\Delta_{\text{л}}$	$\delta_{\text{ин. л.}}$	$\Delta_{\text{л}}$	$\delta_{\text{ин. л.}}$	$\Delta_{\text{л}}$	$\delta_{\text{ин. л.}}$	$\Delta_{\text{л}}$	$\delta_{\text{ин. л.}}$	$\Delta_{\text{л}}$	$\delta_{\text{ин. л.}}$	$\Delta_{\text{л}}$	$\delta_{\text{ин. л.}}$
Св. 1 до 3	4	0,5	6	0,6	10	1,0	14	1,2	20	1,5	33	2,0	40	2,5
Св. 3 до 6	5	0,6	8	0,8	13	1,3	18	1,5	25	2,0	40	2,5	48	3,0
Св. 6 до 10	6	0,7	9	0,9	16	1,6	22	2,0	30	2,5	50	3,0	58	4,0
Св. 10 до 18	8	0,9	11	1,1	19	1,9	27	2,5	35	3,0	60	4,0	70	4,5
Св. 18 до 30	9	1,1	13	1,3	23	2,3	33	3,0	45	3,5	70	4,5	84	5,5
Св. 30 до 50	11	1,3	15	1,5	27	2,7	39	3,5	50	4,0	85	5,5	100	7,0
Св. 50 до 80	13	1,5	18	1,8	30	3,0	46	4,0	60	5,0	100	7,0	120	8,0
Св. 80 до 120	15	1,7	21	2,1	35	3,5	54	4,5	70	6,0	115	8,0	140	9,0
Св. 120 до 180	18	2,0	24	2,4	40	4,0	63	5,5	80	7,0	135	9,0	160	10,0
Св. 180 до 260	20	2,3	27	2,7	45	4,5	73	6,0	90	7,5	150	10,0	185	12,0
Св. 260 до 360	22	2,7	30	3,0	50	5,0	84	7,0	100	8,0	170	11,0	215	14,0
Св. 360 до 500	25	3,0	35	3,5	60	6,0	95	8,0	120	10,0	190	13,0	250	17,0

Установим нормальные пределы значений влияющих величин для данной детали.

1. Направление линии измерения линейных размеров до 160 мм у наружных поверхностей – вертикальное. Допускается отклонение от нормального направления линии измерения $\pm 5^\circ$.

2. Пределы допускаемого отклонения температуры объекта измерения и рабочего пространства от нормального значения в процессе измерения $\pm 2^\circ\text{C}$ (табл. 5).

3. В рабочее пространство не рекомендуется помещать объекты измерения с отклонениями температуры на поверхности от нормальной более чем $3,5^\circ\text{C}$.

4. Время выдержки в рабочем пространстве при температуре, указанной в п. 2, должно быть не менее 6 ч. (табл. 6).

5. Допускаемые изменения температуры в течение 0,5 часа не должны превышать $0,2^\circ\text{C}$ (табл. 7).

6. Давление окружающего воздуха в рабочем пространстве не должно быть меньше атмосферного. Допускается превышение атмосферного давления не более чем на 3 кПа.

7. Количество твердых частиц пыли в 1 м³ воздуха в рабочем пространстве не должно быть больше 20 при размере частиц пыли не более 2 мкм.

8. Пределы допускаемого отклонения влажности воздуха в рабочем пространстве от нормального $\pm 20\%$.

9. Наибольшая скорость движения воздуха в рабочем пространстве не должна превышать 0,2 м/с.

10. Уровень шума в рабочем пространстве не должен превышать 80 дБ.

11. Погрешность средства измерения, вызываемая контактными деформациями в месте соприкосновения измерительного наконечника с измеряемым объектом не должна превышать 0,1 допускаемой погрешности измерения, что обеспечивается выбором материала и формы измерительных поверхностей, нормированием измерительного усилия и его колебанием.

Поддержание нормальных условий в рабочем пространстве должно обеспечиваться в течение всего процесса измерения. Если указанные требования соблюдаются и имеется стандартизированная методика выполнения измерений, допускается не вводить поправки на выход влияющих величин за пределы нормальной области значений и не фиксировать действительные значения влияющих величин.

Таблица 5

Нормальные пределы значений влияющих величин

Размеры, мм	Отклонение температуры, °С для рядов					
	I	II	III	IV - VIII	IX - XI	XII - XIV
Св. 1 - " - 18	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	± 3	± 4
"18 - " - 50	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	± 2	± 3
"50 - " - 500	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	± 1	± 2

Таблица 6

Масса объекта измерения, кг	Время выдержки, ч. для рядов			
	I - III	IV - VIII	IX - XI	XII - XIV
До 10	6	4	3	2
Св. 10 до 50	14	8	6	4
Св. 50 до 200	24	14	10	7
Св. 200 до 250	36	20	16	12

Таблица 7

Допускаемые отклонения температуры от нормальной, °С	Допускаемые изменения температуры, °С		Допускаемая разность температур в двух точках, °С
	В теч. 0,5 ч.	В теч. 12 ч.	
± 0,1 ^x	0,02 ^x	0,1 ^x	0,02 ^x
± 0,2	0,05 ^x	0,2	0,05 ^x
± 0,80,3	0,1 ^x	0,2	0,1 ^x
± 0,5	0,1 ^x	0,5	0,2
± 0,8	0,1 ^x	0,5	0,2
± 1,0	0,1	0,5	0,2
± 1,5	0,2	1,0	0,2
± 2,0	0,2	2,0	0,2
± 3,0	0,5	3,0	0,5
± 4,0	0,5	3,0	0,5

^x Обеспечивается при расположении оператора вне рабочего пространства.

