

Министерство сельского хозяйства РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени И.Т.ТРУБИЛИНА»

М. Р. Кадыров

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Лабораторный практикум

Краснодар
КубГАУ
2016

Р е ц е н з е н т :

В.С.Курасов – доктор технических наук, профессор
(Кубанский государственный аграрный университет)

Кадыров М. Р.

Метрология, стандартизация и сертификация : лабораторный практикум / М. Р. Кадыров. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 126 с.

В лабораторном практикуме даны описания лабораторных работ по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация», изложена методика проведения работ, даны справочные материалы и бланки протоколов.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» (специалитет).

Рассмотрено и одобрено методической комиссией факультета механизации Кубанского госагроуниверситета, протокол № 1 от 15.09.2016 г..

Председатель
методической комиссии

А.А.Титученко

© М. Р. Кадыров, 2016
© ФГБОУ ВПО «Кубанский
государственный аграрный
университет», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Виды, методы и средства измерений.....	5
Лабораторная работа № 1 Перевод национальных неметрических единиц измерения в единицы международной системы СИ.....	8
1.1 Задание.....	8
1.2 Оборудование рабочего места.....	8
1.3 Международная система единиц физических величин.....	8
1.4 Содержание и порядок выполнения работы.....	11
1.5 Контрольные вопросы.....	11
Лабораторная работа № 2 Выбор методов и средств измерений линейных размеров.....	14
2.1 Задание.....	14
2.2 Оборудование рабочего места.....	14
2.3 Некоторые метрологические характеристики средств измерений.....	14
2.4 Условия выбора измерительных средств.....	14
2.5 Методики выбора средств измерения.....	16
2.6 Содержание и порядок выполнения работы.....	16
2.7 Контрольные вопросы.....	16
Лабораторная работа № 3 Плоскопараллельные концевые меры длины.....	20
3.1 Задание.....	20
3.2 Оборудование рабочего места.....	20
3.3 Общие сведения.....	20
3.4 Расчет размеров плоскопараллельных концевых мер для составления их в блоки.....	24
3.5 Содержание и порядок выполнения работы.....	25
3.6 Контрольные вопросы.....	25
Лабораторная работа № 4 Измерения штангенинструментом.....	27
4.1 Задание.....	27
4.2 Оборудование рабочего места.....	27
4.3 Назначение и общее устройство штангенинструментов.....	27
4.4 Определение показаний по нониусу.....	30
4.5 Измерения штангенциркулем.....	32
4.6 Измерения штангенглубиномером.....	34
4.7 Измерения штангенрейсмасом.....	34
4.8 Погрешность измерения с помощью штангенинструментов.....	35
4.9 Содержание и порядок выполнения работы.....	36
4.10 Контрольные вопросы.....	36
Лабораторная работа № 5 Измерения микрометрическими измерительными средствами.....	38
5.1 Задание.....	38
5.2 Оборудование рабочего места.....	38
5.3 Микрометрические инструменты.....	38
5.4 Механический микрометр со штриховым отсчетом.....	41
5.5 Определение показаний прибора.....	42
5.6 Измерения микрометром.....	43
5.7 Измерения микрометрическим глубиномером.....	45
5.8 Измерения микрометрическим нутромером.....	46
5.9 Погрешность при измерении микрометрическими инструментами.....	47
5.10 Содержание и порядок выполнения работы.....	48

5.11 Контрольные вопросы	49
Лабораторная работа № 6 Измерения индикаторными измерительными средствами.....	51
6.1 Задание.....	51
6.2 Оборудование рабочего места	51
6.3 Индикаторные инструменты	51
6.4 Измерения индикатором часового типа	54
6.5 Измерения индикаторным нутромером.....	55
6.6 Измерения индикаторным глубиномером.....	56
6.7 Измерения индикаторной скобой.....	58
6.8 Содержание и порядок выполнения работы	59
6.9 Контрольные вопросы	60
Лабораторная работа № 7 Измерение параметров метрической резьбы	62
7.1 Задание.....	62
7.2 Оборудование рабочего места	62
7.3 Теоретические сведения.....	62
7.4 Измерение резьбы при помощи резьбового микрометра.....	67
7.5 Измерение резьбы методом трех проволок	68
7.6 Содержание и порядок выполнения работы	70
7.7 Контрольные вопросы	70
Лабораторная работа № 8 Измерение параметров шероховатости поверхности	72
8.1 Задание.....	72
8.2 Оборудование рабочего места	72
8.3 Теоретические сведения.....	72
8.4 Определение шероховатости поверхности детали	76
8.5 Двойной микроскоп Линника МИС-11	77
8.6 Определение шероховатости поверхности профилометром	79
8.7 Обработка профилограммы	80
8.8 Содержание и порядок выполнения работы	83
8.9 Контрольные вопросы	83
Лабораторная работа № 9 Измерение приборами, оснащенными рычажными измерительными головками	88
9.1 Задание.....	88
9.2 Оборудование рабочего места	88
9.3 Теоретические сведения.....	88
9.4 Измерение микрокатером	91
9.5 Измерение рычажной скобой	93
9.6 Содержание и порядок выполнения работы	93
9.7 Контрольные вопросы	94
Список использованных источников	95
Приложение А – Справочные таблицы	96
Приложение Б – Протоколы лабораторных работ.....	104

ВИДЫ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Виды измерений

Виды измерений классифицируются:

1 По характеру зависимости измеряемой величины от времени измерения методы измерений подразделяются на:

– *статические*, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени (измерения размеров тела; постоянного давления);

– *динамические*, в процессе которых измеряемая величина изменяется и является непостоянной во времени (измерения пульсирующих давлений, вибраций);

2 По способу получения результатов измерений (виду уравнения измерений) методы измерений разделяют на:

– *прямое измерение* – искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных (измерение штангенциркулем, микрометром, угломером);

– *косвенное измерение* – искомое значение величины находят по результатам измерений других размеров, связанных с искомой определенной зависимостью (измерение среднего диаметра резьбы с помощью трех проволок);

– *совместные измерения* – измерения, производимые одновременно (прямые или косвенные) двух или нескольких неоднородных величин; целью этих измерений является нахождение функциональной зависимости между величинами (зависимость длины тела от температуры, электрического сопротивления проводника, от давления);

– *совокупные* – это такие измерения, в которых значения измеряемых величин находят по данным повторных измерений одной или нескольких однородных величин при различных сочетаниях мер или этих величин; результаты совокупных измерений находят путем решения системы уравнений, составляемых по результатам нескольких прямых измерений (массы отдельных гирь набора находят по известной массе одной из них и по результатам прямых сравнений масс различных сочетаний гирь).

3 По условиям, определяющим точность результата измерения – 3 класса:

– *измерения максимальной возможной точности*, достижимой при существующем уровне техники (эталонные измерения и измерения физических констант – абсолютное значение ускорения свободного падения);

– *контрольно-поверочные измерения*, погрешность которых с определенной вероятностью не должна превышать некоторое заданное значение (измерения, выполняемые лабораториями госнадзора за внедрением и соблюдением стандартов и состоянием измерительной техники и заводскими измерительными лабораториями с погрешностью заранее заданного значения);

– *технические измерения*, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений (измерения на машиностроительных предприятиях).

4 По способу выражения результатов измерений различают:

– *абсолютное измерение* – измерение основано на прямых измерениях величины и (или) использовании значений физических констант (измерение размеров деталей штангенциркулем или микрометром);

– *относительное измерение* – измерение, где полученную величину сравнивают с одноименной, играющей роль единицы или принятой за исходную (измерение диаметра вращающейся детали по числу оборотов соприкасающегося с ней аттестованного ролика).

5 В зависимости от совокупности измеряемых параметров изделия различают:

– *поэлементный (дифференцированный) метод* – измерение каждого параметра изделия в отдельности (овальности, огранки цилиндрического вала);

– *комплексный метод* – измерение суммарного показателя качества (а не физической величины), на который оказывают влияние отдельные его составляющие (измерение ра-

диального биения цилиндрической детали, на которое влияют эксцентриситет, овальность).

Методы измерений

Методы измерений классифицируются:

1 По способу получения значений измеряемых величин различают:

– *метод непосредственной оценки* – метод измерения, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия (измерение длины или размеров деталей микрометром);

– *метод сравнения с мерой* – метод измерения, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (измерение микрокатером).

2 При измерении линейных величин различают:

– *контактный метод* – измерение происходит при непосредственном соприкосновении измерительных поверхностей с поверхностью контролируемого объекта;

– *бесконтактный метод* – измерение происходит без соприкосновения с измеряемой поверхностью (проекторные аппараты).

3 В зависимости от измерительных средств, используемых в процессе измерения, различают:

– *инструментальный метод* – основан на использовании специальных технических средств, в том числе автоматизированных и автоматических;

– *экспертный метод оценки* – основан на использовании данных нескольких специалистов (широко применяется в квалиметрии, спорте, искусстве, медицине);

– *эвристические методы оценки* – основаны на интуиции (используется способ попарного сопоставления, когда измеряемые величины сначала сравниваются между собой попарно, а затем производится ранжирование на основе результатов этого сравнения);

– *органолептические методы оценки* – основаны на использовании органов чувств человека (осязания, обоняния, зрения, вкуса и слуха), часто используются измерения на основе впечатлений (конкурсы мастеров искусств, соревнования спортсменов).

Средства измерений

Средство измерения – это техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства.

Средства измерения классифицируются:

1 По метрологическому назначению:

– *образцовые* – предназначены для поверки по ним других средств измерений как рабочих, так и образцовых менее высокой точности;

– *рабочие* – средства измерений предназначены для измерения размеров величин, необходимых в разнообразной деятельности человека.

2 По виду средств измерений:

– *мера* – это средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера;

– *измерительные устройства*, которые подразделяются на измерительные приборы и измерительные преобразователи; измерительные установки и измерительные системы:

1) *измерительный прибор* – средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем;

2) *измерительный преобразователь* – средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем;

3) *измерительная установка* – совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем и расположенная на одном месте;

4) *измерительная система* – совокупность средств измерений и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи, предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и (или) использования в автоматических системах управления.

Измерительные приборы классифицируются:

1 **По назначению** измерительные приборы разделяются на:

- *универсальные;*
- *специальные;*
- *для контроля.*

2 **По конструктивному устройству** измерительные приборы делятся на:

- *механические;*
- *оптические;*
- *электрические;*
- *пневматические.*

3 **По степени автоматизации** различают измерительные приборы:

- *ручного действия;*
- *механизированные;*
- *полуавтоматические;*
- *автоматические.*

Универсальные измерительные приборы подразделяются на:

- *механические:*
 - *простейшие инструменты* – проверочные измерительные линейки, щупы, образцы шероховатости;
 - *штангенинструменты*– штангенциркуль, штангенглубиномер, штангенрейсмус, штангензубомер;
 - *микрометрические инструменты* – микрометр, микрометрический нутромер, микрометрический глубиномер;
 - *приборы с зубчатой передачей* – индикаторы часового типа;
 - *рычажно-механические* – миниметры, рычажные скобы.
 - *оптические:* вертикальный и горизонтальные оптиметры; малый и большой инструментальные микроскопы; универсальный микроскоп; концевая машина⁴ проекторы; интерференционные приборы;
 - *пневматические:* длинномеры (ротаметры);
 - *электрические:* электроконтактные измерительные головки; индуктивные приборы; профилографы; профилометры; кругломеры.

Специальные измерительные приборы предназначены для измерения одного или нескольких параметров деталей определенного типа (приборы для измерения (контроля) параметров коленвала, распредвала, параметров зубчатых колес, диаметров глубоких отверстий).

Лабораторная работа № 1

ПЕРЕВОД НАЦИОНАЛЬНЫХ НЕМЕТРИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ В ЕДИНИЦЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ СИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: научиться определять соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными.

1.1 Задание

Выразить в соответствующих единицах значения физических величин (согласно вариантам по таблице 1.6).

1.2 Оборудование рабочего места

Материалы для выполнения работы: ГОСТ 8.417 - 2002 «Единицы физических величин».

1.3 Международная система единиц физических величин

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Физическая величина (ФВ) – характеристика одного из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общая в качественном отношении по многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальна для каждого объекта.

Значение физической величины – оценка ее размера в виде некоторого числа по принятой для нее шкале.

Единица физической величины – ФВ фиксированного размера, которой условно присвоено значение равное единице и применяемая для количественного выражения однородных ФВ.

Различают основные, производные, кратные, дольные, когерентные (СИ), системные и внесистемные единицы.

Совокупность основных и производных единиц ФВ, образованная в соответствии с принятыми принципами, называется *системой единиц физических величин*. Единица основной ФВ является *основной единицей* данной системы. В Российской Федерации используется система единиц СИ, введенная ГОСТ 8.417-2002 «ГСИ. Единицы физических величин». В качестве основных единиц приняты метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль и кандела (таблица 1.1).

Производная единица - это единица производной ФВ системы единиц, образованная в соответствии с уравнениями, связывающими ее с основными единицами или же с основными и уже определенными производными. Некоторые производные единицы системы СИ, имеющие собственное название, приведены в таблице 1.2.

Для установления производной единицы следует:

- выбрать ФВ, единицы которых принимаются в качестве основных;
- установить размер этих единиц;
- выбрать определяющее уравнение, связывающее величины, измеряемые основными единицами, с величиной, для которой устанавливается производная единица. При этом символы всех величин, входящих в определяющее уравнение, должны рассматриваться не как сами величины, а как их именованные числовые значения.

Таблица 1.1 – Основные единицы физических величин системы СИ

Величина			Единица		
Наименование	Обозначение		Наименование	Обозначение	
	размерность	рекомендуемое		русское	международное
Длина	L	<i>l</i>	метр	м	m
Масса	M	m	килограмм	кг	kg
Время	T	t	секунда	с	s
Сила электрического тока	I	I	ампер	А	A
Термодинамическая температура	O	T	кельвин	К	K
Количество вещества	N	n, <i>v</i>	моль	моль	mol
Сила света	J	J	кандела	кд	cd

Таблица 1.2 – Производные единицы системы СИ, имеющие специальное название.

Величина		Единица		
наименование	размерность	наименование	обозначение	выражение через ед. СИ
Частота	T^{-1}	герц	Гц	c^{-1}
Сила, вес	$LM T^{-2}$	ньютон	Н	$m \cdot kg \cdot c^{-2}$
Давление, механическое напряжение	$L^{-1} M T^{-2}$	паскаль	Па	$m^{-1} \cdot kg \cdot c^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	$L^2 M T^{-2}$	джоуль	Дж	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-2}$
Мощность	$L^2 M T^{-3}$	ватт	Вт	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-3}$
Количество электричества	TI	кулон	Кл	$c \cdot A$
Электрическое напряжение, потенциал, электродвижущая сила	$L^2 M T^{-3} I^{-1}$	вольт	В	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-3} \cdot A^{-1}$
Электрическая емкость	$L^{-2} M^{-1} T^4 I^2$	фарад	Ф	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot c^4 \cdot A^2$
Электрическое сопротивление	$L^2 M T^{-3} I^{-2}$	ом	Ом	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-3} \cdot A^{-2}$
Магнитная индукция	$M T^{-2} I^{-1}$	тесла	Тл	$kg \cdot c^{-2} \cdot A^{-1}$

Все основные, производные, кратные и дольные единицы являются системными. *Внесистемная единица* – это единица ФВ, не входящая ни в одну из принятых систем единиц. Внесистемные единицы по отношению к единицам СИ разделяют на 4 вида:

- допускаемые наравне с единицами СИ, например: единицы массы – тонна; плоского угла – градус, минута, секунда; объема – литр и др. Некоторые внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ, приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица		
	наименование	обозначение	соотношение с единицей СИ
Масса	тонна	т	10^3 кг
Время	минута	мин	60 с
	час	ч	3600 с
	сутки	сут	86400 с
Объем	литр	л	10^{-3} м ³
Площадь	гектар	га	10^4 м ²

- допускаемые к применению в специальных областях, например: астрономическая единица, парсек, световой год – единицы длины в астрономии; диоптрия – единица оптической силы в оптике; электрон-вольт – единица энергии в физике и т.д.

- временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ, например: морская миля – в морской навигации; карат – единица массы в ювелирном деле и др. Эти единицы должны изыматься из употребления в соответствии с международными соглашениями;

- изъятые из употребления, например; миллиметр ртутного столба – единица давления; лошадиная сила – единица мощности и некоторые другие.

Различают кратные и дольные единицы ФВ. *Кратная единица* – это единица ФВ, в целое число раз превышающая системную или внесистемную единицу. Например, единица длины – километр равна 10^3 м, т.е. кратная метру. *Дольная единица* – единица ФВ, значение которой в целое число раз меньше системой или внесистемной единицы. Например, единица длины миллиметр равна 10^{-3} м, т.е. является дольной. Приставки для образования кратных и дольных единиц СИ приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований.

Множитель	Приставка	Обозначение	Множитель	Приставка	Обозначение
10^{18}	экса	Э	10^{-1}	деци	d
10^{15}	пета	П	10^{-2}	санتي	с
10^{12}	тера	Т	10^{-3}	милли	м
10^9	гига	Г	10^{-6}	микро	мк
10^6	мега	М	10^{-9}	нано	н
10^3	кило	к	10^{-12}	пико	п
10^2	гекто	г	10^{-15}	фемто	ф
10^1	дека	да	10^{-18}	атто	а

Существует соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Соотношения между единицами измерения

Величины	Единицы измерения в СИ	Соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными.
Длина	м	1 мкм = 10^{-6} м
Масса	кг	1 т = 1000 кг 1 ц = 100 кг
Температура	К	$0 = (t^{\circ}\text{C} + 273,15)$ К
Вес (сила тяжести)	Н	1 кг = 9,81 Н 1 дин = 10^{-5} Н
Давление	Па	1 бар = 10^5 Па 1 мбар = 100 Па 1 дин / см ² = 1 мкбар = 0,1 Па 1 кгс / см ² = 1 ат = $9,81 \cdot 10^4$ Па = 735 мм.рт.ст. 1 кгс / м ² = 9,81 Па 1 мм.вод.ст. = 9,81 Па 1 мм.рт.ст. = 133,3 Па
Мощность	Вт	1 кгс · м / с = 9,81 Вт 1 эрг / с = 10^{-7} Вт 1 ккал/ч = 1,163 Вт
Объем	м ³	1 л = 10^{-3} м ³ = 1 дм ³
Плотность	кг / м ³	1 т / м ³ = 1 кг / дм ³ = 1 г / см ³ = 10^3 кг / м ³ 1 кгс · с ² / м ⁴ = 9,81 кг / м ³
Работа, энергия, количество теплоты	Дж	1 кгс · м = 9,81 Дж 1 эрг = 10^{-7} Дж 1 кВт · ч = $3,6 \cdot 10^6$ Дж = 4,19 кДж

1.4 Содержание и порядок выполнения работы

1.4.1 Выразить в соответствующих единицах заданные величины по своему варианту (таблица 1.6) в таблице 1.1 протокола, используя таблицы 1.3 – 1.5.

1.5 Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение метрологии.
- 2 Продолжите: физическая величина – ...;
значение физической величины – ...;
единица физической величины –
- 3 Перечислите основные единицы Международной системы СИ.
- 4 Приведите примеры производных единиц СИ.
- 5 Выразить 1 м в км, мм, дм.
- 6 Выразить 1 мм. рт. ст. в Па.
- 7 Выразить 1 га в км², м².