Примечание. Нормы, указанные в табл. 7 распространяются на условия сравнения мер и объектов измерения с разностью коэффициентов линейного расширения не более $7 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ при общей массе средств и объектов измерения не более 500 кг.

4. КОНТРОЛЬ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ. МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПРИБОРАХ

4.1. Порядок выполнения работы (3-я часть, основные этапы):

- вычертить в бланке отчета эскиз рабочей детали с указанием контролируемых сечений и направлений;

- изучить конструкции (см. с. 86-107 [1]), метрологические характеристики выбранного средства и приемы работы с ним;
- измерить деталь выбранным средством в 3-х сечениях (1,2,3) и в двух взаимоперпендикулярных направлениях – I,II. Результаты измерений занести в таблицу отчета;
- подсчитать действительные размеры деталей в заданных сечениях, значения овальности и конусообразности;
- построить доверительные интервалы и дать заключение о годности деталей.

4.2. Методики работы на универсальных измерительных приборах

Измерение наружных и внутренних линейных размеров контактным методом (используемом в данной лабораторной работе) осуществляется механическими измерительными головками и приборами со встроенными измерительными устройствами, которые в зависимости от применяемых в них передаточных механизмов делятся на штангенинструменты, микрометрические, головки измерительные рычажно-зубчатые, зубчатые, нутромеры, глубиномеры, головки пружинные.

ГОСТ 8.009-84 «Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерений» устанавливает номенклатуру метрологических характеристик средств измерений (табл. 8).

4.2.1. Штангенциркуль

По ГОСТ 166-80 штангенциркули выпускают 4-х типов, основные технические характеристики которых приведены в табл. 9.

4.2.2. Измерение штангенциркулем

Перед измерением штангенциркулем проверяют нулевую установку, для чего сдвигают измерительные губки 7,8 до соприкосновения друг с другом (рис. 1). При этом должны совпадать нулевой и конечный штрихи шкалы нониуса 6 со штрихами основной шкалы 4 (шкалы штанги). Измерение наружного размера необходимо проводить в следующем порядке. Поместить изделие между губками штангенциркуля 8 или 7, прижать неподвижную губку 8 (7) к поверхности изделия и перемещая рамку 2, приблизить к изделию подвижную губку 8а (7а), после чего закрепить стопорный винт 10 микрометрической подачи. Вращая гайку 5 микрометрической подачи, привести подвижную губку в соприкосновение с поверхностью изделия и закрепить винт 3 рамки. При этом обе губки должны плотно прилегать к измеряемому изделию, а при перемещении штангенциркуля должно ощущаться легкое трение.



Табл. 8. Номенклатура метрологических характеристик средств измерений

Таблица 9

Наименование штангенциркулей, тип штангенинструм.	Диапазон измерения	Показания по нониусу	Вылет измерительн. губок	Допускаемая погрешность (мм, не более) при отсчете по нониусу, мм	
				0,07	0,1
				Класс точности	
				1	2
ММ					
Штангенциркули с двусторонним расположением губок ШЦ - 1	До 125	0,1	40±0,05	±0,06	±0,1
ШЦ - 2	До 250	0,05; 0,1	45; 60±0,05	±0,06, ±0,08	±0,1
Штангенциркули с односторонним расположением губок и линейкой измерения глубин ШЦ – I - 1	До 125	0,1	40±0,05	±0,06	±0,1
Штангенциркули с односторонним расположением губок ШЦ – III	До 160		45	±0,06	±0,1
	До 400	0,1	60 ±0,05	±0,09	±0,1
.....					
2000-4000			150		

Необходимо также следить за правильной установкой губок (без перекосов). Далее снять штангенциркуль с изделия и отсчитать показания по основной шкале и нониусу.

Схема нониуса с величиной отсчета $C = 0,1$ мм показана на рис. 2. Основная шкала на штанге имеет цену деления $a=1$ мм, шкала нониуса $b = v \cdot a - c = 1 - 0,1 = 0,9$ мм (2) при модуле нониуса $v=1$. Заданное число интервалов нониуса $n = a/c = 10$ (3). Число целых миллиметров отсчитывается по основной шкале, число десятых долей миллиметра соответствует номеру штриха нониуса, совпадающего со штрихом основной шкалы. Отсчет на рис. 2 соответствует 17,14 мм.

При измерении штангенциркулем внутренних размеров изделия (рис.1) в него вводят губки 7 для внутренних измерений, неподвижную губку 7 прижимают к поверхности изделия 1. При определении внутреннего размера к отсчету по основной шкале и шкале нониуса прибавляют толщину губок, выгравированную на их боковой поверхности.