Таблица 1.6 – Варианты индивидуальных заданий

Вариант	Задания															
	Задание	1 Мм	10 т	48 °С	375 К	10 Па	100 Па	1000 мм.рт.ст.	10 Н	1 Вт	1 Дж	0,01 л	0,1 м/с	0,1 А	1 Вт	1 кг/м ³
1	Задание	1 Мм	10 т	48 °С	375 К	10 Па	100 Па	1000 мм.рт.ст.	10 Н	1 Вт	1 Дж	0,01 л	0,1 м/с	0,1 А	1 Вт	1 кг/м ³
	Ответ	м	кг	Θ = °С	°С	ат	кгс/м ²	дин/см ²	дг	ккал/ч	ккал	см ³	м/мин	гА	мВт	кг/дм ³
2	Задание	100 м	100 кг	32 °С	450 К	10 Па	100 Па	1000 мм.рт.ст.	10 Н	10 Вт	10 Дж	0,1 л	0,1 м/с	10 А	100 Вт	1 кг/м ³
	Ответ	мм	ц	Θ = °С	°С	Мбар	кгс/см ²	Па	дин	эрг/с	кВт · ч	дм ³	км/с	кА	сВт	г/см ³
3	Задание	100 см	100 кг	25 °С	210 К	10 Па	100 Па	1000 мм.рт.ст.	10 Н	10 Вт	10 Дж	0,1 л	0,1 м/с	10 А	100 Вт	1 кг/м ³
	Ответ	м	г	Θ = °С	°С	дин/см ²	мм.вод.ст.	кгс/см ²	г	кгс · м/с	эрг	м ³	км/ч	МА	дВт	г/м ³
4	Задание	1 Мм	10 т	48 °С	375 К	10 Па	100 Па	1000 мм.рт.ст.	10 Н	1 Вт	1 Дж	0,01 л	0,1 м/с	0,1 А	1 Вт	1 кг/м ³
	Ответ	м	кг	Θ = °С	°С	ат	кгс/м ²	дин/см ²	дг	ккал/ч	ккал	см ³	м/мин	гА	мВт	кг/дм ³
5	Задание	10 мкм	100 ц	53 °С	273 К	10 Па	100 Па	1000 мм.рт.ст.	10 Н	1 Вт	1 Дж	0,01 л	0,1 м/с	0,1 А	1 Вт	1 кг/м ³
	Ответ	м	т	Θ = °С	°С	мм.рт.ст.	мкбар	ат	сг	кгс · м/с	кВт · ч	дм ³	км/мин	сА	сВт	г/см ³
6	Задание	100 мм	100 г	70 °С	300 К	10 Па	1 Па	1000 мм.рт.ст.	10 Н	1 Вт	1 Дж	0,01 л	0,01 м/с	0,1 А	1 Вт	1 кг/м ³
	Ответ	м	кг	Θ = °С	°С	мбар	дин/м ²	кгс/м ²	дин	эрг/с	эрг	м ³	км/ч	МА	дВт	мг/м ³
7	Задание	100 м	100 кг	80 °С	450 К	10 Па	100 Па	1000 мм.рт.ст.	60 Н	1 Вт	1 Дж	0,1 л	0,1 м/с	10 А	1 Вт	1 кг/м ³
	Ответ	мм	ц	Θ = °С	°С	дин/см ²	кгс/м ²	дин/см ²	дин	ккал/ч	ккал	дм ³	км/ч	кА	мВт	кг/дм ³
8	Задание	1 Мм	300 кг	25 °С	375 К	100 Па	100 Па	1000 мм.рт.ст.	10 Н	10 Вт	5 Дж	0,001 л	0,1 м/с	0,2 А	1 Вт	1 кг/м ³
	Ответ	м	г	Θ = °С	°С	ат	дин/м ²	Па	г	кгс · м/с	эрг	дм ³	м/мин	МА	сВт	г/дм ³
9	Задание	1 Мм	10 г	48 °С	375 К	10 Па	100 Па	1000 мм.рт.ст.	10 Н	5 Вт	1 Дж	0,1 л	0,1 м/с	0,1 А	10 Вт	2 кг/м ³
	Ответ	м	кг	Θ = °С	°С	ат	мкбар	ат	дг	эрг/с	ккал	м ³	км/мин	гА	мВт	мг/м ³
10	Задание	100 см	10 т	32 °С	273 К	10 Па	100 Па	1000 мм.рт.ст.	5 Н	1 Вт	1 Дж	0,01 л	0,02 м/с	10 А	100 Вт	1 кг/м ³
	Ответ	м	кг	Θ = °С	°С	мбар	мм.вод.ст.	дин/см ²	дин	ккал/ч	кВт · ч	см ³	км/ч	МА	сВт	г/м ³
11	Задание	10 мм	10 т	53 °С	210 К	10 Па	100 Па	1000 мм.рт.ст.	10 Н	10 Вт	10 Дж	0,01 л	0,1 м/с	0,1 А	2 Вт	1 кг/м ³
	Ответ	м	кг	Θ = °С	°С	мм.рт.ст.	кгс/см ²	кгс/м ²	сг	эрг/с	кВт · ч	см ³	м/мин	сА	дВт	г/см ³
12	Задание	10 мкм	100 ц	48 °С	200 К	10 Па	100 Па	1000 мм.рт.ст.	10 Н	1 Вт	10 Дж	0,02 л	0,1 м/с	0,1 А	100 Вт	1 кг/м ³
	Ответ	м	т	Θ = °С	°С	Мбар	кгс/м ²	кгс/см ²	дг	кгс · м/с	эрг	м ³	км/с	гА	дВт	г/см ³

Продолжение таблицы 1.6

Вариант	Задания															
	Задание	1 мм	1 т	46 °С	345 К	20 Па	30 Па	2000 мм.рт.ст.	15 Н	13 Вт	10 Дж	0,1 л	0,01 м/с	0,01 А	10 Вт	10 кг/м ³
13	Задание	1 мм	1 т	46 °С	345 К	20 Па	30 Па	2000 мм.рт.ст.	15 Н	13 Вт	10 Дж	0,1 л	0,01 м/с	0,01 А	10 Вт	10 кг/м ³
	Ответ	м	кг	Θ = °С	°С	ат	кгс/м ²	дин/см ²	дг	ккал/ч	ккал	см ³	м/мин	гА	мВт	кг/дм ³
14	Задание	10 м	10 кг	22 °С	550 К	100 Па	10 Па	100 мм.рт.ст.	20 Н	20 Вт	40 Дж	0,6 л	0,8 м/с	100 А	1 Вт	6 кг/м ³
	Ответ	мм	ц	Θ = °С	°С	Мбар	кгс/см ²	Па	дин	эрг/с	кВт · ч	дм ³	км/с	кА	сВт	г/см ³
15	Задание	10 см	1 кг	55 °С	110 К	110 Па	150 Па	1500 мм.рт.ст.	18 Н	19 Вт	9 Дж	0,6 л	0,6 м/с	19 А	15 Вт	15 кг/м ³
	Ответ	м	г	Θ = °С	°С	дин/см ²	мм.вод.ст.	кгс/см ²	г	кгс · м/с	эрг	м ³	км/ч	МА	дВт	г/м ³
16	Задание	0,1 Мм	100 т	98 °С	25 К	90 Па	600 Па	5000 мм.рт.ст.	50 Н	9 Вт	2 Дж	0,09 л	0,6 м/с	0,3 А	7 Вт	5 кг/м ³
	Ответ	м	кг	Θ = °С	°С	ат	кгс/м ²	дин/см ²	дг	ккал/ч	ккал	см ³	м/мин	гА	мВт	кг/дм ³
17	Задание	50 мкм	60 ц	83 °С	273 К	12 Па	150 Па	1700 мм.рт.ст.	12 Н	11 Вт	0,1 Дж	0,1 л	0,01 м/с	0,01 А	10 Вт	10 кг/м ³
	Ответ	м	т	Θ = °С	°С	мм.рт.ст.	мкбар	ат	сг	кгс · м/с	кВт · ч	дм ³	км/мин	сА	сВт	г/см ³
18	Задание	60 мм	80 г	30 °С	200 К	30 Па	18 Па	1900 мм.рт.ст.	19 Н	16 Вт	15 Дж	0,04 л	0,05 м/с	0,5 А	3 Вт	1 кг/м ³
	Ответ	м	кг	Θ = °С	°С	мбар	дин/м ²	кгс/м ²	дин	эрг /с	эрг	м ³	км/ч	МА	дВт	мг/м ³
19	Задание	40 м	200 кг	80 °С	250 К	30 Па	500 Па	1800 мм.рт.ст.	40 Н	0,1 Вт	10 Дж	0,6 л	0,5 м/с	80 А	9 Вт	2 кг/м ³
	Ответ	мм	ц	Θ = °С	°С	дин/см ²	кгс/м ²	дин/см ²	дин	ккал/ч	ккал	дм ³	км/ч	кА	мВт	кг/дм ³
20	Задание	2 Мм	200 кг	45 °С	395 К	600 Па	700 Па	2500 мм.рт.ст.	50 Н	80 Вт	95 Дж	0,001 л	0,7 м/с	0,4 А	6 Вт	5 кг/м ³
	Ответ	м	г	Θ = °С	°С	ат	дин/м ²	Па	г	кгс · м/с	эрг	дм ³	м/мин	МА	сВт	г/дм ³
21	Задание	4 мм	20 г	48 °С	255 К	40 Па	600 Па	4000 мм.рт.ст.	20 Н	58 Вт	14 Дж	0,6 л	0,5 м/с	0,3 А	30 Вт	2 кг/м ³
	Ответ	м	кг	Θ = °С	°С	ат	мкбар	ат	дг	эрг /с	ккал	м ³	км/мин	гА	мВт	мг/м ³
22	Задание	10 см	12 т	102 °С	353 К	50 Па	550 Па	1600 мм.рт.ст.	51 Н	18 Вт	1 Дж	0,08 л	0,02 м/с	15 А	120 Вт	1 кг/м ³
	Ответ	м	кг	Θ = °С	°С	мбар	мм.вод.ст.	дин/см ²	дин	ккал/ч	кВт · ч	см ³	км/ч	МА	сВт	г/м ³
23	Задание	100 мм	11 т	93 °С	140 К	30 Па	240 Па	1800 мм.рт.ст.	11 Н	16 Вт	14 Дж	0,07 л	0,4 м/с	0,1 А	22 Вт	2 кг/м ³
	Ответ	м	кг	Θ = °С	°С	мм.рт.ст.	кгс/см ²	кгс/м ²	сг	эрг/с	кВт · ч	см ³	м/мин	сА	дВт	г/см ³
24	Задание	15 мкм	150 ц	68 °С	200 К	70 Па	20 Па	1100 мм.рт.ст.	13 Н	19 Вт	12 Дж	0,02 л	0,3 м/с	0,15 А	15 Вт	3 кг/м ³
	Ответ	м	т	Θ = °С	°С	Мбар	кгс/м ²	кгс/см ²	дг	кгс · м/с	эрг	м ³	км/с	гА	дВт	г/см ³
25	Задание	1 см	30 кг	25 °С	335 К	20 Па	80 Па	1800 мм.рт.ст.	13 Н	18 Вт	5 Дж	0,06 л	0,4 м/с	0,2 А	2 Вт	8 кг/м ³
	Ответ	м	г	Θ = °С	°С	ат	дин/м ²	Па	г	кгс · м/с	эрг	дм ³	м/мин	МА	сВт	г/дм ³

Лабораторная работа № 2

ВЫБОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить метрологические характеристики средств измерений; получить навыки выбора универсальных средств измерений линейных размеров.

2.1 Задание

Получить навыки работы с нормативными документами для выбора методов и средств измерений линейных размеров, выбрать для измерения линейных размеров детали соответствующие универсальные измерительные средства и указать их метрологические характеристики.

2.2 Оборудование рабочего места

Справочные таблицы, универсальные измерительные средства, детали.

2.3 Некоторые метрологические характеристики средств измерений

Метрологическая характеристика – характеристика одного из свойств средства измерений (СИ), влияющая на результат измерений и на его погрешность.

Погрешность СИ – это разность между показанием СИ и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины.

Предел допускаемой погрешности – наибольшее значение погрешности СИ, устанавливаемое нормативным документом для данного типа средств измерений, при котором оно еще признается годным к применению.

Деление шкалы – промежуток между двумя соседними отметками шкалы средства измерения (СИ).

Длина деления шкалы – расстояние между осями (или центрами) двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль воображаемой линии, проходящей через середины самых коротких отметок шкалы (рисунок 2.1). На практике исходя из разрешающей силы глаз оператора (остроты зрения) с учетом ширины штрихов и указателя минимальный интервал деления шкалы a принимают равным 1 мм, а максимальный – 2,5 мм. Наиболее распространенной величиной интервала является 1 мм.

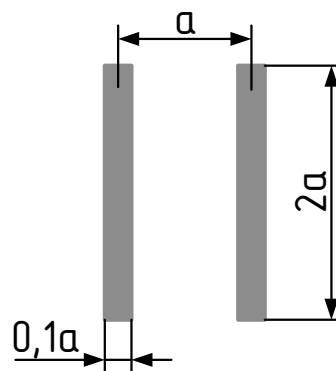


Рисунок 2.1 – Длина деления шкалы

Цена деления шкалы – это разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы СИ. Например, если перемещение указателя шкалы из положения *I* в положение *II* соответствует изменению величины в 0,01 мм, то цена деления этой шкалы равна 0,01 мм (рисунок 2.2). Цена деления шкалы указывается на шкале СИ (рисунок 2.3).

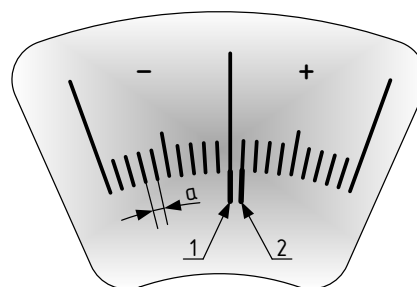


Рисунок 2.2 – Цена деления шкалы

Длина шкалы – длина линии, проходящей через центры всех самых коротких отметок шкалы СИ и ограниченной начальной и конечной отметками. Линия может быть реальной или воображаемой, кривой или прямой. Деления шкалы имеют цену. Не следует путать цену с длиной деления. Шкала СИ имеет **начальное** и **конечное значения**. Они соответствуют наименьшему и наибольшему значениям измеряемой величины, которые могут быть отсчитаны по шкале СИ. Предельные значения шкалы определяют диапазон показаний: разность между ними представляет собой диапазон показаний СИ.

Каждое СИ характеризуется диапазоном показаний и диапазоном измерений.

Диапазон показаний – область значений шкалы СИ, ограниченная ее начальным и конечным значениями. Эту характеристику часто называют *пределами измерения по шкале* (рисунок 2.3).

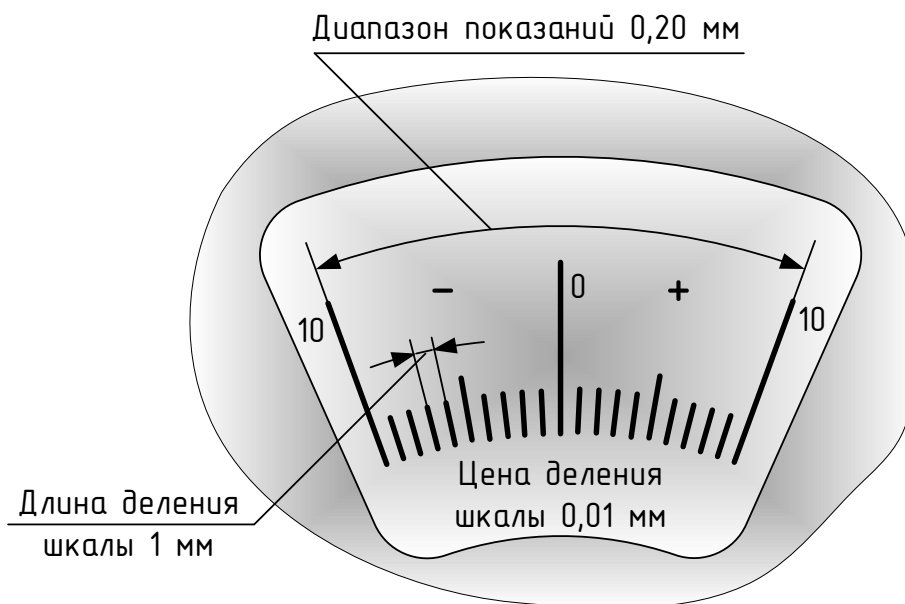


Рисунок 2.3 – Диапазон показаний

Диапазон измерений – область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерений. Диапазон измерений определяет диапазон значений измеряемой величины, который может быть измерен данным СИ. Диапазон измерения часто называют *пределом измерения СИ*.

Значения величины, ограничивающие диапазон измерений снизу и сверху (слева и справа), называются соответственно **нижним** и **верхним пределами измерений**.

Одной из основных характеристик средств измерения линейных и угловых величин контактным методом является **измерительное усилие**, которое возникает в зоне контакта измерительного наконечника средства измерения с измеряемой поверхностью в направлении линии измерения. Оно необходимо для того, чтобы обеспечить устойчивое замыкание измерительной цепи.

Некоторые метрологические характеристики универсальных СИ приведены в таблице А4.

2.4 Условия выбора измерительных средств

Выбор средств измерения осуществляют с учетом метрологических и экономических факторов. При выполнении производственных измерений в первую очередь учитывают следующие метрологические характеристики приборов: пределы измерений, измерительное усилие, диапазон показаний шкалы, цену деления, чувствительность, погрешность измерения. При этом следует помнить, что показателем точности приборов, измеряющих линейные размеры, является предельная абсолютная погрешность измерения, которая выражается в

микрометрах. К экономическим показателям относятся: стоимость и надежность измерительных средств; метод измерения; время, затрачиваемое на установку, настройку и сам процесс измерения; а также необходимая квалификация контролера и оператора.

Выбор средств измерения зависит от характера и массовости производства (годовой программы выпуска).

Например, в массовом производстве с отработанным технологическим процессом, включая контрольные операции, используют высокопроизводительные механизированные и автоматизированные средства измерения и контроля. Универсальные измерительные средства применяются преимущественно для наладки оборудования.

В серийном производстве основными средствами контроля должны быть жесткие предельные калибры, шаблоны, специальные контрольные приспособления. Возможно применение универсальных средств измерения.

В мелкосерийном и индивидуальном производствах основными являются универсальные средства измерения, поскольку другие организационно и экономически применять невыгодно: неэффективно будут использоваться специальные контрольные приспособления или потребуется большое количество калибров различных типов размеров.

Одинаково нецелесообразно назначать излишне точный прибор и прибор с малой точностью. В первом случае это обусловлено экономическими потерями, вызванными использованием более дорогих, как правило, СИ, требующих более дорогих методик и средств их поверки (калибровки). Во втором случае потери будут создаваться более высоким уровнем брака.

Нормальные условия выполнения линейных измерений: температура окружающей среды 20 °С; атмосферное давление 101324,72 Па (760 мм рт.ст.); относительная влажность воздуха 58 % и др., по которым приводятся допускаемые от них отклонения.

2.5 Методики выбора средств измерения

Для выбора средств измерения применяют три методики: приближенная, расчетная, табличная.

2.5.1 Приближенная методика выбора средств измерения

Приближенная методика широко применяется при ориентировочном выборе средств измерения, при проведении метрологического контроля и экспертизы нормативно-технической и конструкторской и технологической документации.

1 Определяется допуск размера детали.

Допуск размера детали ($T_{дет}$) выбирается в зависимости от заданного качества точности (таблица А.3).

2 Рассчитывается допускаемая погрешность измерения.

Допускаемая погрешность измерения $\delta_{изм}$ принимается 25 % от величины допуска на размер

$$\delta_{изм} = 0,25T_{дет}. \quad (2.1)$$

3 По таблице А.4 выбирается средство измерения в зависимости от детали (вал или отверстие):

а) выбор измерительного средства заключается в том, чтобы суммарная погрешность $\pm \Delta_{lim}$, являющаяся нормированным метрологическим показателем данного измерительного средства, не превышала случайной составляющей допускаемой погрешности измерения, т.е. при этом должно выполняться условие:

$$\Delta_{lim} \leq \delta_{изм}; \quad (2.2)$$

- б) номинальная величина измеряемого размера должна находиться в интервале измерения измерительного средства;
- г) интервал шкалы измерительного средства должен быть равен или больше допуска измеряемого размера.

2.5.2 Расчетная методика выбора средств измерения

Расчетная методика применяется при выборе средств измерения для единичного и мелкосерийного производства, для экспериментальных исследований, для измерения выборки при статистическом методе контроля, для повторной перепроверки деталей, забракованных контрольными автоматами.

1 Определяется допуск размера детали.

Допуск размера детали ($T_{дет}$) выбирается в зависимости от заданного качества точности (таблица А.3).

2 Определяется расчетная допускаемая погрешность измерения $\delta_{изм\ расч}$. При расчете по данной методике необходимо пользоваться таблицей процентного соотношения допускаемой погрешности измерения и допусков деталей для различных качеств точности (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Процентное соотношение расчетной допускаемой погрешности измерения $\delta_{изм\ расч}$ в зависимости от точности объекта измерения

Квалитет точности	Объект измерения	Расчетная предельная погрешность измерения, % от допуска
5	Валы	35
6 – 7	Валы, отверстия	30
8	Валы	25
8 – 9	Отверстия	
9 – 16	Валы	20
10 – 16	Отверстия	

В соответствии с таблицей 2.1, определяют расчетную допускаемую погрешность измерения $\delta_{изм\ расч}$.

3 По таблице А.4 выбирается средство измерения в зависимости от детали (вал или отверстие):

а) выбор измерительного средства заключается в том, чтобы суммарная погрешность $\pm \Delta_{lim}$, являющаяся нормированным метрологическим показателем данного измерительного средства, не превышала случайной составляющей допускаемой погрешности измерения, т.е. при этом должно выполняться условие

$$\Delta_{lim} \leq \delta_{изм\ расч}; \quad (2.3)$$

б) номинальная величина измеряемого размера должна находиться в интервале измерения измерительного средства;

г) интервал шкалы измерительного средства должен быть равен или больше допуска измеряемого размера.

2.5.3 Табличная методика выбора средств измерения

Табличная методика рекомендуется для выбора средств измерения при серийном, крупносерийном и массовом производстве, если предусмотрены измерения, а не контроль с применением калибров.

1 Определяется допуск размера детали.

Допуск размера детали ($T_{дет}$) выбирается в зависимости от заданного качества точности (таблица А.3).

2 Определяется допускаяемая погрешность измерения δ (таблица А.3).