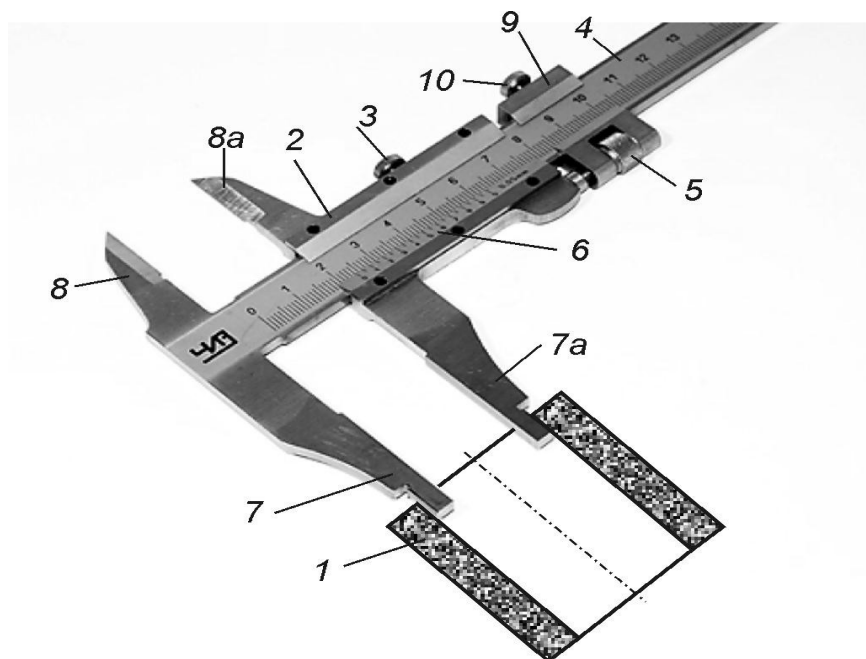


Рис. 1 Штангенциркуль с точностью отсчета по нониусу 0,05 мм

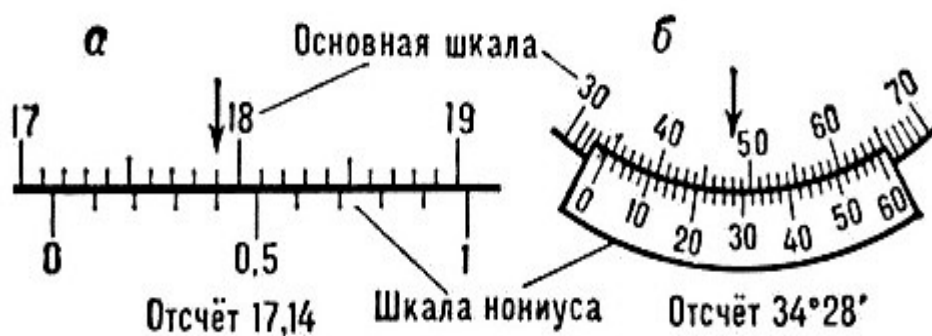


Рис. 2 Схема нониуса

Основными составляющими погрешности измерения штангенциркуля являются нормируемые в ГОСТ 166-80 погрешность показаний, просвет и неплоскостность измерительных поверхностей, изгиб штанги при измерении.

Удельный вес погрешностей, являющихся следствием неплоскостности губок и зазора между губками, невелик и какие-либо меры по сокращению этих погрешностей не приведут к заметному повышению точности.

Доминирующим источником погрешности измерения штангенциркулем, является погрешность отсчета. Поэтому повысить точность измерения можно за счет точности отсчета, например, за счет сокращения параллакса. При благоприятных условиях измерения глаз человека способен различать смещение штрихов при угловой величине 12-15”.

Усилия поджима измерительных губок и контролируемой детали могут быть значительными и привести к заметному изгибу штанги, особенно в тех случаях, когда измерение осуществляется концами губок.

Погрешность измерения, вызванная поворотом одного крайнего сечения штанги относительно другого, будет равна

$$\Delta = l \cdot \varphi = P \cdot l^2 \cdot L / (E \cdot J), \text{ мм}, \quad (4)$$

где l – длина вылета губок; φ – угол поворота одного крайнего сечения штанги относительно другого; P – измерительное усилие; L – измеряемый размер; E – модуль упругости материала штанги; J – момент инерции поперечного сечения штанги.

Основные конструкции штангенциркулей приведены на рис. 3

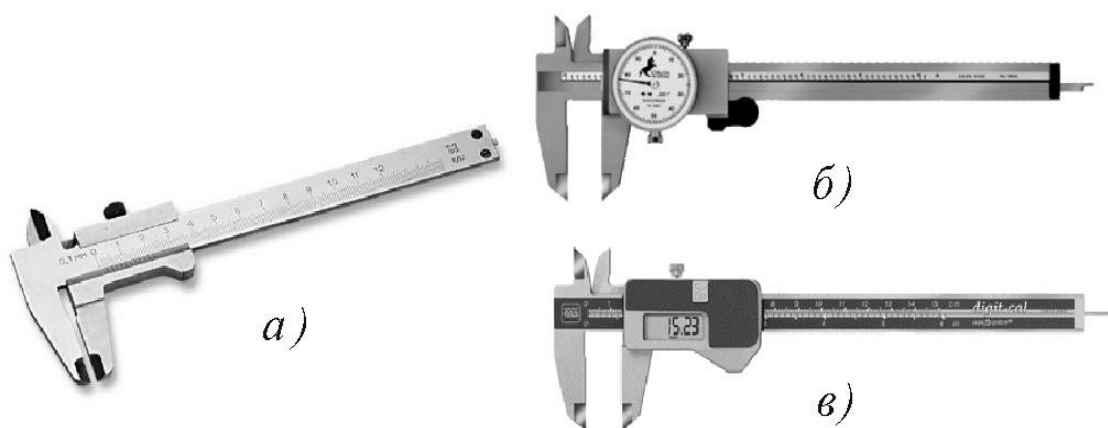


Рис. 3 Модели штангенциркулей: а) нониусный; б) индикаторный; в) цифровой

4.2.3. Гладкий микрометр

В соответствии с ГОСТ 6507-81 нашей промышленностью выпускаются гладкие микрометры типа МК с различными пределами измерения. Основные технические характеристики некоторых типов измерительных приборов приведены в табл. 3, 10.

4.2.4. Измерение гладким микрометром

При измерении деталей микрометром его держат в руках или устанавливают в специальной стойке. Перед началом измерений проверяют нулевую установку инструмента. Для этого у микрометров с пределами измерения 0-25мм, вращая микрометрический винт 2 (рис. 4) за головку трещотки 6, свести измерительные поверхности до соприкосновения.