3 По таблице А.4 выбирается средство измерения в зависимости от детали (вал или отверстие):

а) выбор измерительного средства заключается в том, чтобы суммарная погрешность $\pm \Delta_{lim}$, являющаяся нормированным метрологическим показателем данного измерительного средства, не превышала случайной составляющей допускаяемой погрешности измерения, т.е. при этом должно выполняться условие

$$\Delta_{lim} \leq \delta; \quad (2.4)$$

б) номинальная величина измеряемого размера должна находиться в интервале измерения измерительного средства;

г) интервал шкалы измерительного средства должен быть равен или больше допуска измеряемого размера.

2.6 Содержание и порядок выполнения работы

2.6.1 Выбрать средства измерения (не менее двух для каждого объекта измерения) для размеров согласно варианту (таблица 2.2) по трем методикам.

2.6.2 Выбрать для каждого объекта измерения инструмент, наиболее подходящий для измерения в мелкосерийном и индивидуальном производствах. Сделать вывод.

2.7 Контрольные вопросы

- 1 Что является основой методик выбора средств измерений?
- 2 Как определяется предельная погрешность средств измерений?
- 3 Какие условия влияют на выбор средств измерения?
- 4 Какие факторы учитывают при выборе средств измерений линейных размеров?
- 5 Какая величина является основополагающей при выборе средств измерений?
- 6 Как влияет номинальный размер на выбор интервала измерения?
- 7 Как влияет допуск размера на выбор интервала шкалы?
- 8 Каков порядок действий при выборе средств для измерения линейных размеров?
- 9 Какие вы знаете метрологические характеристики средств измерений?

Таблица 2.2 – Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Вал		Отверстие		Уступ	
	Номинальный размер, мм	Квалитет	Номинальный размер, мм	Квалитет	Номинальный размер, мм	Квалитет
1	10	9	93	7	67	11
2	105	11	31	9	19	6
3	45	6	18	6	26	9
4	18	10	12	11	31	10
5	72	7	19	8	38	6
6	85	8	45	8	67	8
7	12	12	10	7	66	7
8	56	6	72	12	45	7

Продолжение таблицы 2.2

№ варианта	Вал		Отверстие		Уступ	
	Номиналь- ный размер, мм	Ква- литет	Номиналь- ный раз- мер, мм	Квали- тет	Номиналь- ный раз- мер, мм	Квали- тет
9	94	12	85	8	18	11
10	26	9	42	10	21	8
11	19	6	45	10	45	11
12	67	6	88	12	42	9
13	93	11	99	11	56	6
14	66	8	85	9	14	7
15	31	7	66	11	31	12
16	21	7	10	10	19	9
17	42	10	42	9	15	10
18	88	6	18	12	53	6
19	56	8	12	7	10	8
20	66	7	93	12	26	11
21	67	12	94	9	12	10
22	94	9	56	6	72	8
23	101	10	21	9	27	12
24	26	7	88	11	19	10
25	21	12	72	8	40	7

Лабораторная работа № 3

ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ МЕРЫ ДЛИНЫ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: ознакомиться с плоскопараллельными концевыми мерами и областью их применения; приобрести практические навыки работы с мерами длины и принадлежностями к концевым мерам.

3.1 Задание

Изучить назначение, устройство плоскопараллельных концевых мер длины, составить блоки плиток концевых мер по заданным размерам.

3.2 Оборудование рабочего места

Набор плоскопараллельных концевых мер длины; принадлежности к наборам плоскопараллельных концевых мер.

3.3 Общие сведения

Плоскопараллельные концевые меры длины составляют основу современных линейных измерений, их применяют для проверки приборов, мер, калибров, а также для точной разметки, наладки станков и настройки приборов при измерениях. Основное их назначение – обеспечение единства мер.

Плоскопараллельные концевые меры длины представляют собой прямоугольные бруски (рисунок 3.1) из закаленной стали или твердого сплава, размер которых определяется расстоянием между двумя рабочими плоскостями при температуре 20°C.

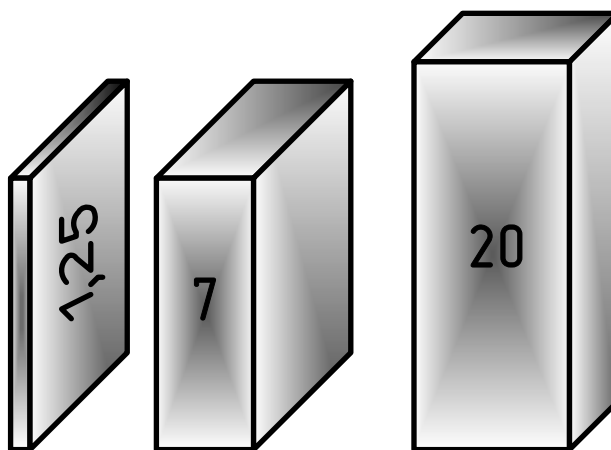


Рисунок 3.1 – Плоскопараллельные концевые меры длины

Согласно ГОСТ 9038-90 за длину концевой меры принимается длина перпендикуляра, опущенного из середины одной из измерительных поверхностей на ее противоположную измерительную поверхность (рисунок 3.2). Обе измерительные поверхности отличаются от других поверхностей меры малой шероховатостью (среднее арифметическое отклонение профиля $Ra \leq 0,016$ мкм). Кроме величины размера, концевые меры характеризуются плоскопараллельностью рабочих поверхностей. *Отклонение от плоскопараллельности* определяется как наибольшая разность по абсолютной величине между длиной концевой меры в середине и любой точке рабочей поверхности плитки (таблица 3.1).

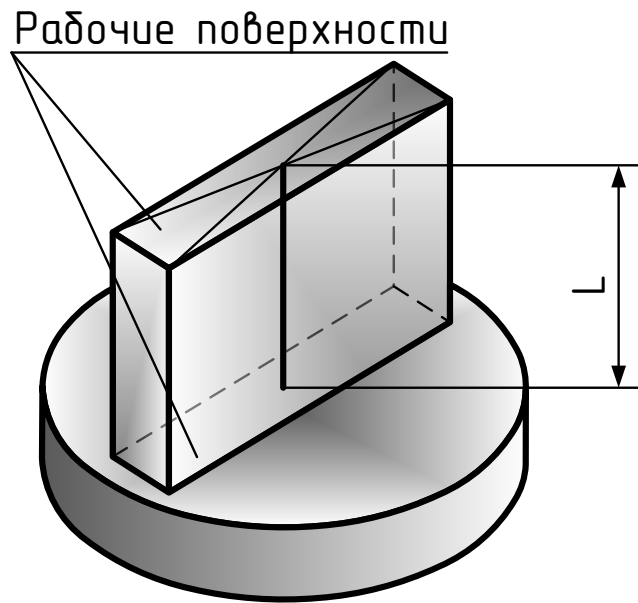


Рисунок 3.2 – Рабочий размер концевой меры

Таблица 3.1 – Допускаемые отклонения длины концевых мер от номинальной и отклонения от плоскопараллельности измерительных поверхностей

Номинальные значения длины концевых мер, мм	Допускаемые отклонения											
	длины от номинального значения \pm , мкм, для классов точности						от плоскопараллельности, мкм, для классов точности					
	00	01	0	1	2	3	00	01	0	1	2	3
До 0,29	-	-	-	0,20	0,40	0,80	-	-	-	0,16	0,30	0,30
Св. 0,29 до 0,9	-	-	0,12	0,20	0,40	0,80	-	-	0,10	0,16	0,30	0,30
Св. 0,9 до 10	0,06	0,20	0,12	0,20	0,40	0,80	0,05	0,05	0,10	0,16	0,30	0,30
Св. 10 до 25	0,07	0,30	0,14	0,30	0,60	1,20	0,05	0,05	0,10	0,16	0,30	0,30
Св. 25 до 50	0,10	0,40	0,20	0,40	0,80	1,60	0,06	0,06	0,10	0,18	0,30	0,30
Св. 50 до 75	0,12	0,50	0,25	0,50	1,00	2,00	0,06	0,06	0,12	0,18	0,35	0,40
Св. 75 до 100	0,14	0,60	0,30	0,60	1,20	2,50	0,07	0,07	0,12	0,20	0,35	0,40
Св. 100 до 150	0,20	0,80	0,40	0,80	1,60	3,00	0,08	0,08	0,14	0,20	0,40	0,40
Св. 150 до 200	0,25	1,00	0,50	1,00	2,00	4,00	0,09	0,09	0,16	0,25	0,40	0,40

По точности изготовления в соответствии с ГОСТ 9038-90 концевые меры выпускаются пяти классов: 00, 0, 1, 2, 3, а для мер, находящихся в эксплуатации, стандарт предусматривает дополнительно 4-й и 5-й классы. В стандарте приведены допускаемые отклонения концевых мер от номинального значения и от плоскопараллельности измерительных поверхностей для каждого класса точности. Помимо классов точности, для оценки точностных данных концевой меры длины используется понятие разряда концевых мер, которые характеризуются пределом допускаемой погрешности измерения (аттестации) ее длины, а также требованием к плоскопараллельности. У нас в стране установлено пять разрядов: 1, 2, 3, 4, 5. В аттестате концевой меры длины указывают номинальный размер меры, отклонения от номинального размера и разряд. При пользовании такими мерами за размер каждой из них принимают действительный размер, указанный в аттестате. В этом случае погрешность изготовления меры не будет влиять на точность измерения независимо от их принадлежности к тому или иному классу, что позволяет производить более точное измерение.

Так как рабочие поверхности концевых мер длины весьма точно обработаны путем шлифования и доводки, они обладают свойством притираемости. Под *притираемостью* понимается способность мер прочно сцепляться рабочими поверхностями между собой при надвигании одной меры на другую, образуя блок. Притираемость мер обеспечивается за счет молекулярных сил сцепления. Благодаря притираемости можно собирать блоки любых размеров (рисунок 3.3). Составление блока из концевых мер производится в соответствии с классом и разрядом плиток. Блок должен быть составлен из минимального количества плиток, но не более пяти.

Концевые меры выпускаются наборами № 1...№ 19 и спецнаборами № 20...№ 22, которые отличаются друг от друга количеством мер, размерами мер и градацией их (рисунок 3.4). Наиболее распространенными являются наборы № 1 (83 меры), № 2 (38 мер), № 6 (11 мер) и № 16 (19 мер). Состав плиток в наборах № 1 и 2 указан в таблице 3.2. В некоторые наборы входят защитные плитки, основной функцией которых является защита рабочих поверхностей концевых мер. Защитные плитки имеют с одного края срез или скругление.

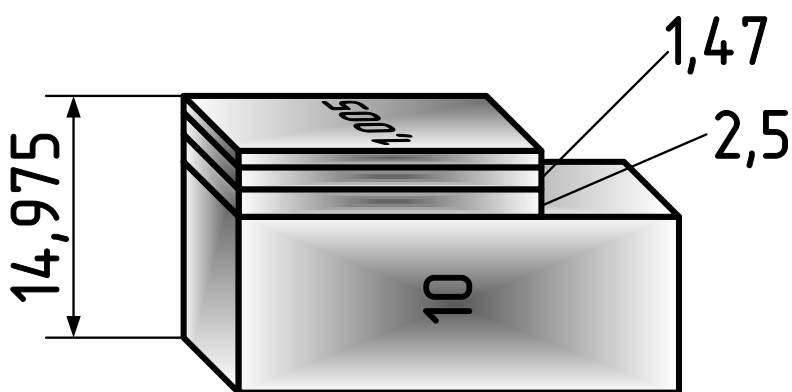


Рисунок 3.3 – Блок плоскопараллельных концевых мер



Рисунок 3.4 – Набор плоскопараллельных концевых мер

Таблица 3.2 – Состав плиток в наборах № 1 и 2

Номер набора	Кол. мер в наборе	Градации	Значение	Кол.
1	83		1,005	1
		0,01	От 1 до 1,5 вкл.	51
		0,1	от 1,6 до 2 вкл.	5
		–	0,5	1
		0,5	От 2,5 до 10 вкл.	16
		10	от 20 до 100 вкл.	9
2	38	–	1,005	1
		0,01	От 1 до 1,1 вкл.	11
		0,1	от 1,2 до 2 вкл.	9
		1	от 3 до 10 вкл.	8
		10	От 20 до 100 вкл.	9

Для более широкого использования концевых мер выпускают *специальные принадлежности* (рисунок 3.5). В число их входят различные боковички: плоскопараллельные, радиусные, центровые и чертильные, а также державки (струбцины) для крепления блоков концевых мер с боковичками.



Рисунок 3.5 – Набор принадлежностей к плоскопараллельным концевым мерам

Боковички притираются к блоку и дают возможность получать после установки в державке цельный инструмент (рисунок 3.6), используемый для точных замеров, установки инструментов при относительных методах измерения, точной разметки наружных и внутренних размеров деталей. По назначению концевые меры длины делятся на образцовые и рабочие. Концевые меры, служащие для проверки и градуировки измерительных средств, называются *образцовыми*. Меры, применяемые для измерения размеров деталей, называются *рабочими*.

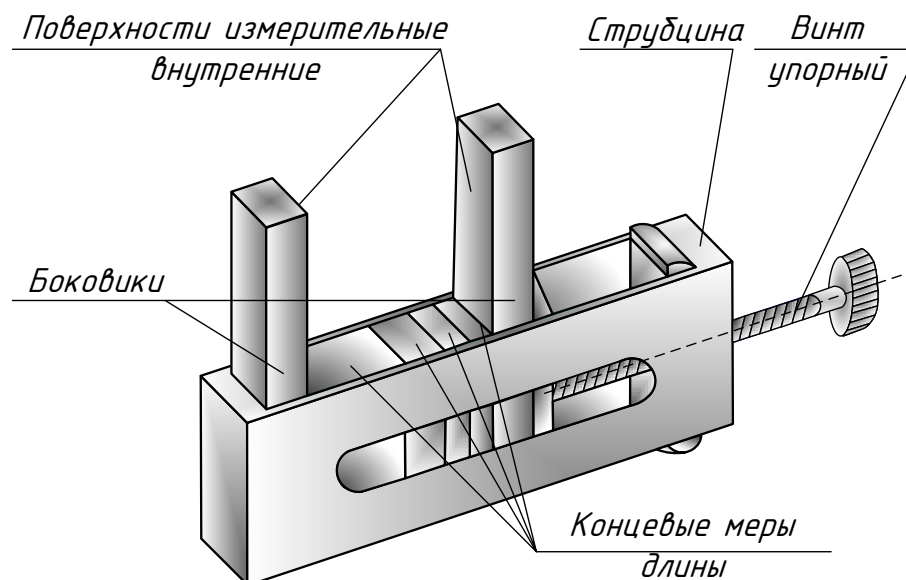


Рисунок 3.6 – Использование принадлежностей для концевых мер

При работе с концевыми мерами в общем случае, если в наборе нет меры требуемого номинального размера, составляют блок из возможно меньшего числа мер, для чего сначала рассчитывают и подбирают концевые меры длины.

3.4 Расчет размеров плоскопараллельных концевых мер для составления их в блоки

Прежде чем приступить к работе с концевыми мерами, необходимо по данному размеру предварительно рассчитать, какие меры нужно взять для данного блока. Количество мер в блоке должно быть минимальным, так как погрешность блока складывается из погрешностей отдельных мер.

Определение номинальных размеров мер для составления блока начинают с концевой меры, у которой размер совпадает несколькими (или одной) последними цифрами с размером блока. Затем из размера блока вычитывают размер первой меры и вторую меру, совпадающую несколькими (или одной) последними цифрами с остатком. Дальнейший расчет проводится в той же последовательности, что обеспечивает наименьшее количество мер в блоке и повышает точность размеров блоков.

Пример. Требуется набрать размер 46,625 мм. Имеется набор концевых мер № 1, класс точности 2.

Выбираем первую меру размером 1,005 мм, исключая при этом последнюю значащую цифру. Остается размер $46,625 - 1,005 = 45,62$ мм. Берем вторую меру 1,12 мм, тогда остаток составит $45,62 - 1,12 = 44,5$ мм. Здесь часто допускается ошибка: берется мера 1,02 мм, исключая только последнюю значащую цифру, в результате пришлось бы взять лишнюю меру 1,6 мм и далее 3 мм и 40 мм; получится блок из пяти мер. Вот почему вторую плиту необходимо брать таким образом, чтобы в остатке в десятых долях миллиметра оставалась цифра 5 или 0. Это даст возможность воспользоваться плитками с градацией 0,5 мм. В нашем случае третья мера будет 4,5 мм и четвертая 40 мм. Таким образом, размер 46,625 мм составлен при помощи 4-х мер: 1,005; 1,12; 4,5; 40 мм (таблица 3.3).

Выбранные для составления блока плитки предварительно очищают от смазки, промывают бензином и вытирают насухо чистой салфеткой. Подготовленные для блока меры притирают при их относительном перемещении под небольшим давлением.

При составлении блока сначала притирают меры с номинальными размерами, выраженными целыми числами миллиметров, а затем притирают к ним концевые меры длины в порядке нарастания числа десятичных знаков в обозначении их размера.

После окончания работы с блоком его разбирают, концевые меры длины вторично промывают бензином, протирают салфеткой, смазывают и укладывают в футляры.

Таблица 3.3 – Состав плиток в наборах № 1 и 2

Размер, мм	Размер плитки, мм	Расчет	Погрешность меры (допускаемые отклонения длины от номинального значения), мкм
46,625	1,005	$46,625 - 1,005 = 45,62$	$\pm 0,4$
	1,12	$45,62 - 1,12 = 44,5$	$\pm 0,4$
	4,5	$44,5 - 4,5 = 40$	$\pm 0,4$
	40	$40 - 40 = 0$	$\pm 0,8$

Если при расчетах за размер каждой меры считать ее номинальный размер, а не действительный, указанный в аттестате на плитки, то такое использование мер называют применением их по классам. Предельная погрешность блока может быть определена в этом случае по формуле

$$\Delta_{lim,k} = \sqrt{\sum_{i=1}^k \Delta_{lim,i}^2}, \quad (3.1)$$

где $\Delta_{lim,k}$ – предельная погрешность блока, состоящего из k мер данного класса точности;

$\Delta_{lim,i}$ – предельная погрешность i -ой концевой меры, входящей в блок, для данного класса точности (таблица 3.1).

Для данного примера

$$\Delta_{lim,k} = \sqrt{0,4^2 + 0,4^2 + 0,4^2 + 0,8^2} = \pm 1,06 \text{ мкм.}$$

3.5 Содержание и порядок выполнения работы

3.5.1 Набрать размеры из плоскопараллельных концевых мер согласно варианту (таблица 3.4).

3.5.2 Определить погрешность измерения (таблица 3.1) для каждой плитки.

3.5.3 Определить погрешность измерения для блока плиток по формуле (3.1).

3.5.4 Записать результаты в таблицу 3.2 протокола.

3.6 Контрольные вопросы

1 Что такое плоскопараллельные концевые меры длины и какова область их применения?

2 Что такое классы и разряды концевых мер и чем они характеризуются?

3 Какие дополнительные принадлежности выпускаются для более широкого применения плоскопараллельных концевых мер?

4 Какие существуют наборы концевых мер?

5 Правила пользования концевыми мерами. Как составляется блок концевых мер?

6 Как определяют погрешность блока концевых мер длины?

Таблица 3.3 – Варианты заданий

Вариант	Размеры, мм			№ набора мер	Вариант	Размеры, мм			№ набора мер
1	19,450	91,190	15,855	1	14	12,245	55,470	88,655	2
2	28,965	35,440	125,655	2	15	49,850	79,120	18,285	1
3	61,410	66,180	142,265	1	16	55,650	91,455	28,710	2
4	121,140	72,415	25,455	2	17	72,430	28,275	50,750	1
5	46,555	99,130	42,110	1	18	12,115	68,610	122,285	2
6	49,990	42,485	51,710	2	19	12,980	65,425	48,580	1
7	61,455	53,625	77,410	1	20	51,485	15,670	88,670	2
8	10,990	62,460	10,985	2	21	64,450	105,425	21,715	1
9	86,540	34,825	86,550	1	22	25,810	96,535	85,440	2
10	31,425	98,980	91,195	2	23	79,145	141,950	54,660	1
11	84,545	45,250	122,950	1	24	55,250	60,990	79,410	2
12	15,685	55,450	75,235	2	25	22,250	75,255	44,750	1
13	66,665	24,655	18,810	1	26	21,825	91,170	54,460	2

Лабораторная работа № 4

ИЗМЕРЕНИЯ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТОМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: научиться применять штангенинструменты для измерения различных размеров с заданной точностью, определять годность детали.

4.1 Задание

- 1 Изучить устройство штангенинструментов, их метрологические характеристики и область применения.
- 2 Овладеть приёмами измерения штангенинструментом.
- 3 Провести измерения внутренних и наружных диаметров штангенциркулем.
- 4 Измерить штангенглубиномером глубину внутренней проточки детали.
- 5 Определить высоту детали штангенрейсмасом.
- 6 По полученным результатам измерений сделать вывод о годности детали.

4.2 Оборудование рабочего места

- 1 Штангенциркуль.
- 2 Штангенглубиномер.
- 3 Штангенрейсмас.
- 4 Деталь.