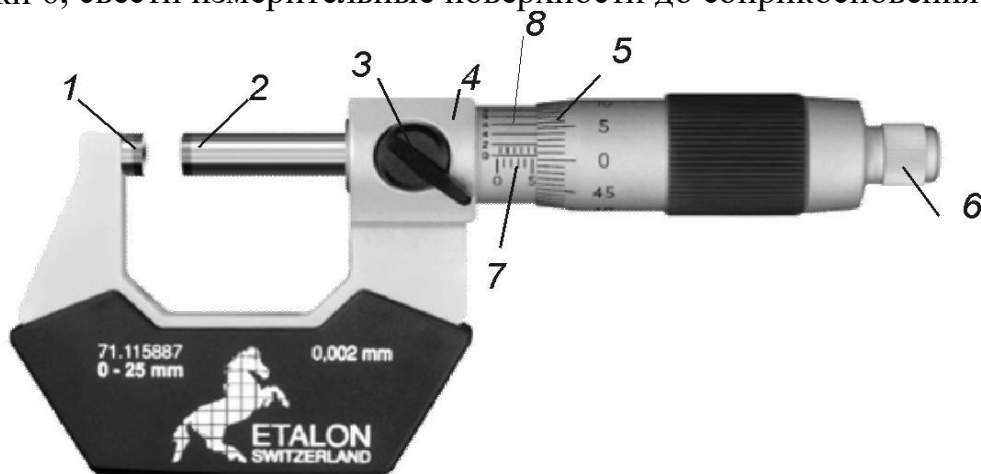


Рис. 4 Микрометр гладкий с ценой деления 0,002 мм

В этом положении скошенный край барабана 5 должен расположиться у нулевого штриха продольной шкалы стебля 4 (стебель 4 со встроенной гайкой 7 запрессован в корпус 1 прибора). Причем сам штрих должен быть полностью виден, а нулевой штрих круговой шкалы барабана 5 совпасть с продольной чертой (риской) стебля. Если совпадение не произойдет, то при сведенных измерительных поверхностях застопорить микрометрический винт стопором 3 и поворотом гайки 7 освободить от него жестко связанный с ним барабан 5. Вращая барабан 5, повернуть его до совпадения нулевого штриха круговой шкалы с продольной риской стебля 4. После этого снова закрепить барабан поворотом гайки 7 и отжать стопор 3.

Таблица 10

Прибор	Тип, модель	Цена деления, мм	Диапазон измерений, мм	Измерит. усилие	Колебание измерит. усилия, не более	Диаметр измерит. поверхн., мм
				сН		
Микрометр гладкий	МК-25	0,01	0-25	500-900	200	8
	МК-50		25-50			
	МК-75		50-75			
	МК-100		75-100			
	МК-600		500-600			

Проверка нулевой установки у микрометров с пределами измерения 25 – 50 мм производится в том же порядке, но между их измерительными поверхностями зажимается (также вращением трещотки 6) специальная установочная или обычная плоско-параллельная концевая мера размером, равным нижнему пределу измерения микрометра, т. е. 25 мм. Нулевым штрихом продольной шкалы стебля 4 в данном случае служит штрих, соответствующий 25 мм. К этому штриху и должен непосредственно примыкать (или почти совпадать с ним) скошенный край барабана 5^{х)} при нулевой настройке.

После установки прибора на нуль путем вращения головки трещотки 6 измеряемую деталь зажимают между измерительными поверхностями микрометрического винта 2 и пятки 8. Вращение головки 6 прекращают после трех щелчков трещотки и снимают отсчеты по шкалам микрометра. На рис. 5 приведены основные типы микрометров.

При отсчетах по шкалам микрометрических инструментов необходимо руководствоваться следующими правилами: по шкале стебля 4 отсчитывают миллиметровые и полумиллиметровые деления, расположенные левее скоса барабана 5, сотые доли миллиметра определяют по штриху барабана, совпадающему с продольной риской стебля 4.

^{х)} Внимание! Использование барабана 5 для подвинчивания микрометрического винта недопустимо.

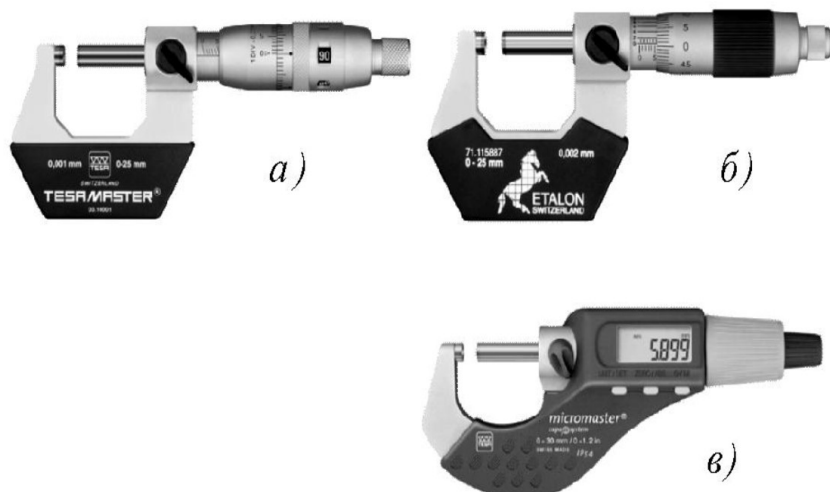


Рис.5 Микрометры: а) гладкий, б) с нониусом, в) цифровой

Если продольный штрих окажется между штрихами шкалы барабана, на глаз оценивают часть интервала (обычно до $1/5$ интервала, т. е. до $0,002$ мм). На рис. 6 отсчет равен $6+0,27 = 6,27$ мм.