4.3 Назначение и общее устройство штангенинструментов

Штангенинструменты – универсальные средства измерения для замера линейных величин с отсчетом по штриховой шкале либо цифровому дисплею. Они предназначены для абсолютных измерений линейных размеров, а также для воспроизведения размеров при разметке деталей.

К штангенинструментам относят штангенциркули, штангенглубиномеры и штангенрейсмасы (рисунок 4.1).

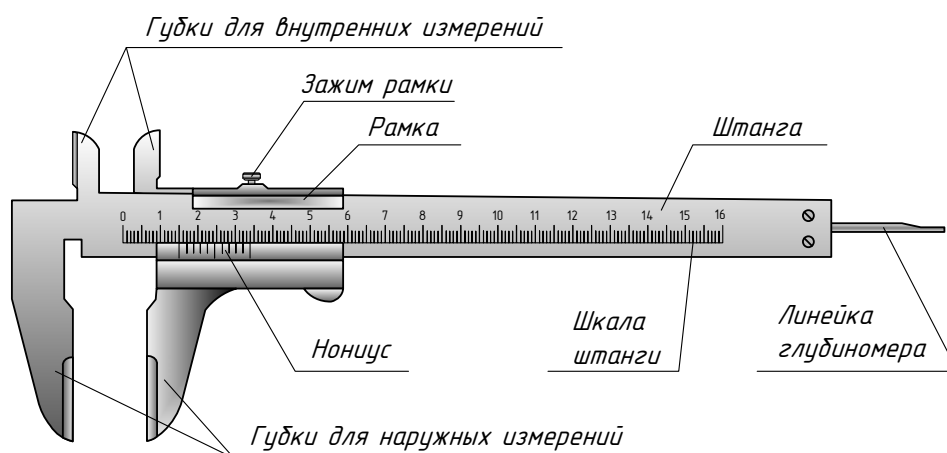
Устройство штангенинструментов определяется их назначением. В основе своей конструкции штангенинструменты имеют штангу (отсюда их название), на которой нанесена основная шкала. Кроме штанги с основной шкалой, составными частями штангенинструментов являются подвижные и неподвижные губки, посредством которых производится измерение, а также перемещающаяся по специальной рамке вспомогательная шкала – *нониус* и фиксирующее приспособление. Неподвижные губки обычно выполняются совместно со штангой, а подвижные закреплены на рамке с *нониусом* или изготавливаются заодно с ней.

Качество современных штангенинструментов очень высокое. Применение нержавеющей сталей и сплавов обеспечивает антикоррозийные свойства инструмента, сопротивление износу и коррозии. Кроме металлических, выпускают также модели изготовленные из углепластика. Углепластиковые штангенинструменты удобны для измерения магнитов и имеют низкую теплопроводность, что уменьшает температурную погрешность при измерении.

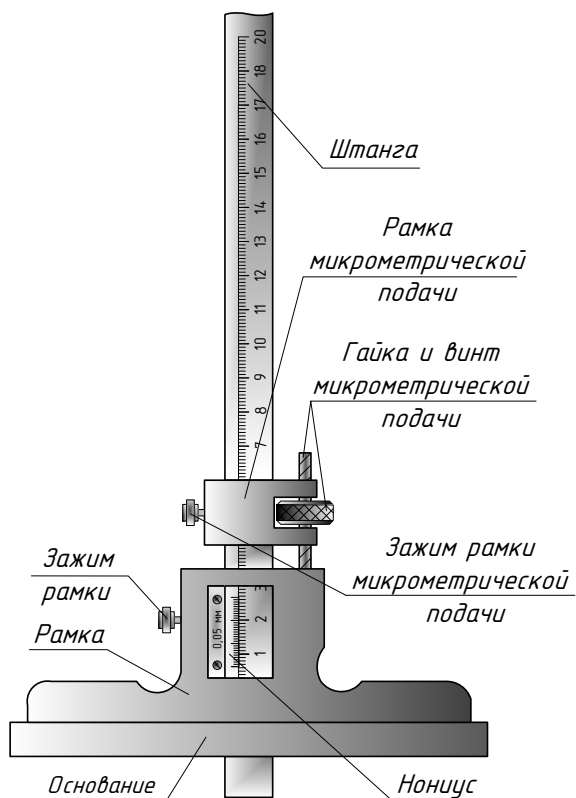
В России штангенинструменты выпускают инструментальные заводы – Челябинский (ЧИЗ) и Кировский (КРИН). Среди зарубежных фирм можно отметить Mitutoyo (Япония), Tesa (Швейцария), Carl Mahr (Германия).

В настоящее время выпускают три группы штангенинструментов:

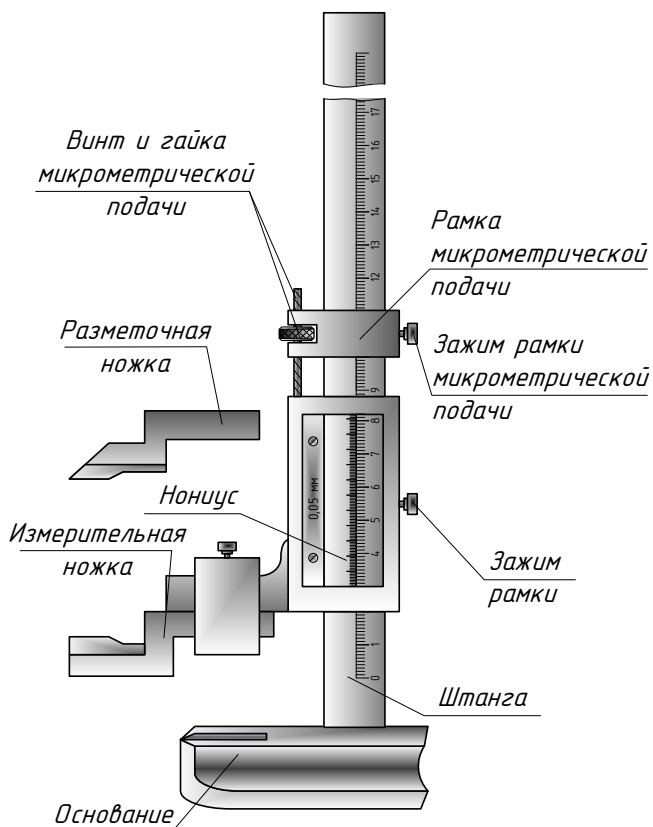
- механические штангенинструменты с отсчетом по штриховой шкале, оснащенные *нониусом* (рисунок 4.1);
- штангенинструменты с отсчетом по циферблату (рисунок 4.2);
- электронные штангенинструменты с цифровым отсчетом (рисунок 4.3).



Штангенциркуль



Штангенглубиномер



Штангенрейсмас

Рисунок 4.1 – Штангенинструменты



Рисунок 4.2 – Штангенинструменты с отсчетом по циферблату (стрелочные)



Рисунок 4.3 – Штангенинструменты с цифровым отсчетом (электронные)

4.4 Определение показаний по нониусу

По нониусу отсчитывают десятые и сотые доли миллиметра. Наибольшее распространение получили нониусы с точностью отсчета 0,1; 0,05 и 0,02 мм.

Принцип работы шкалы нониуса основан на том явлении, что человеческому глазу проще определить совпадение рисок делений на шкале, чем относительное смещение одного деления между другими. При этом для повышения точности измерения нониус имеет оригинальное конструктивное решение – на нем, как и на основной шкале нанесены 10 делений, обозначающих 1 мм каждое, но на шкале нониуса эти деления намеренно выполнены с погрешностью, равной требуемой точности измерения штангенинструмента. То есть если на основной шкале 10 делений соответствуют 10 мм, то на шкале нониуса, рассчитанной на точность измерения 0,1 мм, 10 делений будут соответствовать 9 мм. При выполнении измерений сдвиг между шкалами, обусловленный преднамеренной погрешностью нониуса, позволяет считывать результат в 10 раз точнее. Использование нониуса позволяет получать результаты измерений с точностью от десятых даже до сотых долей миллиметра.

❖ *Считается, что принцип нониуса был изобретён известным персидским ученым Авиценной (Абу Али ибн Синой) более тысячи лет назад. Название «нониус» это устройство получило в честь менее известного португальского математика П. Нуниша (1502–1578), который изобрёл первый измерительный прибор, использующий принцип, предложенный Авиценной. Современная конструкция шкалы была предложена в 1631 году французским математиком Пьером Вернье, в честь которого шкалу нониуса иногда называют «верньер».*

Для отсчета с помощью нониуса сначала определяют по основной шкале целое число миллиметров перед нулевым делением нониуса. Затем добавляют к нему число долей по нониусу в соответствии с тем, какой штрих шкалы нониуса ближе к штриху основной шкалы (рисунки 4.4 и 4.5).

1 Количество целых миллиметров отсчитывается по шкале штанги слева направо. Указателем служит нулевой штрих нониуса.

2 Для отсчета долей миллиметра необходимо найти тот штрих нониуса, который наиболее точно совпадает с одним из штрихов основной шкалы. После этого нужно умножить порядковый номер найденного штриха нониуса (не считая нулевого) на цену деления его шкалы (0,1 или 0,05 мм).

3 Результат измерения равен сумме двух величин: числа целых миллиметров и долей мм. Если нулевой штрих нониуса точно совпал с одним из штрихов основной шкалы, полученный размер выражается целым числом.

Таким образом, результат измерения A определяется как целое число делений основной шкалы N , установленное по нулевому делению шкалы нониуса, плюс дробная часть, то есть:

$$A = N + kL, \quad (4.1)$$

где N – целое число делений основной шкалы, ед.;

k – порядковый номер штриха, совпадающий с одним из штрихов основной шкалы, ед.;

L – цена деления нониуса, мм.

На рисунке 4.4 представлены показания штангенциркуля с ценой деления нониуса 0,1 мм. В первом случае они составляют: $4 + 6 \cdot 0,1 = 4,6$ мм, а во втором – $56 + 3 \cdot 0,1 = 56,3$ мм. На рисунке 4.5 представлены показания штангенциркуля с ценой деления нониуса 0,05 мм. В первом случае они составляют: $5 + 13 \cdot 0,05 = 5,65$ мм, а во втором – $18 + 12 \cdot 0,05 = 18,6$ мм.

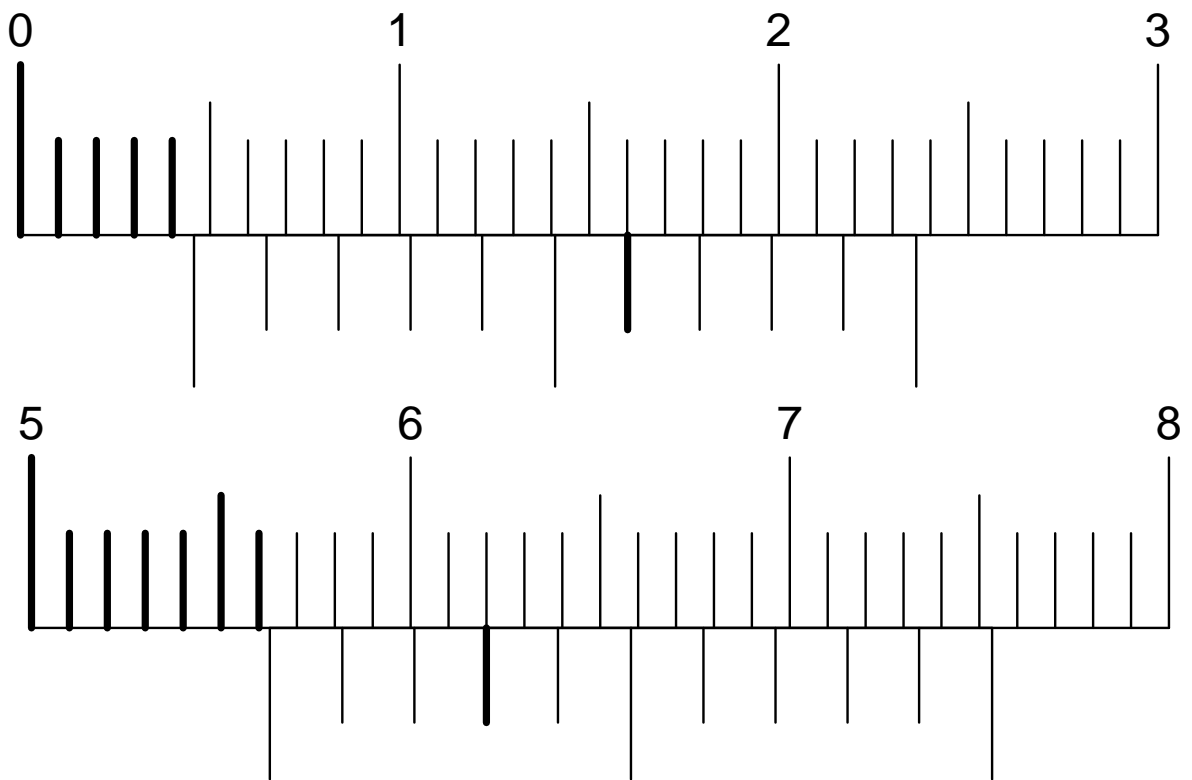


Рисунок 4.4 – Результаты измерения штангенинструментом с ценой деления нониуса 0,1 мм

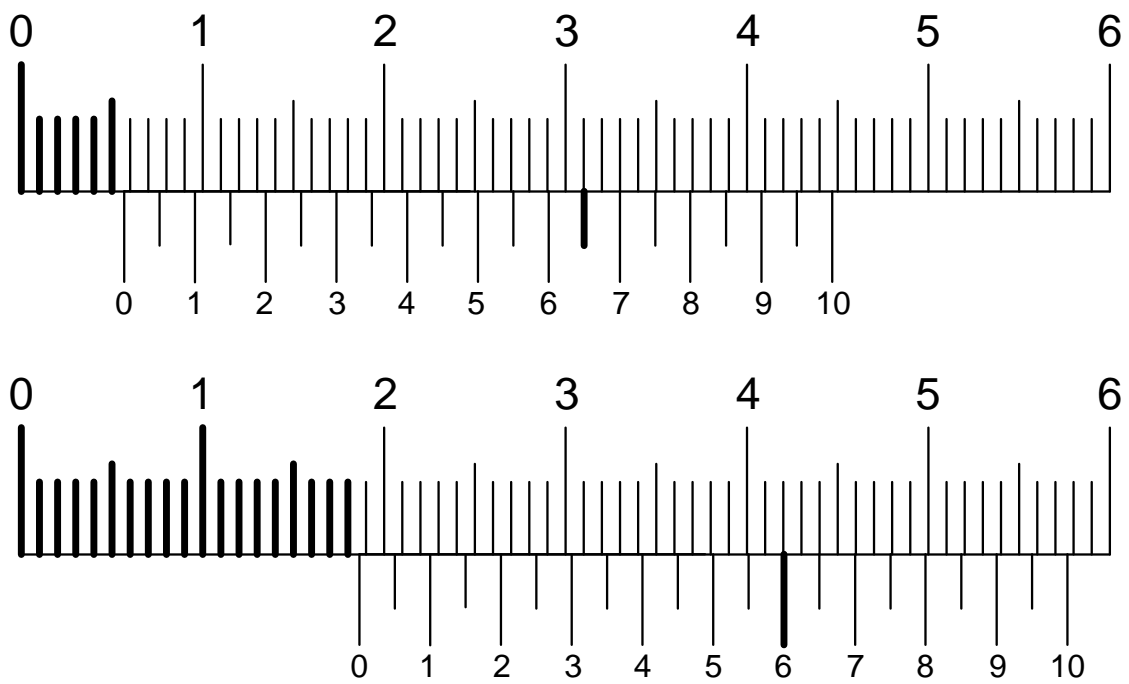


Рисунок 4.5 – Результаты измерения штангенинструментом с ценой деления нониуса 0,05 мм

4.5 Измерения штангенциркулем

Штангенциркуль – это измерительный инструмент, позволяющий определять внешние, внутренние размеры, а так же глубину отверстий и уступов (рисунок 4.6).

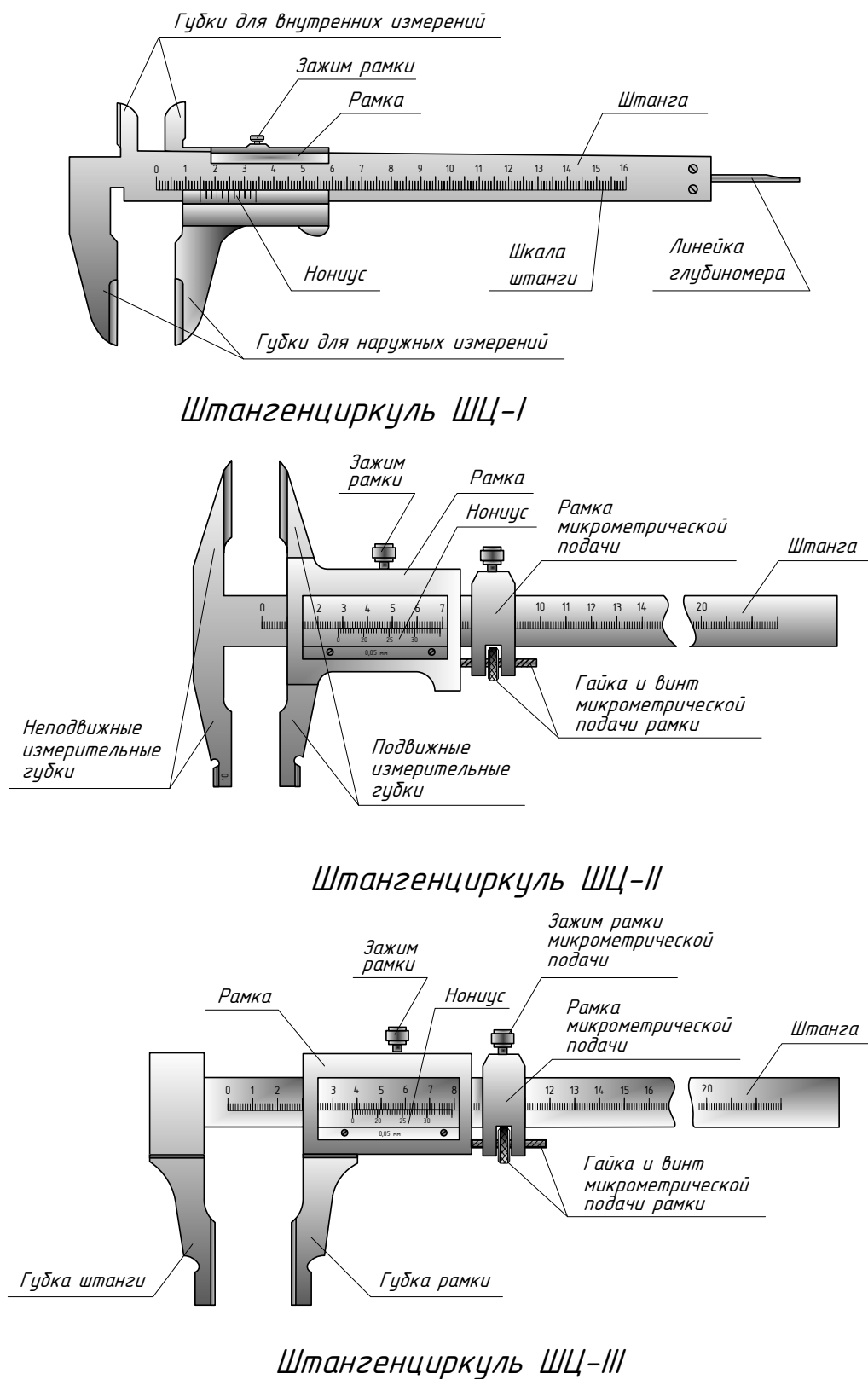


Рисунок 4.6 – Штангенциркули

Перед началом работы необходимо проверить установку штангенциркуля на «0». Для этого следует сдвинуть измерительные губки, не допуская перекосов и зазоров, до их соприкосновения и проконтролировать полное совпадение нулевых штрихов нониуса и основной шкалы. В противном случае при помощи винтов следует установить шкалу нониуса на «0». Лишь только после этой операции можно приступать к измерениям.

Измерения детали проводят следующим образом. Измерительными губками охватывают поверхность измеряемой детали. При этом между губками и измеряемой деталью не должно быть никакого просвета. При измерении небольшое усилие (0,1 – 0,2 кг) прикладывается к губкам инструмента, но не к рамке. Затем зажимом (винтом) фиксируют рамку и снимают показания измерения (рисунок 4.7).

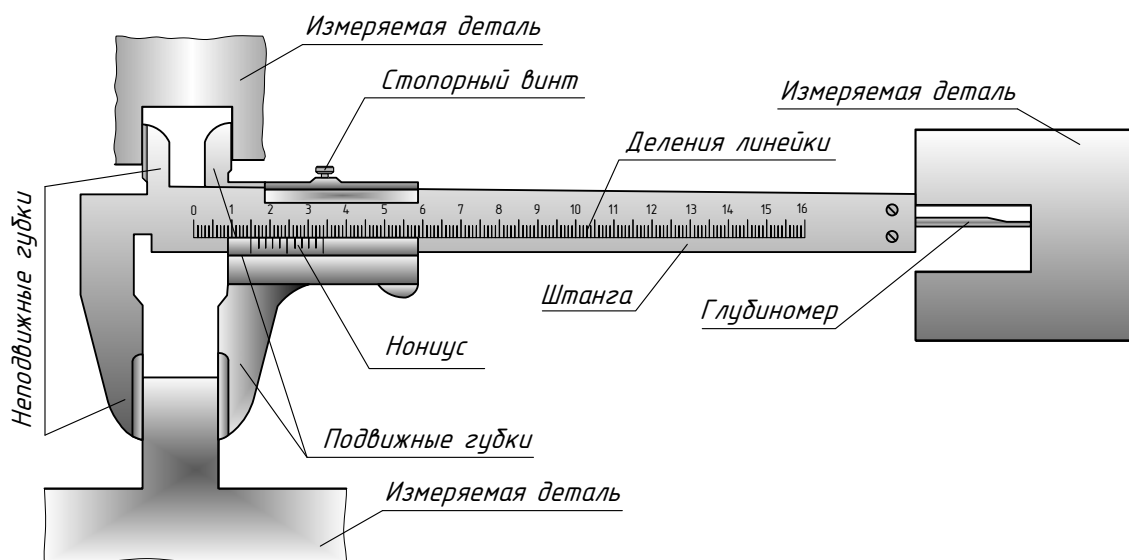


Рисунок 4.7 – Измерение штангенциркулем

При проведении слесарных работ для разметки на различных поверхностях, в том числе и закаленных, используют разметочные штангенциркули, имеющие твердосплавные губки или сменные твердосплавные насадки к губкам (рисунок 4.8).

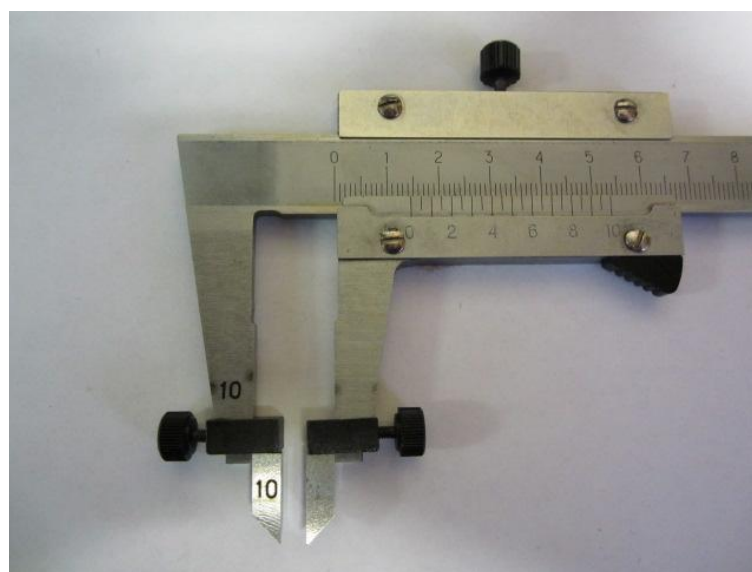


Рисунок 4.8 – Сменные твердосплавные насадки для разметки к губкам о штангенциркуля

4.6 Измерения штангенглубиномером

Перед тем как приступить к измерению, необходимо проверить правильность настройки инструмента на «0». Для этого штангенглубиномер устанавливают на поверочную плиту и опускают рамку до соприкосновения с плитой. При этом нулевой штрих нониуса и основной шкалы штанги должны совпадать. В противном случае при помощи регулировочных винтов следует установить шкалу нониуса на «0».

Глубину (высоту) стенок детали определяют следующим образом. Рамку штангенглубиномера устанавливают на торцовую поверхность стенок детали и опускают штангу во внутрь до соприкосновения с поверхностью относительно которой проводят измерение. При этом осуществляют строгий контроль над контактами штанги и рамки инструмента с поверхностями детали, где не должно быть никакого просвета. После этого зажимом (винтом) фиксируют рамку и снимают показания измерения (рисунок 4.9).

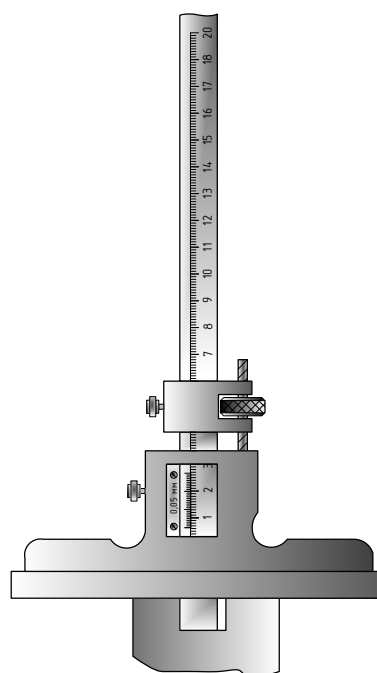


Рисунок 4.9 – Измерение штангенглубиномером

4.7 Измерения штангенрейсмасом

Перед измерениями, следует проверить правильность настройки инструмента на «0». Для этого необходимо: установить штангенрейсмас (см. рисунок 5) на поверочную плиту, опустить рамку до соприкосновения ножки с плитой и проконтролировать совпадение нулевых штрихов нониуса и основной шкалы. В противном случае при помощи регулировочных винтов переустановить шкалу нониуса на «0».

Измерения высоты детали проводят следующим образом. Деталь устанавливают на плиту под ножку штангенрейсмаса. Затем опускают рамку до соприкосновения ножки с поверхностью детали, контролируя обеспечение должного контакта. Потом зажимом (винтом) фиксируют рамку и снимают показания измерения (рисунок 4.10).

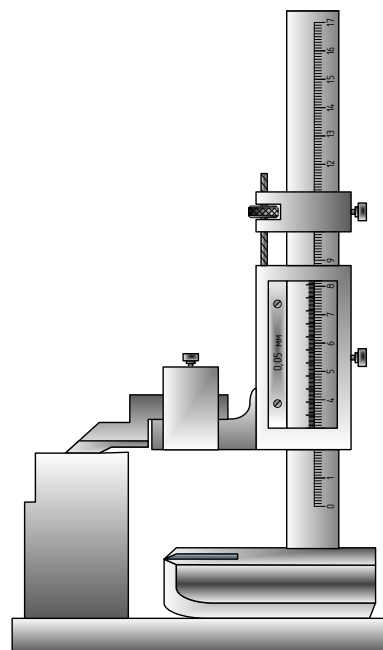


Рисунок 4.10 – Измерение штангенрейсмасом

4.8 Погрешность измерения с помощью штангенинструментов

Суммарная погрешность измерения с помощью штангенинструментов состоит из следующих составляющих:

– погрешность δ_1 , возникающая от ошибок нанесения штрихов шкалы на штанге и на нониусе;

– погрешность δ_2 , возникающая из-за нарушения принципа Аббе. Это случайная погрешность первого порядка, зависящая от длины губок, зазоров в направляющей ползуна и усилия прижима губки к измеряемой детали;

❖ **Принцип Аббе** (компараторный принцип, принцип последовательного расположения) заключается в следующем: линия измерения должна являться продолжением линии рабочих (снимающих размер) элементов измерительного прибора, т. е. необходимо, чтобы ось шкалы прибора располагалась на одной прямой с контролируемым размером проверяемой детали. Если этот принцип не выдерживается, то перекос и не параллельность направляющих измерительного прибора вызывают значительные погрешности измерения.

Это положение было впервые высказано немецким физиком Эрнстом Аббе в 1890 г. на съезде в Бремене. Оно легло в основу устройства ряда измерительных приборов, сконструированных фирмой К. Цейса в Йене и получило название принцип Аббе.

– погрешность δ_3 , возникающая из-за ошибок отсчета по штриховой шкале и нониусу;

– погрешность δ_4 , возникающая из-за неодинакового усилия прижима губки к измеряемой детали;

– погрешность δ_5 , возникающая из-за отклонений температуры изделия и штангенинструмента от нормальной температуры;

– погрешность δ_6 , возникающая от перекосов губок штангенинструмента относительно измеряемой детали.

Суммарная погрешность определяется суммой квадратов всех перечисленных погрешностей:

$$\Delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2}. \quad (4.2)$$

У электронного штангенциркуля дополнительно возникает погрешность δ_7 из-за ошибок емкостного преобразователя, но зато отсутствует погрешность штриховых шкал δ_1 и отсчета по ним δ_3 . Таким образом, погрешность электронного штангенциркуля может быть определена по формуле:

$$\Delta = \sqrt{\delta_2^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2 + \delta_7^2}. \quad (4.3)$$

У стрелочного штангенциркуля дополнительно возникает погрешность δ_8 из-за ошибок передаточного механизма индикатора, но при этом, как и у электронного штангенциркуля, отсутствует погрешность штриховых шкал δ_1 и отсчета по ним δ_3 . Таким образом, погрешность стрелочного штангенциркуля может быть определена по формуле:

$$\Delta = \sqrt{\delta_2^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2 + \delta_8^2}. \quad (4.4)$$

Из этих формул видно, что основные и наиболее значимые составляющие погрешности механического, стрелочного и электронного штангенинструмента – погрешности, обусловленные нарушением принципа Аббе и отклонением температуры. Поэтому наличие преобразователя и цифрового отсчета у электронного штангенинструмента и индикатора у стрелоч-

ного штангенциркуля не повышает точность, несмотря на меньшую дискретность отсчета и более удобное считывание показаний. Однако во всех случаях практически предельно допустимая погрешность измерения штангенинструментами будет более 50 мкм.

4.9 Содержание и порядок выполнения работы

4.9.1 Обозначить на эскизе размеры и их предельные отклонения (рисунок 4.1 протокола) согласно номеру детали (таблицы 4.1, А.1, А.2).

4.9.2 Определить допустимую погрешность измерения δ (таблица А.3) согласно заданных размеров.

4.9.3 Определить инструмент для измерения размеров (таблица А.4).

4.9.4 Записать результаты в таблицу 4.1 протокола.

4.9.5 Сделать заключение о пригодности инструмента к достоверному измерению.

4.9.6 Провести измерения размеров D_1, d_2, D_3, L_1, L_2 (в трёхкратной повторности в одной плоскости примерно через 120°) и записать полученные результаты в таблицы 4.2, 4.3, 4.4 протокола. Определить действительные размеры детали, как среднеарифметическое значение по результатам измерений.

4.9.7 Записать полученные результаты в таблицу 4.5 протокола. По каждому из значений составляется заключение о годности размера. Деталь признаётся годной, если действительный размер не выходит за предельные допустимые значения, т.е. действительный размер находится в интервале допустимых значений, ограниченных верхним и нижним отклонениями размера. Сделать вывод о годности детали.

4.10 Контрольные вопросы

- 1 Что такое действительный размер?
- 2 Какой размер детали считается годным?
- 3 К какому виду измерительного инструмента относится штангенинструмент?
- 4 Как проверить правильность настройки штангенинструмента?
- 5 Как определяется действительный размер?
- 6 Как определяются действительные отклонения?
- 7 Как проверить цену деления инструмента?
- 8 Правила проведения измерения штангенинструментом?
- 9 Шкала нониуса, принцип действия?
- 10 Перечислите основные элементы штангенинструмента.

Таблица 4.1 – Размеры деталей для лабораторной работы № 4 «Измерения штангенинструментом»

Номер детали	D_1	D_2	D_3	L_1	L_2
1	100H12	115h11	20H12	100h13	70h12
2	100H12	115h11	20H12	100h13	70h12
3	100H12	115h11	20H12	100h13	70h12
4	100,5H12	115,5h11	21H12	101h13	71h12
5	100,5H12	115,5h11	21H12	101h13	71h12
6	100,5H12	115,5h11	21H12	101h13	71h12
7	101H12	116h11	22H12	102h13	72h12
8	101H12	116h11	22H12	102h13	72h12
9	101H12	116h11	22H12	102h13	72h12

Продолжение таблицы 4.1

Номер детали	D ₁	D ₂	D ₃	L ₁	L ₂
10	101,5H12	116,5h11	23H12	103h13	73h12
11	101,5H12	116,5h11	23H12	103h13	73h12
12	101,5H12	116,5h11	23H12	103h13	73h12
13	102H12	117h11	24H12	104h13	74h12
14	102H12	117h11	24H12	104h13	74h12
15	102H12	117h11	24H12	104h13	74h12
16	102,5H12	117,5h11	25H12	105h13	75h12
17	102,5H12	117,5h11	25H12	105h13	75h12
18	102,5H12	117,5h11	25H12	105h13	75h12
19	103H12	118h11	26H12	106h13	76h12
20	103H12	118h11	26H12	106h13	76h12
21	103H12	118h11	26H12	106h13	76h12
22	103,5H12	118,5h11	27H12	107h13	77h12
23	103,5H12	118,5h11	27H12	107h13	77h12
24	103,5H12	118,5h11	27H12	107h13	77h12
25	104H12	119h11	28H12	107h13	78h12
26	104H12	119h11	28H12	107h13	78h12
27	104H12	119h11	28H12	107h13	78h12
28	104,5H12	119,5h11	29H12	108h13	79h12
29	104,5H12	119,5h11	29H12	108h13	79h12
30	104,5H12	119,5h11	29H12	108h13	79h12
31	105H12	120h11	30H12	109h13	80h12
32	105H12	120h11	30H12	109h13	80h12
33	105H12	120h11	30H12	109h13	80h12

Лабораторная работа № 5

ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОМЕТРИЧЕСКИМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: научиться применять микрометрический инструмент для измерения различных размеров с заданной точностью, определять годность детали.

5.1 Задание

- 1 Изучить устройство микрометрических инструментов, их метрологические характеристики и область применения.
- 2 Овладеть приёмами измерения размеров микрометрическими инструментами.
- 3 Провести измерения размеров детали микрометрическими инструментами.
- 4 Определить величины отклонений от круглости, цилиндричности и параллельности поверхностей детали.
- 5 По полученным результатам измерений сделать вывод о годности детали.

5.2 Оборудование рабочего места

- 1 Гладкий микрометр 100-125
- 2 Микрометрический нутромер 70-125.
- 3 Микрометрический глубиномер 50-100.
- 4 Деталь.

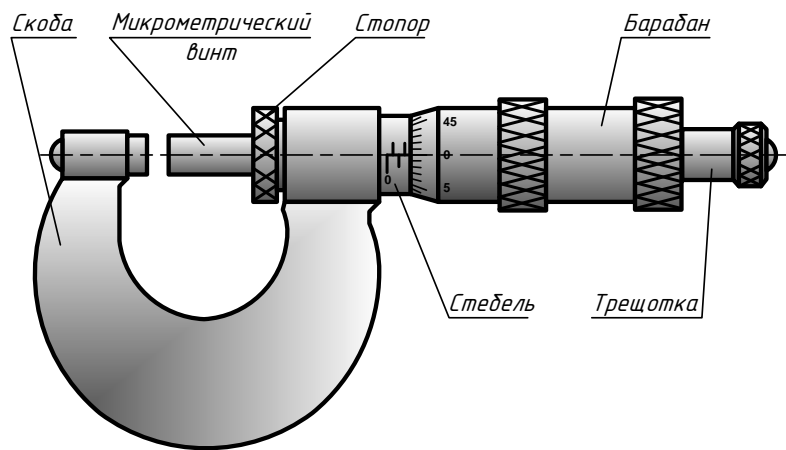
5.3 Микрометрические инструменты

К микрометрическим инструментам относятся гладкие микрометры, микрометрические нутромеры, глубиномеры, а также рычажные микрометры, которые предназначены для абсолютных измерений наружных и внутренних размеров, высот уступов, глубин отверстий и т. д. (рисунок 5.1). Принцип действия этих инструментов основан на использовании винтовой пары («винт-гайка») для преобразования вращательного движения микровинта в поступательное перемещение. Цена деления таких инструментов 0,01 мм.

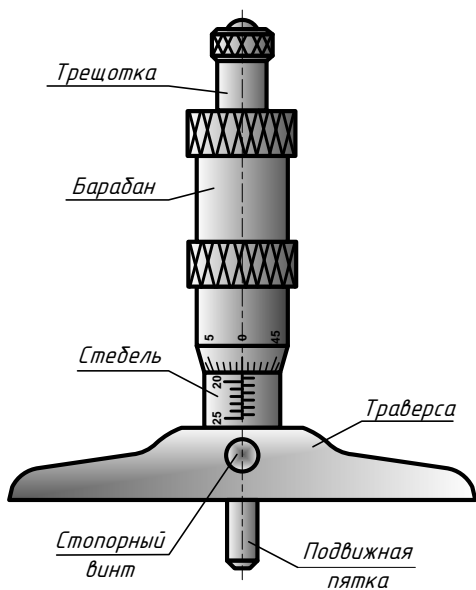
Классическая конструкция микрометра (рисунок 5.1) включает скобу с запрессованной неподвижной пяткой и стеблем (иногда стемель присоединяют к скобе резьбой). Внутри стебля с одной стороны имеется микрометрическая резьба с шагом 0,5 мм, а с другой – гладкое цилиндрическое отверстие, обеспечивающее точное направление перемещения микровинта. На винт насажен барабан, соединенный с трещоткой. Трещотка имеет на торце одно-сторонние зубья, к которым пружиной прижимается штифт, обеспечивающий постоянное усилие измерения. На микрометрическом нутромере трещотка отсутствует. Стопорное устройство служит для закрепления винта в нужном положении.

❖ *Конструкция микрометра впервые была запатентована французским изобретателем Жаном Лораном Палмером в 1848 году под названием «круговой штангенциркуль с круговым нониусом». Однако серийное производство микрометров началось лишь через несколько лет, - после посещения двумя американскими инженерами Д. Брауном и Л. Шарле Парижской выставки, где они увидели изобретение Ж. Палмера и организовали его серийным выпуск.*

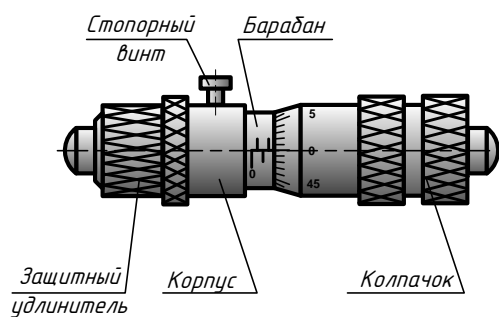
Микрометры – инструмент для измерения наружных диаметров, толщин и т.п. Благодаря простой конструкции, удобству в обращении и достаточно высокой точности измерений, они – самые употребляемые цеховые универсальные инструменты для линейных измерений.



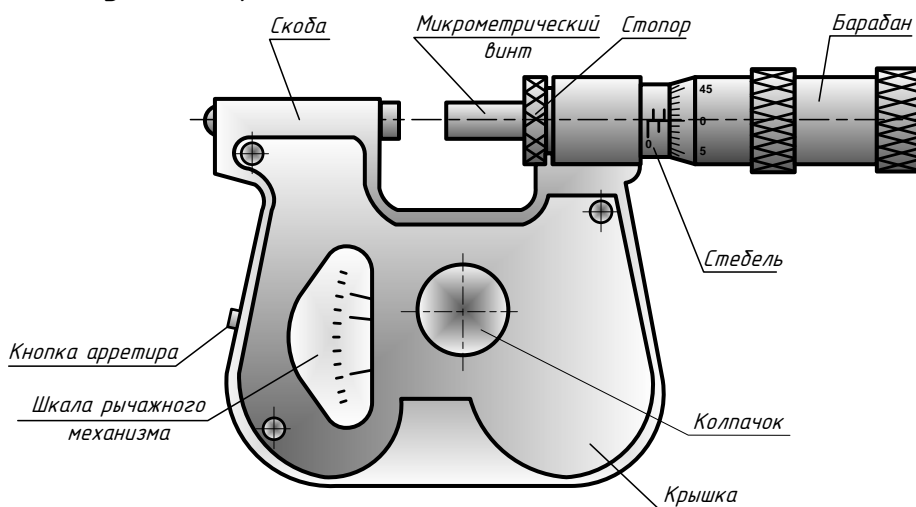
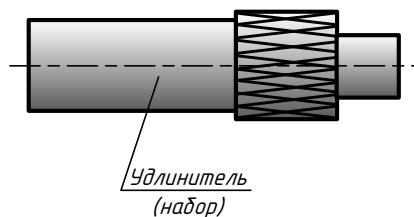
Микрометр



Микрометрический
глубиномер



Микрометрический
нутромер (штихмас)



Микрометр рычажный

Рисунок 5.1 – Микрометрические инструменты

Современные микрометры, микрометрические инструменты и приборы подразделяются на две группы:

- механические микрометрические инструменты со штриховой отсчетной шкалой;
- электронные микрометрические инструменты с цифровым отсчетом.

Согласно ИСО 3611-2010 микрометры со штриховым отсчетом называют микрометрами с аналоговой индикацией, а микрометры с цифровым отсчетом называют микрометрами с цифровой индикацией (рисунок 5.2).