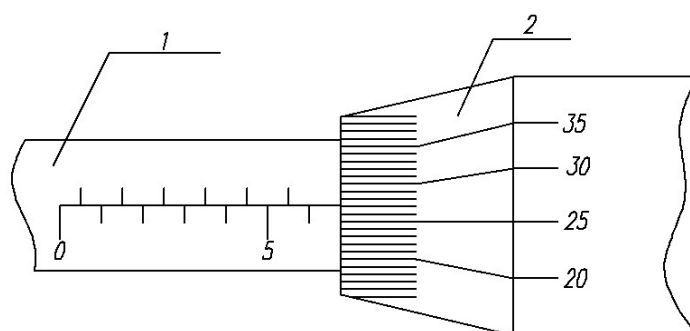


Рис. 6 Схема отсчета

Если при измерении размера ось микрометра находится в горизонтальном положении, то прибор нужно держать посередине левой рукой, а правой рукой при помощи трещотки, доводить измерительную поверхность микровинта до соприкосновения с поверхностью детали. Если же при измерении ось микровинта располагается вертикально, то микрометр поддерживают левой рукой внизу скобы у пятки.

На погрешность измерения микрометрами оказывают влияние погрешности собственно микрометра, погрешности установочных мер или

блоков концевых мер длины, непараллельность измерительных поверхностей, изгиб скобы под действием усилия и т. д.

У ряда микрометров температурные погрешности составляют значительную величину и необходимо принимать меры по уменьшению их влияния, например, при работе укреплять микрометр в стойке или держать теплоизоляционные накладки.

Для сокращения влияния нагрева микрометра руками рекомендуется производить установку его на нуль через 5 – 10 мин после нахождения его в руках контролера или в течение этого времени чаще проверять установку на нуль, особенно, если микрометром работают периодически и в перерыве между работой он не находится в руках.

Погрешность при работе с микрометром равна 0,2 от цены деления. Погрешность от параллакса при отсчете составляет 0,1 от цены деления, т. е. 1 мкм.

4.2.5. Нутромер микрометрический

Основные параметры и размеры микрометрических нутромеров должны соответствовать требованиям ГОСТ 10 – 75. Технические характеристики микрометрических нутромеров с пределами измерения от 5 до 600 мм приведены в табл.11.

Таблица 11

Прибор	Тип, модель	Цена деления, мм	Диапазон измерений, мм		Измерительное Усилие, сН
			нутромеров	Микрометрической или индикаторной головки	
Нутромер	НМ50-75	0,01	50-75	50-63	150
	НМ75-175		75-175	75-88	
	НМ75-600		75-600	75-88	

4.2.6. Измерение нутромером микрометрическим

Перед измерением осуществляют настройку головки микрометрического нутромера на нуль или с помощью концевой или специальной установочной меры (рис. 7а).

Головку 2, соединенную наконечником 3, помещают между рабочими поверхностями меры 1, при этом измерительную поверхность наконечника прижимают левой рукой к нижней рабочей поверхности меры. Правой рукой, покачивая верхнюю часть головки, поворачивают барабан 4, находя кратчайшее расстояние между губками меры, измерительные поверхности головки должны касаться рабочих поверхностей меры с легким трением.

Если нулевое деление барабана не совпадает с продольным штрихом стебля, ослабляют гайку 5, барабан поворачивают до совпадения нулевого штриха с продольным штрихом стебля и снова затягивают гайку на конце микровинта.

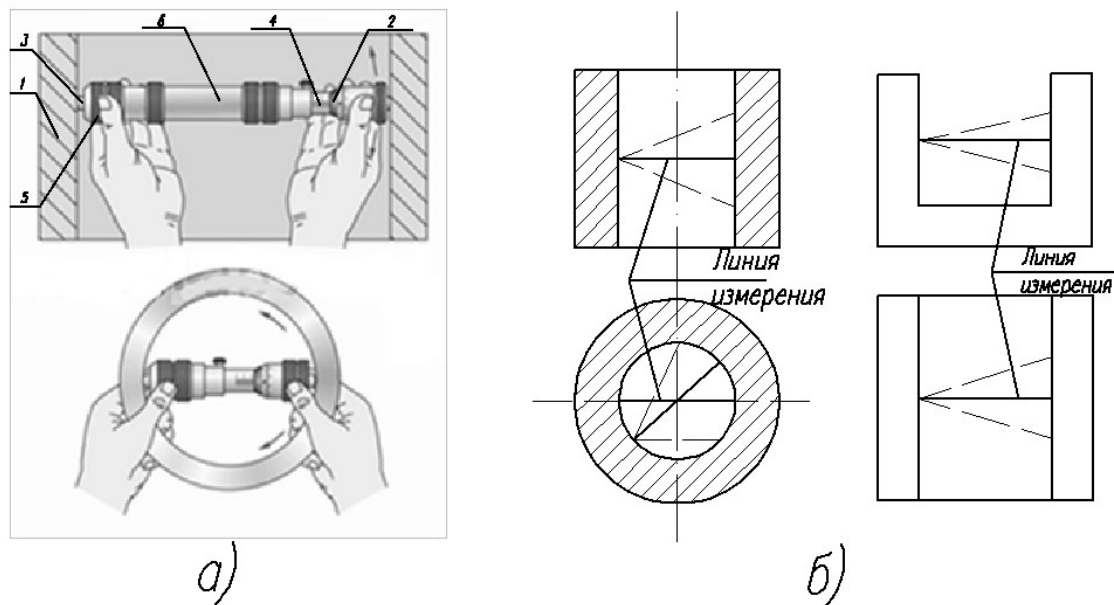


Рис. 7 Микрометрический нутромер с ценой деления 0,01 мм.