Рисунок 5.2 – Микрометрические инструменты с цифровой индикацией

Изготавливают микрометры многие зарубежные и отечественные фирмы – Mitutoyo (Япония), Tesa (Швейцария), Carl Mahr (Германия), Челябинский инструментальный завод (ЧИЗ) и Кировский инструментальный завод (КРИН).

Качество современных микрометров очень высокое. Точный шлифованный винт, беззазорное соединение винта и гайки, твердосплавные торцевые измерительные поверхности обеспечивают плавное перемещение винта без биения торцевой поверхности. Применение нержавеющей сталей и термообработки обеспечивает антикоррозионные свойства инструмента, сопротивление износу и коррозии. Положительной особенностью микрометров является *соблюдение принципа Аббе*, что существенно повышает точность измерения.

Скобы современных высокоточных микрометров выполняют с теплоизолирующим покрытием, чтобы уменьшить погрешности, вызываемые тепловым расширением при контакте с руками. Для повышения износостойкости измерительные поверхности микрометров изготавливают из твердого сплава.

Резьба винта шлифуется на высокоточных станках. Микрометрическая пара в приборах оформлена в виде отдельного узла – микрометрической головки. Микрометрическая головка входит в состав микрометров различного назначения, нутромеров, глубиномеров, различных стационарных приборов в качестве измерительного узла или узла, задающего точные перемещения.

5.4 Механический микрометр со штриховым отсчетом

В головке микрометрический винт перемещается совместно с барабаном относительно стебля, жестко соединенного с микрометрической гайкой. Микрометрические головки обычно имеют две шкалы (рисунок 5.3): круговую для определения дробных долей оборота и линейную для определения числа полных оборотов микрометрического винта. Линейная шкала и продольный штрих нанесены на наружной поверхности стебля.

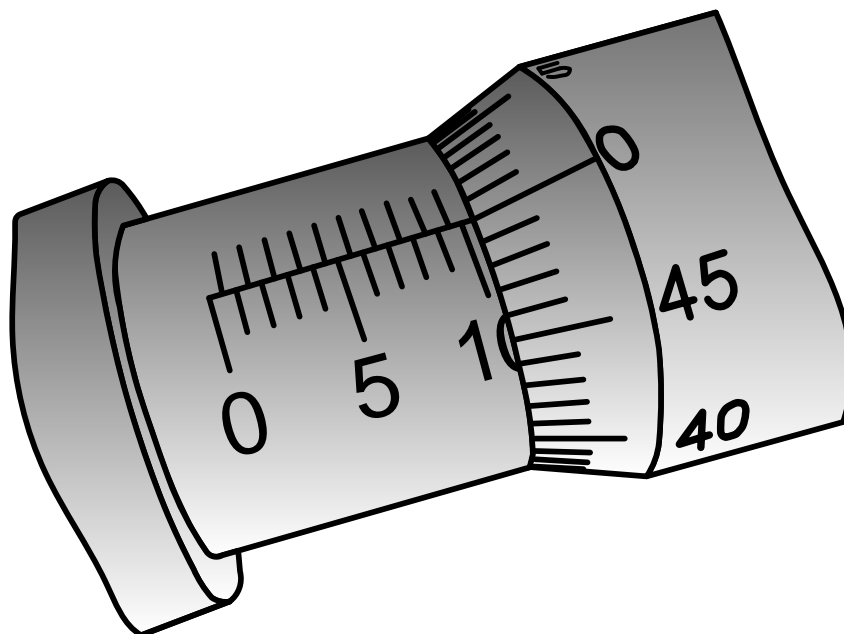


Рисунок 5.3 – Микрометрическая головка

Один оборот барабана микровинта соответствует перемещению торца микровинта на один шаг резьбы винта. В большинстве конструкций шаг резьбы винта составляет 0,5 мм. Продольная шкала имеет два ряда штрихов, расположенных по обе стороны горизонтальной линии и сдвинутых один относительно другого на 0,5 мм. Оба ряда штрихов образуют одну

продольную шкалу с ценой деления 0,5 мм, равной шагу микровинта. Круговая шкала обычно имеет 50 делений (при шаге винта 0,5 мм). По продольной шкале отсчитывают целые миллиметры и 0,5 мм, по круговой шкале – десятые и сотые доли миллиметра.

Для стабилизации измерительного усилия предусмотрено специальное устройство (трещотка, или фрикцион), закрепленное на барабане. С помощью этого устройства на измерительной поверхности микрометрического винта создается усилие, лежащее для большинства случаев применения микрометрических головок в пределах 5-10 Н.

5.5 Определение показаний прибора

Указателем при отсчете по шкале 2 стебля служит торец барабана, а продольный штрих 1 является указателем для круговой шкалы 3 (рисунок 5.4). Пронумерованная шкала стебля показывает количество миллиметров, а его дополнительная шкала служит для подсчета половин миллиметров.

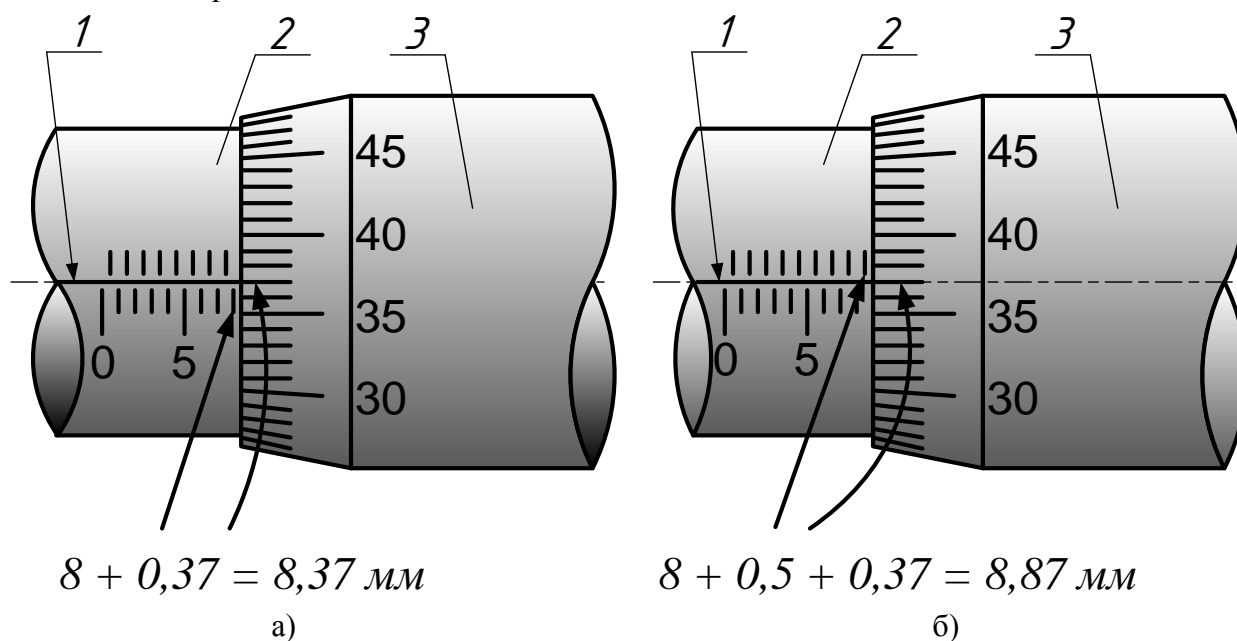


Рисунок 3.5 – Определение показаний микрометра

Отметим последний полностью открытый барабаном штрих миллиметровой шкалы стебля. Если правее этого штриха имеется открытый штрих дополнительной шкалы, нужно прибавить 0,5 мм к полученному значению.

При отсчете показаний круговой шкалы 3 в расчет берут то её значение, которое совпадает с продольным штрихом 1. Таким образом, на левом изображении (рисунок 5.4а) показания прибора составляют:

$$8 + 0,37 = 8,37 \text{ мм,}$$

а на правом изображении (рисунок 5.4б)

$$8 + 0,5 + 0,37 = 8,87 \text{ мм.}$$

Распространенной ошибкой является случай, когда неверно учитывают (или не учитывают) величину 0,5 мм. Это связано с тем, что ближайший к барабану штрих дополнительной шкалы может быть открыт частично. При необходимости можно проверить себя с помощью штангенциркуля.

Аналогично производится определение показаний измерений у микрометрического нутромера.

Особенность микрометрического глубиномера в том, что числовые значения штрихов шкалы стебля расположены, уменьшаясь при удалении барабана от траверсы прибора, так как соответственно уменьшаются размеры глубины измеряемого уступа. Это противоположно расположению цифр на шкале стебля гладкого микрометра. Числа значений штрихов на барабане микрометрического глубиномера также расположены противоположно числам и шкале барабана гладкого микрометра. Если на стебле гладкого микрометра отсчет показаний выполняется слева направо, то на стебле микрометрического глубиномера – справа налево (рисунок 5.5).

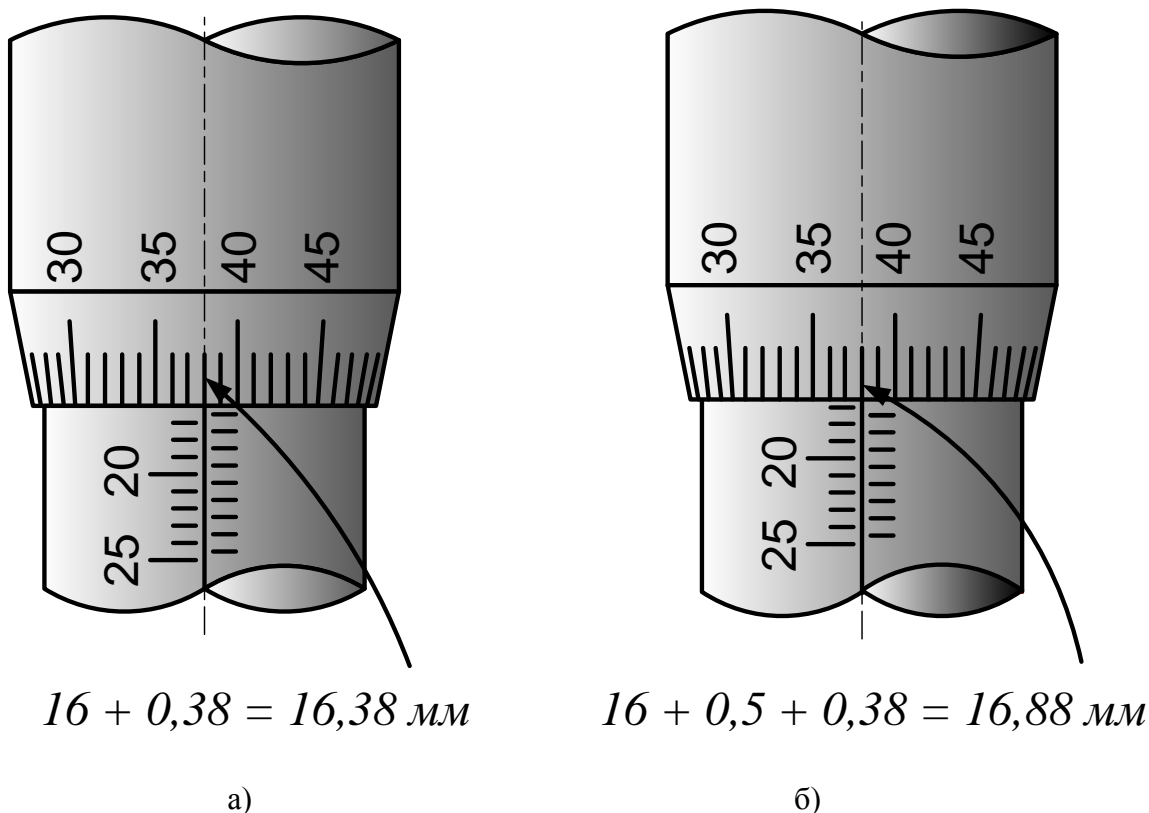


Рисунок 5.5 – Определение показаний микрометрического глубиномера

На левом изображении (рисунок 5.5а) показания прибора составляют:

$$16 + 0,38 = 16,38 \text{ мм},$$

а на правом изображении (рисунок 5.5б)

$$16 + 0,5 + 0,38 = 16,88 \text{ мм}.$$

5.6 Измерения микрометром

Микрометр является универсальным измерительным прибором, который предназначен для измерения контактным методом наружных линейных размеров детали с высокой точностью.

Перед началом работы необходимо проверить установку микрометра на «0». Для этого установить концевую меру длины, имеющуюся в комплекте поставки микрометра (установочная мера), между подвижной и неподвижной пяткой и вращая за ручку трещотку, зажать

концевую меру длины так, чтобы механизм трещотки издал 2 – 3 характерных щелчка. При этом нулевой штрих шкалы барабана должен совпадать с нулевым горизонтальным штрихом неподвижной шкалы (шкалы стебля). Если такого совпадения нет, то микрометрический инструмент необходимо настроить.

Настройку микрометра проводят следующим образом. В положении плотного соприкосновения измерительных поверхностей микрометра и установочной меры закрепить стопорным винтом вращение микрометрического винта до полной его фиксации. Разъединить барабан микровинта, для чего охватить левой рукой барабан, а правой рукой отвернуть корпус на 1 – 1,5 оборота. Совместить нулевой штрих шкалы барабана с нулевым штрихом стебля и плотно навернуть корпус трещотки на барабан. Если установка на «0» с первого раза не удалась, то ее повторяют до тех пор, пока не будет достигнута необходимая точность совпадения нулевых штрихов.

При измерении детали (рисунок 5.6) рабочие поверхности микрометра разводят на величину чуть большую, чем размер измеряемой поверхности, иначе при работе можно её поцарапать. Пятку слегка прижимают к детали и вращают микрометрический винт с помощью трещотки до соприкосновения его с измеряемой поверхностью. Трещотка служит для регулирования усилия натяга – делается обычно 3 – 5 щелчков. Положение микрометрического винта фиксируют с помощью стопорного устройства для того, чтобы не сбить показания при считывании значений со шкалы.

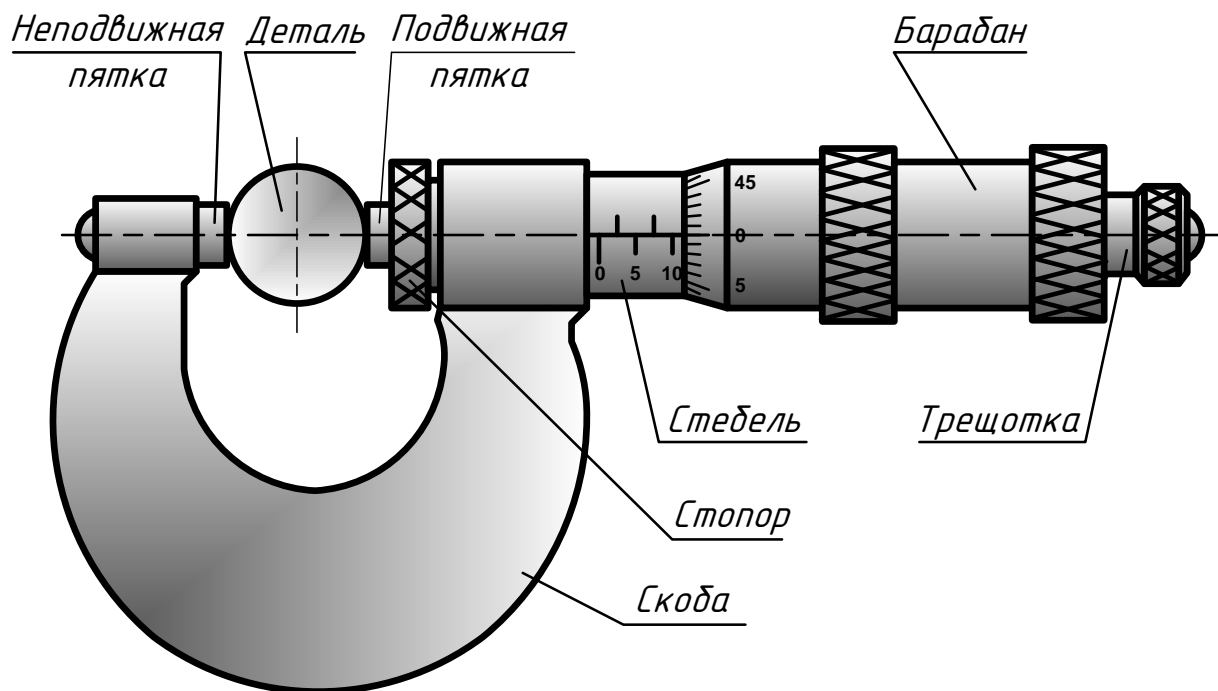


Рисунок 5.6 – Измерение наружного диаметра детали микрометром

В процессе работы с микрометром его следует держать за скобу таким образом, чтобы была видна шкала стебля, и показания можно было снять на месте.

При измерении диаметра вала, измерительные поверхности нужно выставлять в диаметрально противоположных точках. При этом пятка прижимается к валу, а микрометрический винт, который медленно вращают трещоткой, последовательно выравнивается в двух направлениях: осевом и радиальном.

5.7 Измерения микрометрическим глубиномером

Микрометрический глубиномер является универсальным измерительным прибором, который предназначается для измерения контактным методом глубины глухих отверстий, пазов, разного рода длин и высот ступенчатых поверхностей деталей с высокой точностью. Измерительными поверхностями являются нижняя плоскость основания траверсы глубиномера и торец сменного измерительного стержня.

Перед измерением микрометрический глубиномер с измерительным стержнем настраивается на «0» по прилагаемой к нему настроечной мере. Основание траверсы прижимается к плите, а затем вращением микрометрического винта за трещотку добиваются соприкосновения с плитой второй измерительной поверхности – торца сменного измерительного стержня. Сила, с которой при измерении основание необходимо прижать к детали, должна превышать измерительное усилие. При использовании остальных измерительных стержней глубиномер устанавливают на нуль по соответствующим установочным мерам.

Далее настройку микрометрического глубиномера производят так же, как и для микрометра. При отсчете размера по шкале глубиномера необходимо учесть, что деления на продольной шкале возрастают по направлению к основанию.

Измерения микрометрическим глубиномером (рисунок 5.7) необходимо выполнять в следующей последовательности:

- установить в отверстие микрометрического винта измерительный стержень, длина которого должна соответствовать глубине отверстия;
- установить микрометрический глубиномер на «0»;

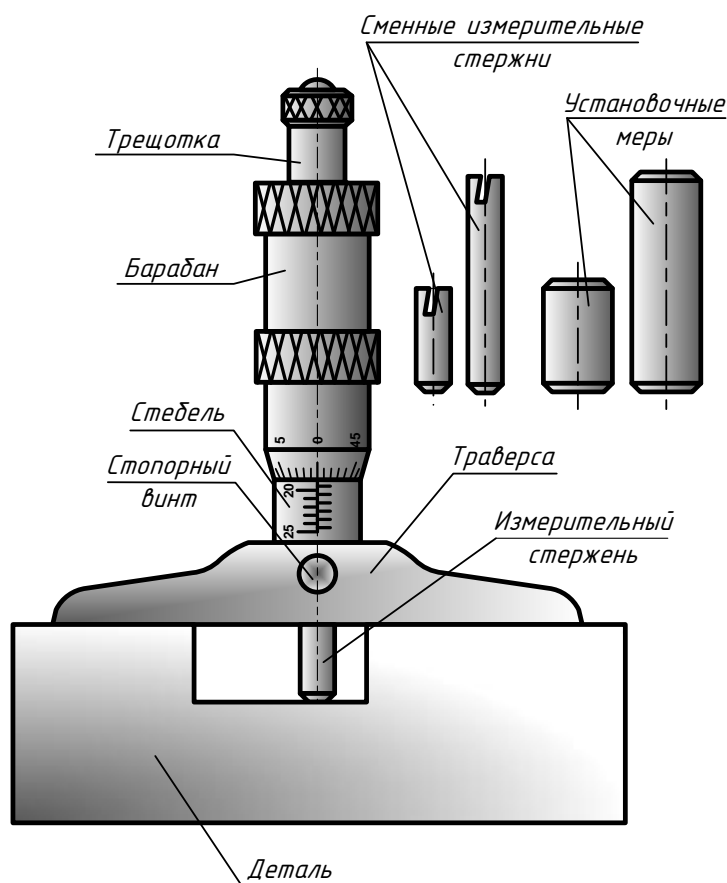


Рисунок 5.7 – Измерение детали микрометрическим глубиномером

- установить основание траверсы на базовую поверхность, относительно которой будут производиться измерения, и слегка притереть;
- вращая микрометрический винт за трещотку (3 – 5 щелчков), переместить измерительный стержень вниз до упора, при этом трещотка должна сделать 3 – 5 щелчков;
- зафиксировать положение микрометрического винта при помощи стопора и считать размер.

5.8 Измерения микрометрическим нутромером

Микрометрический нутромер (штихмас) является универсальным измерительным прибором, который предназначается для измерения контактным методом внутренних диаметров отверстий и других внутренних размеров различной конфигурации (например, ширину пазов). Измерительная головка микрометрического нутромера имеет устройство и систему отсчета аналогично микрометру гладкому, единственное отличие – это отсутствие трещотки. Поэтому, в процессе измерения необходимо вывинчивать микрометрический винт необходимо с особой осторожностью (не прилагать усилие более 0,05 кг) и фиксировать размер отверстия по внутреннему диаметру детали, располагая нутромер строго параллельно горизонтальной оси.