После установки головки с наконечником на нуль, его вывинчивают из микрометрической гильзы и к ней присоединяют необходимое количество удлинителей для расширения пределов измерения нутромеров.

Настройку нутромера на размер контролируемой детали производят следующим образом: от контролируемого размера необходимо отнять нижний предел измерения микрометрической головки с наконечником и подобрать соответствующий удлинитель (если необходимо – несколько удлинителей), считая от большего к меньшему. При этом сумма нижнего предела измерения микрометрической головки с наконечником и удлинителей должна быть меньше требуемого размера, но не более, чем на разность между пределами измерений микрометрической головки.

Микрометрическую головку устанавливают на такой размер, чтобы общая длина нутромера приблизительно соответствовала номинальной длине контролируемого изделия. При измерении цилиндрического отверстия линия измерения должна располагаться по наибольшему размеру в плоскости, перпендикулярной к оси отверстия, и по наименьшему размеру в плоскости осевого сечения (рис. 7б).

Левой рукой измерительную поверхность наконечника прижимают к одной из поверхностей детали, а правой, осторожно вращая барабан, перемещают микрометрический винт головки (слегка покачивая при этом нутромер) до соприкосновения с поверхностью детали. Если при покачивании нутромера ощущается легкое трение при соприкосновении измерительных поверхностей микрометрической головки с измеряемой деталью, микрометрический винт закрепляют зажимным винтом 6. Затем проверяют усилие покачивания, которое должно быть с легким трением, после чего нутромер выводят из проверяемого отверстия и производят отсчет по шкалам (аналогично отсчету при измерении гладким микрометром см. рис. 6).

Таким образом, при измерении диаметра цилиндрического отверстия покачивание производится в плоскости его поперечного сечения (тем самым определяется наименьший размер). Результаты измерений записывают в бланк отчета.

4.2.7. Индикаторный нутромер

По ГОСТ 868-82 нутромеры типа НИ изготавливают с пределами измерений от 6 до 450 мм. Технические характеристики нутромеров приведены в табл. 12

Таблица 12

Прибор	Тип, модель	Цена деления, мм	Диапазон измерений, мм	Наибольшая глубина измерения, мм	Измерительное усилие, сН
Нутромер индикаторный	НИ 10	0,01	6-10	100	2,5-4
	НИ 18		10-18	130	
	НИ 50А		18-50	150	
	НИ 100-1		50-100	200	4,7
	НИ 450В		250-450	1200	5-9

4.2.8. Измерение индикаторным нутромером

Перед измерением нутромер нужно настроить на требуемый размер, т.е. установить нулевое положение по блоку концевых мер ^{х)}, соответствующему номинальному размеру контролируемого отверстия.

Как при установке на нуль, так и при измерении (рис. 8), нутромер необходимо покачивать, чтобы определить правильное его положение, отвечающее наименьшему расстоянию между боковиками 6 и 7, помещенными в струбцину 8 и зажатыми стопорным винтом 9.

^{х)} Блок концевых мер рекомендуется брать второго класса

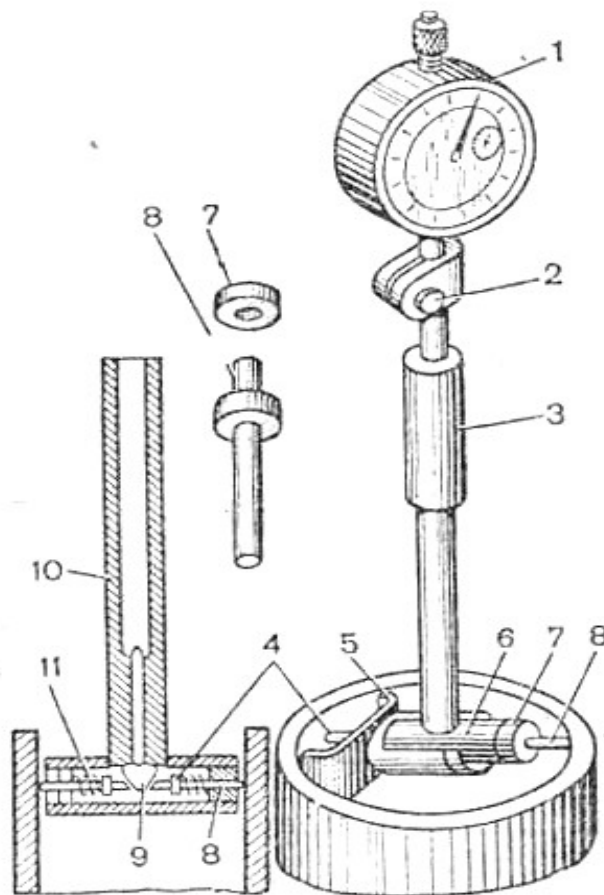


Рис. 8 Индикаторный нутромер с ценой деления 0,01 мм

Этому наименьшему расстоянию, равному блоку концевых мер 6, будет соответствовать крайнее левое положение стрелки, т.е. наименьшее показание по индикатору. К этому делению подводят нулевой штрих шкалы индикатора 1, вращая ободок индикатора либо сменный измерительный стержень 8 (выбирается нужного размера из комплекта к нутромеру и заворачивается в его корпус). Индикатор зажимается в корпусе нутромера стопорным винтом 2. Более точную установку на требуемый размер можно осуществлять, используя аттестованное установочное кольцо. Погрешность, вносимая неточным расположением центрирующего мостика 7, исключается. После установки сменный измерительный стержень закрепляют контргайкой и, проверив правильность нулевой установки, переставляют нутромер в контролируемое отверстие. Нутромер нужно поддерживать рукой за термоизолятор 3. Покачивая нутромер в отверстии, определяют отклонение от размера, на который он был настроен.