Нутромер настраивается на «0» по установочной мере (рисунок 5.8а), изготовленной в виде скобы, определяя расстояние между её внутренними измерительными плоскостями. Если нулевой штрих барабана не совпадает с нулевой продольной риской на стебле, то производят настройку инструмента. Для этого, не вынимая нутромера из установочной меры, стопорным винтом закрепляют микрометрический винт, после чего извлекают его из скобы. Затем, придерживая барабан, отвёртывают колпачок, отъединяя тем самым барабан от микровинта. Установив барабан в нужное положение, совместив нулевые штрихи барабана и стебля, завинчивают колпачок и вторично проверяют, правильно ли настроен нутромер, используя установочную меру.

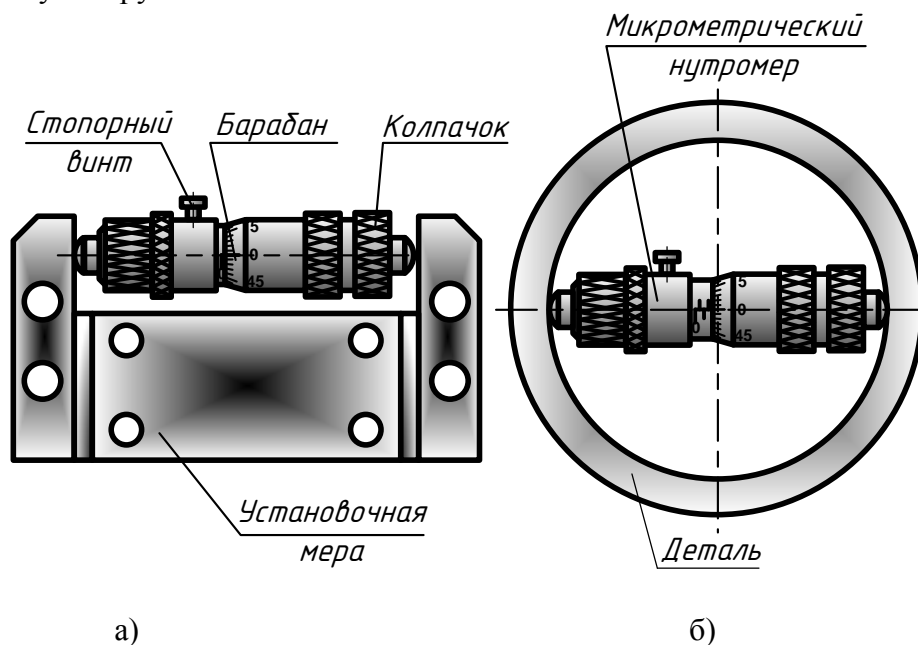


Рисунок 5.8 – Настройка и измерение детали микрометрическим нутромером

Для измерения диаметра отверстия микрометрический нутромер вводят в контролируемое отверстие (рисунок 5.8б), прижимая его левую измерительную поверхность левой рукой, а правой рукой, вращая барабан, вывинчивают микровинт до соприкосновения его с противоположной поверхностью отверстия. Нутромер при этом необходимо слегка покачи-

вать до ощущения лёгкого трения поверхностей нутромера и изделия. Находят наибольшее показание нутромера в одном положении. Только после этого нутромер извлекают из отверстия и определяют размер по шкалам микрометрической головки. Удлинители служат для присоединения к нутромеру, если размер измеряемой детали больше, чем максимальный размер нутромера без удлинителя (рисунок 5.9).

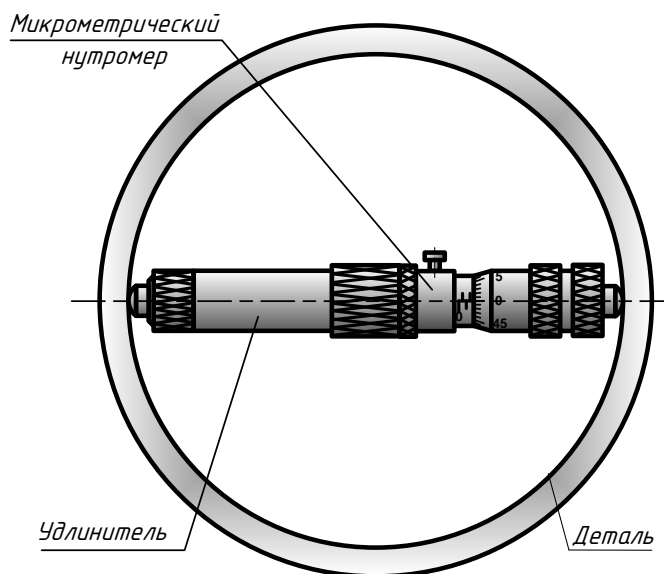


Рисунок 5.9 – Измерение детали микрометрическим нутромером с удлинителем

5.9 Погрешность при измерении микрометрическими инструментами

Погрешность при измерении микрометром и микрометрическим глубиномером

Суммарная погрешность измерения с помощью микрометра и микрометрического глубиномера состоит из следующих составляющих:

- погрешностей микрометрической головки;
- отклонения от плоскостности и от параллельности плоских измерительных поверхностей винта и пятки (при различных углах поворота микрометрического винта и при его стопорении);
- деформации скобы микрометра под действием измерительного усилия;
- погрешности установочных мер;
- существенной составляющей погрешности измерения микрометрами (особенно микрометрами больших размеров) является температурная погрешность, вызываемая как разностью температур измеряемой детали и микрометра, так и нагревом микрометра, а иногда и контролируемой детали, теплом рук контролера (для уменьшения последней погрешности в микрометрах для измерения размеров свыше 50 мм предусмотрены теплозащитные накладки);
- погрешность, возникающая у электронных микрометров из-за ошибок емкостного или индуктивного преобразователя.

Погрешность при измерении микрометрическим нутромером

- погрешность от смещения наконечников нутромера с оси измерения;
 - погрешность от смещения (перекоса) наконечников нутромера с линии измерения;
- погрешность от изгиба нутромера под действием собственного веса;
- погрешность от несовпадения осей стержней удлинителей;
 - погрешности установочных мер и настройки по ним;
 - температурная погрешность, вызываемая как разностью температур измеряемой детали и нутромера, так и нагревом нутромера теплом рук контролера (для уменьшения последней погрешности в нутромерах предусмотрены теплозащитные накладки или втулки).

5.10 Содержание и порядок выполнения работы

5.10.1 Обозначить на эскизе размеры и их предельные отклонения (рисунок 5.1а протокола) согласно номеру детали (таблицы 5.1, А.1, А.2). Записать результаты в таблицы 5.1, 5.2, 5.4, 5.5 протокола.

5.10.2 Определить допустимую погрешность измерения δ (таблица А.3) согласно заданных размеров.

5.10.3 Определить марку инструмента для измерения размеров (таблица А.4).

5.10.4 Записать результаты в таблицу 5.1 протокола.

5.10.5 Сделать заключение о пригодности инструмента к достоверному измерению.

5.10.6 Определить чертежные отклонения от цилиндричности, профиля продольного сечения и от круглости размера d_2 и параллельности измеряемых поверхностей размера L_2 для нормальной степени точности A (таблицы А.5 и А.6) записать результаты в таблицы 5.2, 5.3 и 5.5 протокола.

5.10.7 Разбить измеряемую деталь на восемь вертикальных секторов и пронумеровать линии разбивки: 1, 2, ..., 7, 8 и на три горизонтальных сечения – верхнее, среднее и нижнее (схема разметки на рисунке 5.1б).

5.10.8 Предварительно настроенным микрометром провести измерения размера d_2 детали в вертикальном сечении 1-5, в трех горизонтальных сечениях: верхнем, среднем и нижнем. Результаты измерений записать в таблицу 5.2 протокола.

Повторить измерения для вертикальных сечений 2-6, 3-7, 4-8. Результаты измерений записать в таблицу 5.2 протокола.

5.10.9 Определить отклонение от круглости в каждом из трех горизонтальных сечений. Для этого из четырех полученных размеров в верхнем сечении следует выбрать максимальное и минимальное значение размеров, определить их разность (от большего меньшее) и разделить на два. Результат записать в таблицу 5.2 (графа «Отклонение от круглости»). Повторить эти действия для двух остальных горизонтальных сечений.

5.10.10 Определить отклонение от профиля продольного сечения цилиндра, в каждом из четырех вертикальных сечений. Для этого:

- для сечения 1-5 из трех полученных измерений в горизонтальных сечениях определить максимальное и минимальное значение,
- определить разность (от большего меньшее) и разделить на два,
- результат записать в таблицу 5.2 (строка «Отклонение профиля продольного сечения»).

Повторить расчет для вертикальных сечений 2-6, 3-7, 4-8. Действительным отклонением профиля продольного сечения выбрать наибольшее значение из четырех полученных.

5.10.11 Рассчитать величину отклонения от цилиндричности. Для этого из таблицы 5.2 из двенадцати полученных значений измерений, выбрать наибольшее и наименьшее. Записать их в таблицу 5.3 протокола. Определить их разность и разделить на два. Записать полученное значение в таблицу 5.3 протокола и сделать заключение о годности.

5.10.12 Предварительно настроенным микрометрическим нутромером провести измерения диаметра отверстия D_1 . Записать результаты в таблицу 3.4 протокола.

5.10.13 Предварительно настроенным микрометрическим глубиномером измерить длину внутренней проточки в детали L_2 в вертикальном сечении 1-5. Результат занести в таблицу 5.5 протокола.

Повторить измерения для вертикальных сечений 2-6, 3-7, 4-8. Результаты измерений записать в таблицу 5.5 протокола. Величина действительного размера определяется как среднеарифметическое значение по результатам измерений.

5.10.14 Определить отклонение от параллельности измеряемых поверхностей размера L_2 в каждом из четырех вертикальных сечений.

Для этого из четырех полученных размеров следует выбрать максимальное и минимальное значение размеров, определить их разность (от большего меньшее) и разделить на

два. Результат записать в таблицу 5.5 протокола (графа «Действительное отклонение от параллельности измеряемых поверхностей»).

5.10.15 Записать полученные результаты в таблицу 5.6 протокола. По каждому из значений составляется заключение о годности размера. Деталь признаётся годной, если действительный размер не выходит за предельные допустимые значения, т.е. действительный размер находится в интервале допустимых значений, ограниченных верхним и нижним отклонениями размера. Сделать вывод о годности детали.

5.11 Контрольные вопросы

- 1 Что такое действительный размер?
- 2 Какой размер детали считается годным?
- 3 К какому виду измерительного инструмента относится микрометрический инструмент?
- 4 Как проверить правильность настройки микрометрического нутромера?
- 5 Как проверить правильность настройки микрометрического глубиномера?
- 6 Как проверить правильность настройки микрометра?
- 7 Как определить погрешность отклонения формы от профиля продольного сечения цилиндра?
- 8 Как определить погрешность отклонения формы от круглости?
- 9 Как определить погрешность отклонения формы от цилиндричности?
- 10 Как определить погрешность отклонения формы от параллельности?
- 11 Чем отличаются погрешность формы, определенная по таблицам, и погрешность формы, определенная опытным путем?

Таблица 5.1 – Размеры деталей для лабораторной работы № 5 «Измерения микрометрическими измерительными средствами»

Номер детали	D_1	d_2	L_2
1	100H9	115h8	70h8
2	100H9	115h8	70h8
3	100H9	115h8	70h8
4	100,5H9	115,5h8	71h8
5	100,5H9	115,5h8	71h8
6	100,5H9	115,5h8	71h8
7	101H9	116h8	72h8
8	101H9	116h8	72h8
9	101H9	116h8	72h8
10	101,5H9	116,5h8	72h8
11	101,5H9	116,5h8	72h8
12	101,5H9	116,5h8	72h8
13	102H9	117h8	73h8
14	102H9	117h8	73h8
15	102H9	117h8	73h8
16	102,5H9	117,5h8	73h8
17	102,5H9	117,5h8	73h8
18	102,5H9	117,5h8	73h8
19	103H9	118h8	74h8
20	103H9	118h8	74h8

Продолжение таблицы 5.1

Номер детали	D ₁	d ₂	L ₂
21	103H9	118h8	74h8
22	103,5H9	118,5h8	75h8
23	103,5H9	118,5h8	75h8
24	103,5H9	118,5h8	75h8
25	104H9	119h8	76h8
26	104H9	119h8	76h8
27	104H9	119h8	76h8
28	104,5H9	119,5h8	77h8
29	104,5H9	119,5h8	77h8
30	104,5H9	119,5h8	77H9
31	105H9	120h8	78h89
32	105H9	120h8	78h8
33	105H9	120h8	78h8

Лабораторная работа № 6

ИЗМЕРЕНИЯ ИНДИКАТОРНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: научиться применять индикаторные измерительные приборы для измерения различных размеров с заданной точностью, определять годность детали.

6.1 Задание

- 1 Изучить устройство индикаторных инструментов, их метрологические характеристики и область применения.
- 2 Овладеть приёмами измерения размеров индикаторными инструментами.
- 3 Провести измерения размеров детали индикаторным инструментом.
- 4 По полученным результатам измерений сделать вывод о годности детали.

6.2 Оборудование рабочего места

- 1 Индикаторный нутромер.
- 2 Индикатор на стойке.
- 3 Плоскопараллельные концевые меры длины.
- 4 Принадлежности к концевым мерам.
- 5 Плита поверочная.
- 6 Деталь.

6.3 Индикаторные инструменты

Индикаторные инструменты – инструменты, у которых линейные перемещения измерительного наконечника преобразуются в пропорциональные угловые перемещения стрелки по циферблату, имеющему соответствующие деления.

Индикаторный инструмент служит для относительных измерений внутренних и наружных размеров путем сличения размеров полученных измерением с величиной настроечной меры.

Как правило, любой индикаторный инструмент состоит из индикатора часового типа (рисунок 6.1) и приспособления для измерения.

Индикаторы часового типа изготавливают различного вида, они предназначены для измерения линейных размеров относительным методом и для контроля отклонений от заданной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей. Основной принцип работы индикатора часового типа заключается в том, что при движении наконечника вверх размер увеличивается, а при движении наконечника вниз – размер уменьшается (рисунок 6.1).

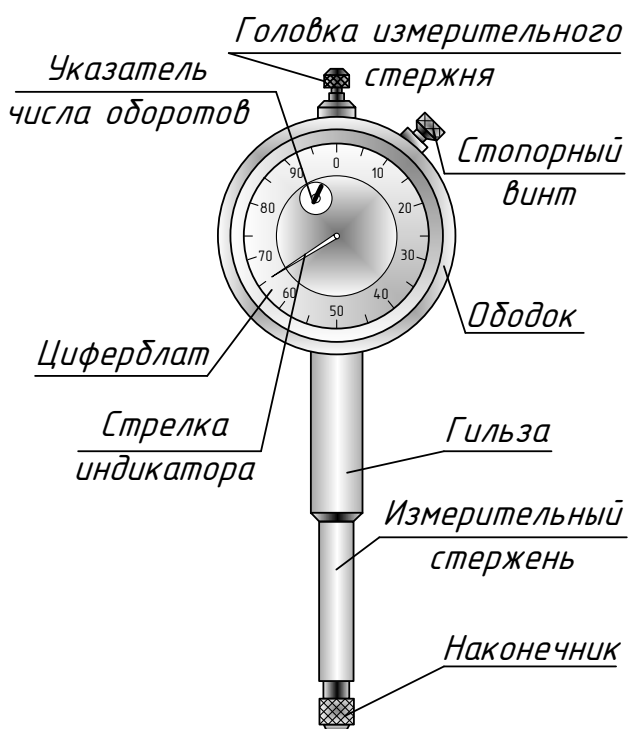


Рисунок 6.1 – Индикатор часового типа

Нутромеры индикаторные (рисунок 6.2) применяют для измерения относительным методом (сравнением с плоскопараллельными концевыми мерами) внутренних размеров деталей: диаметров отверстий, расстояний между параллельными плоскостями, отклонений их геометрической формы и т.п.

Основанием нутромера является трубка, снабженная теплоизоляционной ручкой. В верхней части трубка имеет присоединительное отверстие с зажимом; в отверстии устанавливается и закрепляется индикатор часового типа. В нижней части трубки расположена головка нутромера, которая состоит из корпуса, центрирующего мостика и измерительных стержней – сменного неподвижного и подвижного. Перемещение подвижного измерительного стержня передается на отсчетное устройство – индикатор посредством рычажной передачи. Центрирующий мостик устанавливает ось измерения нутромера (ею является общая ось измерительных стержней) на совпадение с диаметром отверстия измеряемой детали.

Для измерения отверстий различных диаметров к индикаторному нутромеру придается комплект сменных гладких измерительных стержней и шайб. Сменные стержни позволяют производить установку нутромера на требуемый для измерения детали размер регулированием его положения в гнезде корпуса. После установки стержня на нужный для измерения детали размер его положение в корпусе стопорится гайкой.

Нутромеры с центрирующим мостиком позволяют контролировать размеры в пределах от 6 до 1000 мм при определенных диапазонах измерений. Для измерения отверстий малых диаметров изготавливаются нутромеры с шариковыми вставками.

Наибольшее распространение в машиностроении получил контроль индикаторными нутромерами диаметров отверстий и отклонений формы их поверхностей. Эти измерения значительно производительнее, чем измерения микрометрическими нутромерами, и обладают более высокой точностью.

Глубиномеры индикаторные (рисунок 6.3) применяют для измерения с помощью сменных измерительных стержней глубины отверстий, пазов и высоты уступов. Набор сменных измерительных стержней обеспечивает пределы измерений 0...10, 10...20, ..., 90...100 мм.

Индикаторная скоба (рисунок 6.4) служат для измерения диаметров (до 1000 мм) наружных поверхностей деталей. Скобы изготавливают с пределами измерения 0- 50, 50 – 100, 100 – 200 мм и деталей до 1000 мм с интервалом через 100 мм. Индикаторная скоба имеет жесткий корпус с двумя соосными цилиндрическими отверстиями, в одном из которых установлена переставная измерительная пятка, а в другом – подвижная пятка, находящаяся в постоянном контакте с измерительным наконечником индикатора. Наиболее распространены измерения этими скобами линейных размеров деталей цилиндрической формы в серийном производстве машин. Скобы удобны в применении, производительны, но обладают от-

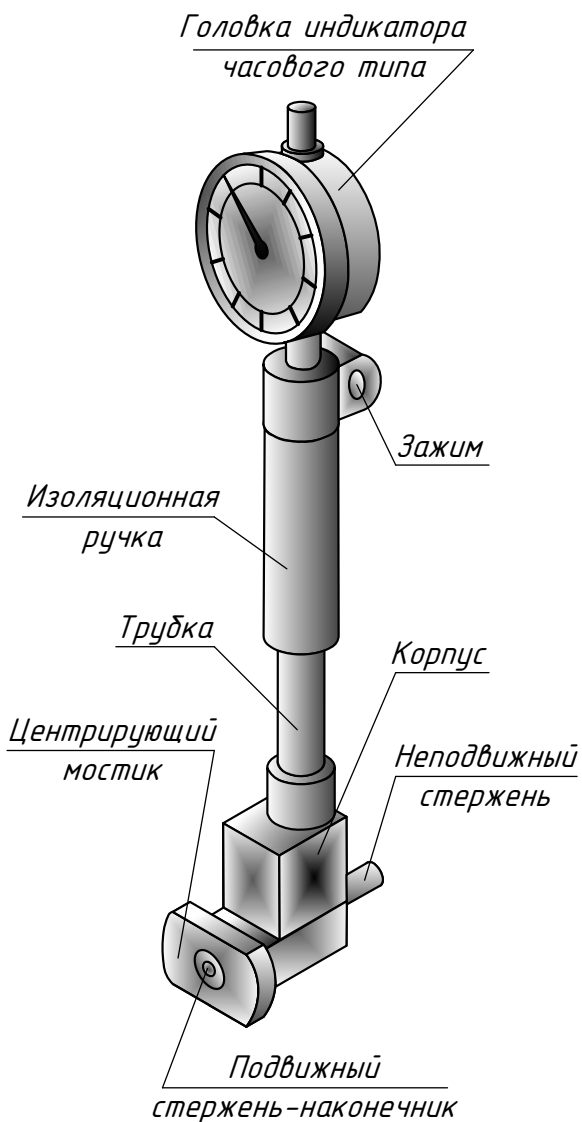


Рисунок 6.2 – Индикаторный нутромер

носителю невысокой точностью. Чаще всего ими измеряют гладкие валы после токарной обработки резцами или после круглой шлифовки, но при допусках на размер не менее 0,05 мм.