Отклонения, полученные при прямом ходе, т. е. при вращении по часовой стрелке, отнимают (т. к. измеряемое отверстие меньше настроенного размера), а отклонения, полученные при движении против часовой стрелки, прибавляют (размер отверстия больше настроенного размера) к блоку концевых мер.

Отверстия измеряют в сечениях и направлениях согласно схеме измерения. Полученные результаты заносят в бланк отчета.

ВНИМАНИЕ! После измерения необходимо проверить по блоку концевых мер, не сбилась ли нулевая установка нутромера! При отклонении стрелки больше, чем на половину деления шкалы, измерения считаются недействительными и их нужно провести заново, предварительно установив прибор на нуль.

4.3.Определение полной погрешности измерения

Погрешность измерения является суммарной погрешностью, к числу основных составляющих которой относятся:

Предельная погрешность измерительных средств (Δ_1). Их величины берутся из табл. 2.3;

Погрешность метода измерения. При относительном методе настройку микрометрического и индикаторного нутромеров на номинальный размер производят по концевым мерам. В этом случае в погрешность измерения войдет не только погрешность измерительного средства (Δ_1), но и предельная погрешность самой концевой меры (Δ_2) ГОСТ 9038-73. При использовании блока, состоящего из нескольких мер, суммарная предельная погрешность может быть подсчитана по формуле

$$\Delta_{\Sigma_i} = \sqrt{\sum \Delta_i^2} \quad (6)$$

Колебания толщины слоя между притертыми мерами в данной работе могут быть приняты равными 0,025...0,05 мкм (для одного слоя); погрешности условий измерения. Значительных величине при измерении достигают погрешности, вызванные нарушением температурных условий (Δ_3). Эти погрешности определяются по формуле:

$$\Delta_3 = l(k_1 \Delta t_1 - k_2 \Delta t_2), \quad (7)$$

где l – измеряемый размер; k_1 и k_2 – коэффициенты линейного расширения соответственно измеряемой детали (см. табл. 13) и средства измерений, принимаемого равным $20,9 \cdot 10^{-6}$ 1/град.; Δt_1 и Δt_2 – отклонение температуры измеряемой детали и средства измерений от нормального значения. Определение температурной составляющей погрешности измерения, зависящей от разности коэффициентов линейного расширения материалов измеряемого объекта и измерительного средства, может быть осуществлено также с помощью номограммы (рис. 9);

– субъективные погрешности. Эту величину принимаем равной 0,2...0,3 мкм для размеров больше 10 мм.

Таблица 13

Наименование материала	Коэффициент линейного расширения, 1/град
Al	$21-25 \cdot 10^{-6}$
Mg	$20-30 \cdot 10^{-6}$
Ti	$8-9 \cdot 10^{-6}$
стали	$10-16 \cdot 10^{-6}$

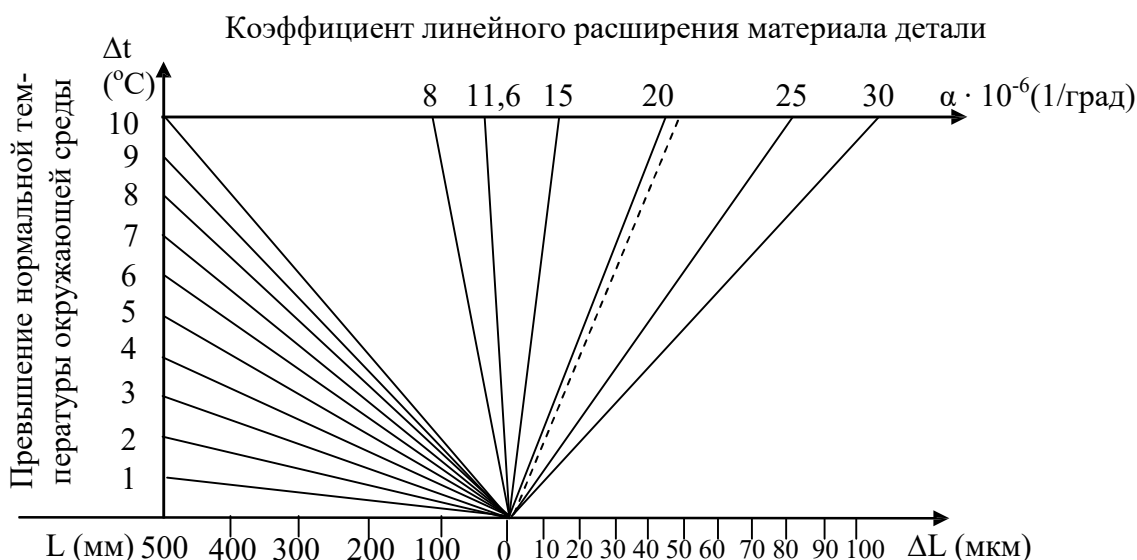


Рис. 9. Номограмма температурной составляющей погрешности измерения

4.4. Оценка достоверности результатов измерений

Результаты измерений никогда в точности не равны истинным значениям измеряемых величин. Различие обусловлено влиянием множества факторов, включающих условия измерений, ошибки операторов, выполняющих измерения и т.п.

Для нормального закона распределения, наиболее распространенного при измерении линейных величин, окончательно результат измерения записывается следующим образом:

$$\begin{matrix} X_с \\ X_n \end{matrix} = \left| \bar{x} \pm \frac{\Delta_u}{\sqrt{n}} \right|, P \quad (8)$$

где \bar{X} - среднеарифметическое выборки (результатов измерений); Δ_n – погрешность результата измерений (мкм). Подсчет данной величины см. 4.3; n – число измерений; P – вероятность, с которой результат измерения находится в доверительных границах $\bar{x} \pm \frac{\Delta_u}{\sqrt{n}}$. Если при измерениях не были допущены грубые ошибки, вероятность равна 0,99...0,9973.

При $n = 1$

$$\begin{matrix} X_с \\ X_n \end{matrix} = \left| \bar{x} \pm \Delta_u \right|. \quad (9)$$

Более подробно сведения по данному вопросу изложены на стр. 9, 10 методических указаний [3].

4.5. Анализ результатов измерений и формулировка заключения о годности детали

На основе полученных результатов измерения определяются:

- Наименьший и наибольший размеры детали (рекомендуется подчеркнуть в бланке отчета);
- Наибольшие абсолютные отклонения формы как в продольном, так и в поперечных сечениях (предварительно ознакомиться с ГОСТ 24642-61), рассчитанные по следующей формуле:

$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}, \quad (10)$$

где d_{\max} и d_{\min} - наибольший и наименьший диаметры из всех действительных размеров, измеренных в поперечном (овальность) и в продольном сечениях (конусообразность).

Заключение о годности детали дается совместно по размеру и погрешности формы.

Деталь годна с $ДВ \geq 0,9973$, если не только доверительный интервал, построенный для действительного размера, находится между наибольшими и наименьшими предельными размерами, но и отклонения формы не превышают величину допусков на размер.

При этом возможны следующие варианты:

– Доверительный интервал выходит за границу поля допуска, действительный размер и значения отклонений от круглости и профиля продольного сечения лежат в поле допуска. Деталь годна с $ДВ \leq 0,9973$; – Действительный размер или отклонения формы выходят за границу поля допуска. Деталь признается браком (исправимый или неисправимый).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология. – М.: Логос, 2001.
2. ГОСТ 8.051-81. Погрешности, допускаемые при измерениях линейных размеров от 1 до 500 мм.
ГОСТ 8.050-73. ГСИ. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений.
ГОСТ 25346-82. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.
ГОСТ 25347-82. Поля допусков и рекомендуемые посадки. РТМ – 1.4.331-81. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров от 1 до 500 мм.
3. Бобрик П.И., Белых Л.И., Токмакова Т.В., Методические указания. Контроль гладких предельных калибров. – М.: МАТИ, 2006.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2. ВЫБОР И НАЗНАЧЕНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ	4
2.1. Порядок выполнения работы (1-я часть, основные этапы):.....	4
2.2. Поля допусков рабочих деталей и расчет их предельных размеров	4
2.3. Схема выбора средств измерений (СИЗ). Допускаемые погрешности измерений	5
3. УСТАНОВЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К НОРМАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	8
3.1. Порядок выполнения работы (2-я часть, основные этапы):.....	8
3.2. Требования к внешним условиям выполнения линейных измерений в лаборатории	9
4. КОНТРОЛЬ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ. МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПРИБОРАХ	13
4.1. Порядок выполнения работы (3-я часть, основные этапы):.....	13
4.2. МЕТОДИКИ РАБОТЫ НА УНИВЕРСАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ	14
4.2.1. Штангенциркуль	14
4.2.2. Измерение штангенциркулем	16
4.2.3. Гладкий микрометр	18
4.2.4. Измерение гладким микрометром.....	19
4.2.5. Нутромер микрометрический	22
4.2.6. Измерение нутромером микрометрическим.....	22
4.2.7. Индикаторный нутромер	24
4.2.8. Измерение индикаторным нутромером	24
4.3.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ	26
4.4.ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ	27
4.5. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ФОРМУЛИРОВКА ЗАКЛЮЧЕНИЯ О ГОДНОСТИ ДЕТАЛИ.....	28
ЛИТЕРАТУРА	29

«МАТИ»-РГТУ им. К.Э.Циолковского Кафедра «ТАОМ»				КОНТРОЛЬ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ						Работа			
										Группа			
										Фамилия			
										Дата			
Схемы расположения полей допусков деталей								Эскизы деталей с указанием контролируемых сечений					
Выбор и назначение измерительных средств													
№ и обозначение номинального размера на чертеже	Допуск размера	Предельные				Допустимая погрешность измерения	Наименов. измерит. средств	Точностные параметры СИЗ					
		Отклонения, мкм		Размеры, мм				Пределы погрешн. Δ , мкм	Цена деления, мкм	Диапазон, мм			
		ES (es)	EI (ei)	max	min					змерений	Показания отчетного устройства		
1													
2													
3													
Требования к внешним условиям по ГОСТ													
Наименование нормируемых параметров влияющих величин	Единица измерения	Нормальные пределы значений влияющих величин				Выход действительного значения погрешности СИЗ за предел допускаемой основной погрешности							
		Контролируемые размеры											
		1	2	3	1	2	3						
1													
2													
3													
4													
5													
6 Внешние условия в лаборатории													
Температура, °C				Влажность, %				Атмосферное давление, мм рт. ст.					
Результаты измерений и заключение о годности													
№ обозн. размера на чертеже	Наименование прибора	Размер блока концевых мер	Направление	Показания прибора при измерении, мкм			Действ. размер с учетом размера блока, мкм			Значения отклонений формы		Заключение о годности	
				Сечения			По ГОСТ	Действит. Овальность	Конусность	С постр-ен. доверит. интервала	По отклонен. формы		
				1	2	3						1	2
1			I										
			II										
2			I										
			II										
3			I										
			II										
Общее заключение о годности						1. 2. 3.							
Дата выполнения работы и подпись студента								Дата сдачи работы					
Подпись лаборанта								Подпись преподавателя.					

Щугорев Юрий Юрьевич

КОНТРОЛЬ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

**Методическое указание к лабораторным занятиям
по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация»**

В авторском издании