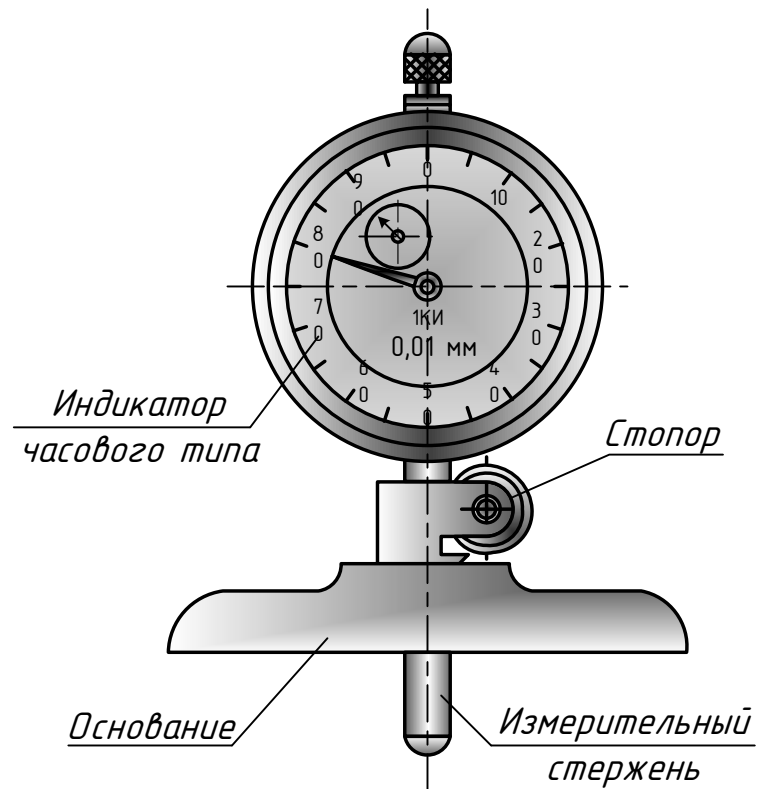


Рисунок 6.3 – Индикаторный глубиномер

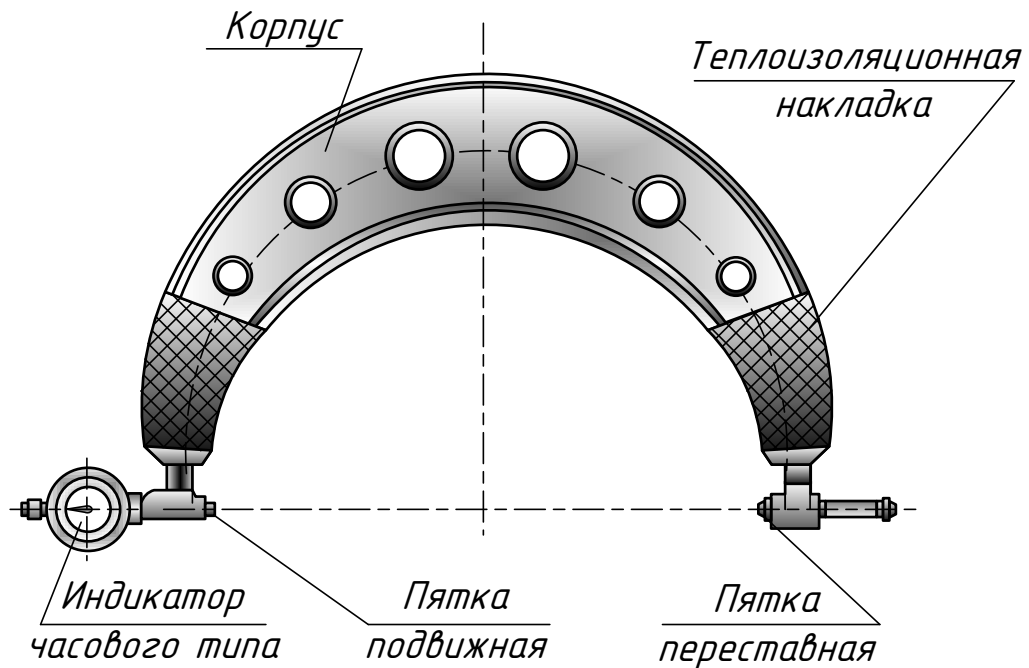


Рисунок 6.4 – Индикаторная скоба

6.4 Измерения индикатором часового типа

При выполнении различных работ в процессе контрольно-измерительных операций (рисунки 6.5 и 6.6) индикаторы часового типа устанавливаются на различные соответствующие приспособления (стойки, штативы, скобы, нутромеры и т.д.). Для проведения дополнительных видов измерений к индикаторам выпускают ряд принадлежностей: прямой и угловой рычаги, струбины, державки для закрепления на станках и другие.

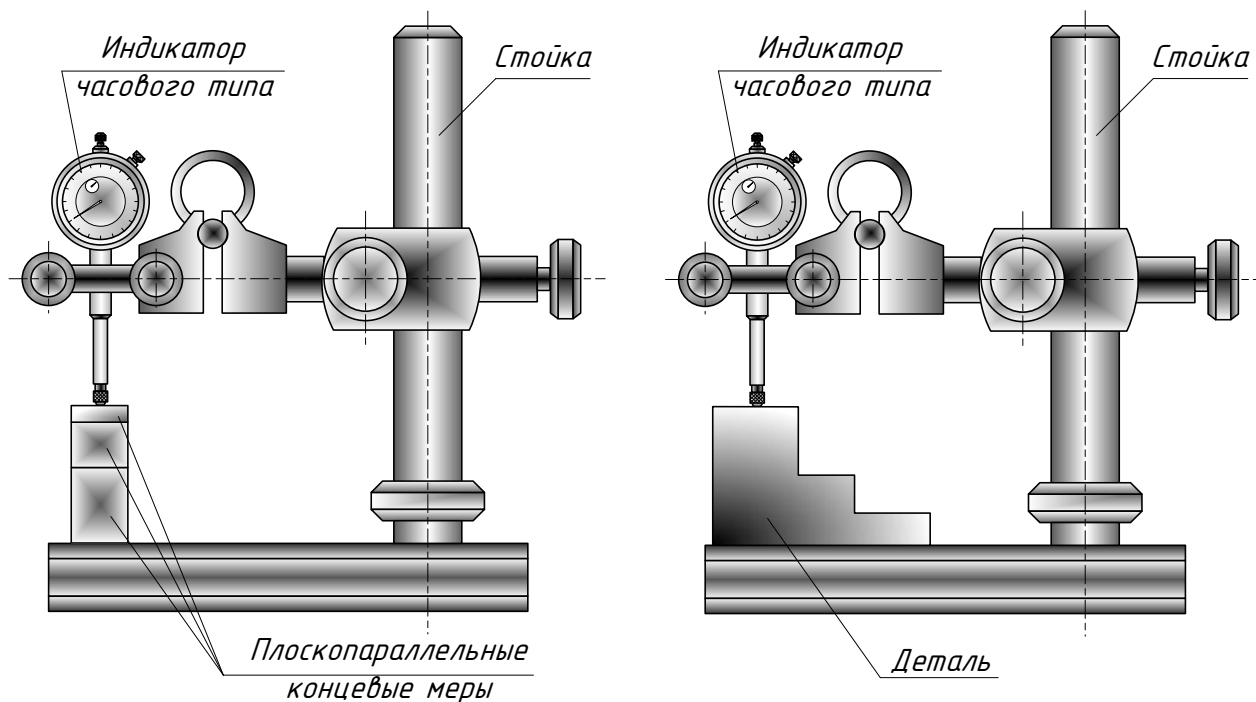


Рисунок 6.5 – Настройка и измерение размера индикатором часового типа

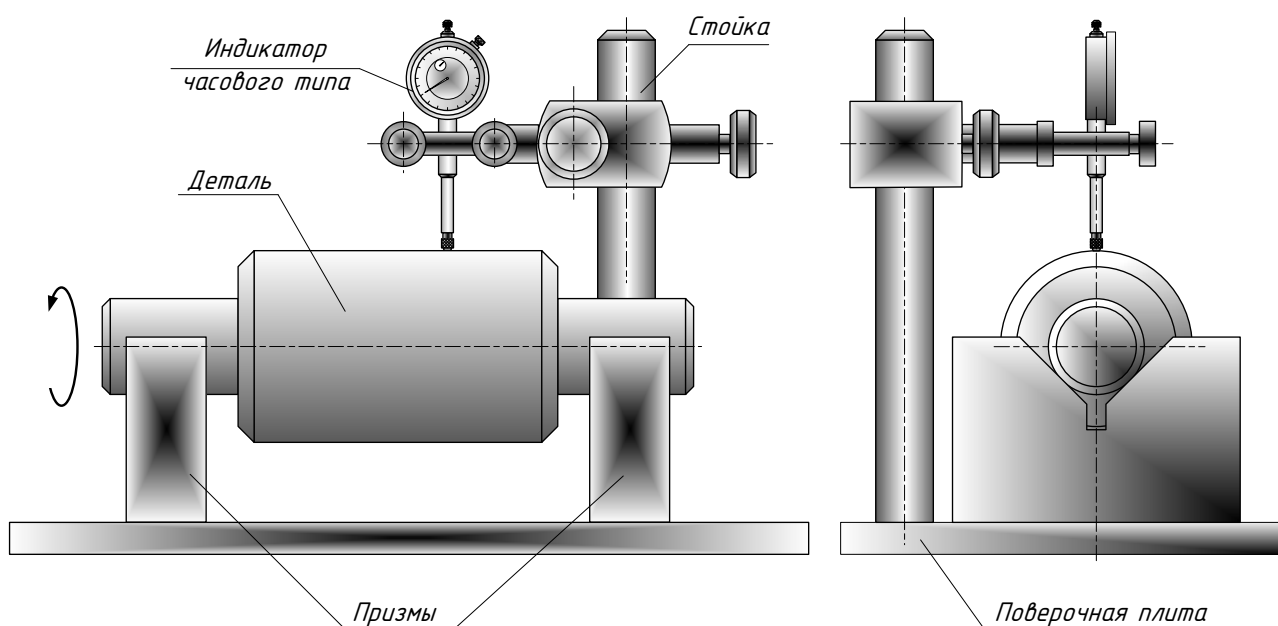


Рисунок 6.6 – Измерение радиального биения индикатором часового типа

Настройка индикатора производится по набору концевых мер или настроечной мере (рисунок 6.5а), при этом при настройке обеспечивают предварительное отклонение стрелки («натяг прибора») – обычно дают стрелке сделать один оборот.

Для установки на «0» циферблат поворачивается ободком. Циферблат индикатора состоит из 100 делений. Цена деления 0,01 мм, это означает, что при перемещении измерительного наконечника на 0,01 мм стрелка передвигается на одно деление шкалы.

подавляющее большинство индикаторов имеет диапазон показаний 2, 5 или 10 мм. Измерительное усилие индикаторов часового типа обычно находится в пределах 0,8 – 2 Н.

Погрешность измерения индикатором.

При измерении колебаний размера погрешность измерения зависит от используемого перемещения измерительного стержня, жесткости установочных узлов (штативов и стоек), от погрешности отсчета показаний, используемых концевых мер длины и от температурных условий. В зависимости от этих факторов погрешность измерения может увеличиваться. Погрешности индикатора нормируются в зависимости от используемого диапазона показаний (в зависимости от перемещения измерительного стержня). На небольшом участке погрешность индикатора находится в пределах цены деления, на больших пределах погрешность увеличивается (таблица А.4).

6.5 Измерения индикаторным нутромером

В качестве мер для установки индикаторных нутромеров на размер и на «0» применяют комплекты из концевых мер длины и боковиков или установочные кольца. В комплект для установки нутромера включают: блок из концевых мер, подобранный по номинальному размеру измеряемого отверстия; два боковика (плоскопараллельные или радиусные) и державку (рисунок 6.7). Иногда, если позволяет точность измерения, настройку осуществляют по микрометру.

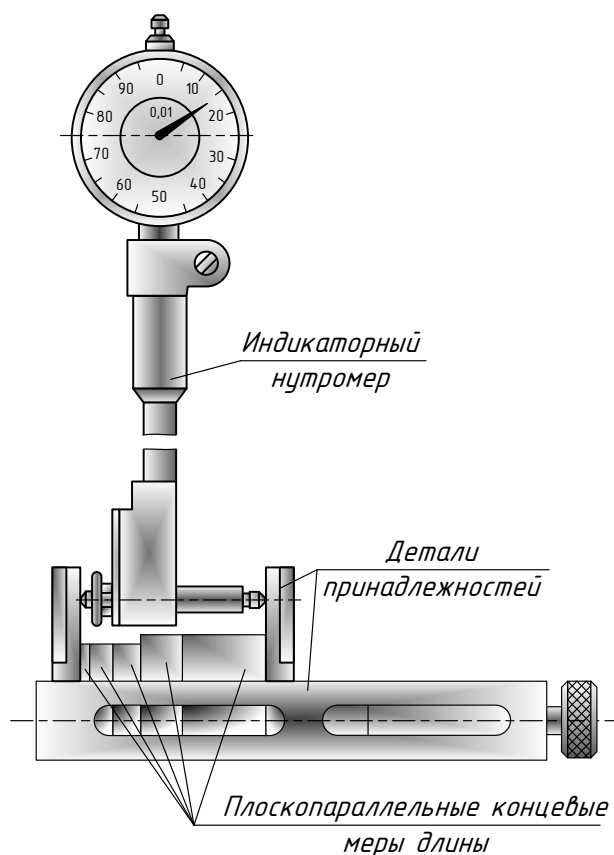


Рисунок 6.7 – Настройка индикаторного нутромера комплектом из принадлежностей для плоскопараллельных концевых мер длины

Подготовка к измерению.

1 Закрепить индикатор часового типа в присоединительное отверстие трубки нутромера. Для этого вставить гильзу индикатора в присоединительное отверстие трубки так, чтобы шкала циферблата была направлена в одну сторону с центрирующим мостиком, а стрелка индикатора прошла полный оборот. В этом положении плотно закрепить зажим присоединительного отверстия нутромера.

2 Установить сменный регулируемый стержень с диапазоном размеров, в котором находится номинальный размер измеряемого отверстия.

Измерение.

1 Подобрать размер блока концевых мер.

2 Установить нутромер на «0», при этом обеспечить предварительное отклонение стрелки («натяг прибора»).

3 Измерить диаметр отверстия детали (рисунок 6.8):

– ввести нутромер в отверстие измеряемой детали;

– продвинуть нутромер до расположения оси измерения (общей оси измерительных стержней);

– в этом сечении поставить нутромер в правильное положение, т.е. покачивать его в вертикальной плоскости, стараясь заметить самое дальнее деление круговой шкалы, до которого стрелка доходит при ее движении по часовой стрелке. Заметить штрих шкалы, до которого стрелка доходит при покачивании, отсчитать число и знак отклонения этого штриха от «0». Действительный размер изделия определяют как сумму размера блока мер и разности показаний отсчетного устройства при установке меры, а затем изделия.

Погрешность измерения индикаторным нутромером.

Основные погрешности при измерениях нутромерами возникают вследствие смещения линии измерения относительно диаметра отверстия (рисунок 6.9а) и перекоса (рисунок 6.9б). Линия измерения устанавливается по диаметру отверстия с помощью центрирующего мостика (рисунок 6.9в). Погрешность перекоса уменьшают, покачивая нутромер в плоскости осевого сечения отверстия (рисунок 6.9г). При наименьших показаниях прибора линия измерения совпадает с диаметральной плоскостью отверстия. Кроме того, на погрешность измерения нутромерами оказывают влияние погрешности самого индикатора и передаточного механизма.

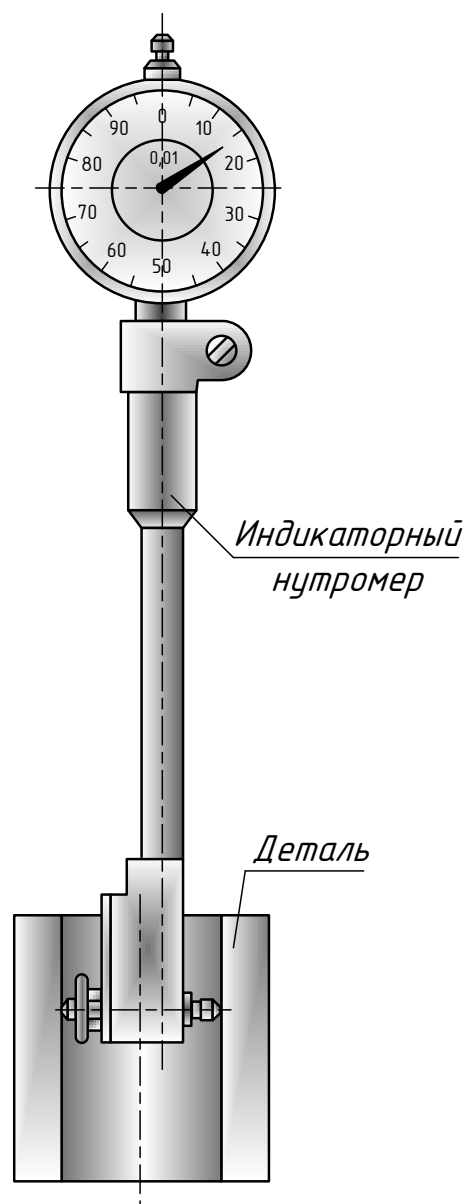


Рисунок 6.8 – Измерение индикаторным нутромером

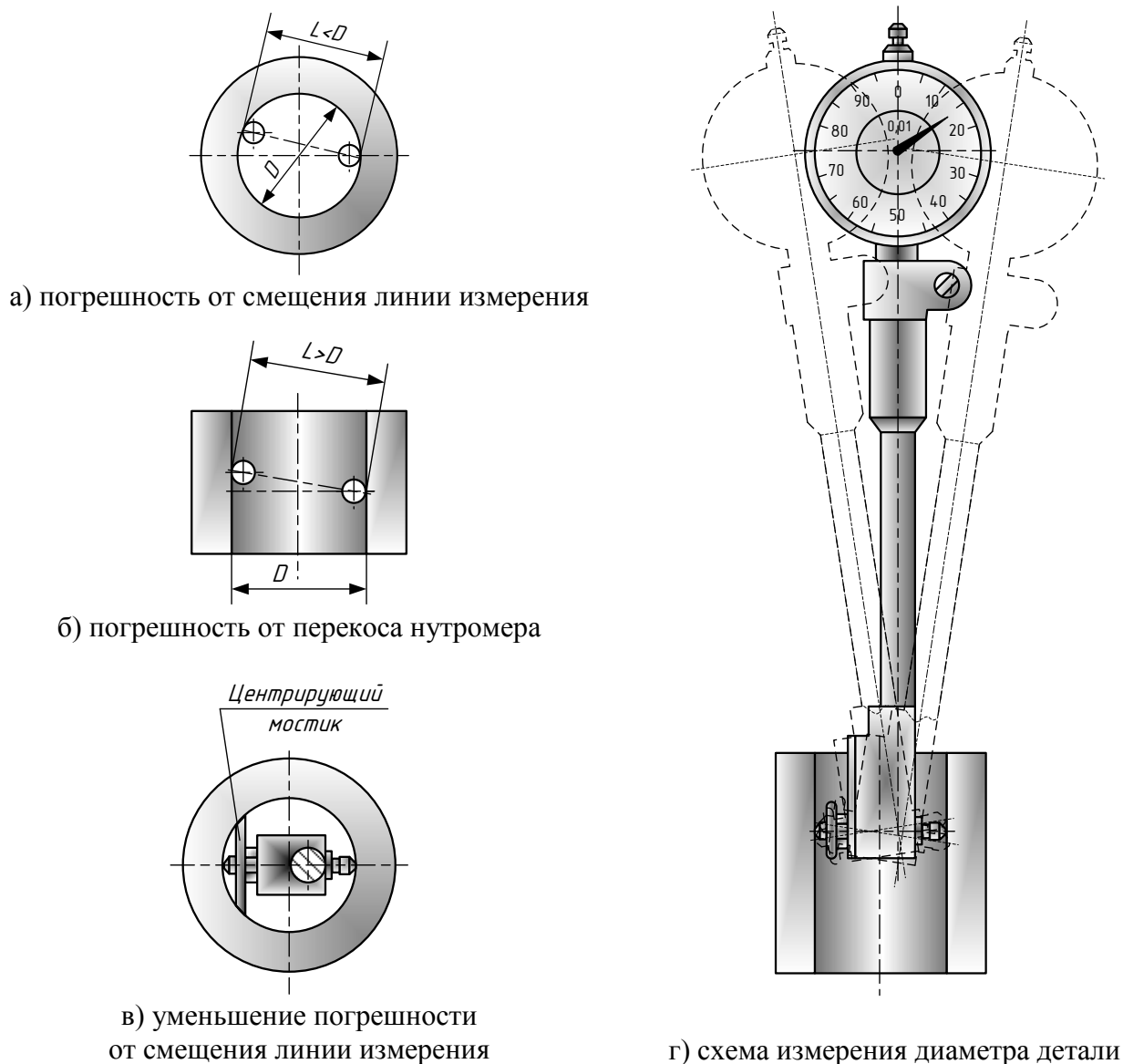


Рисунок 6.9 – Погрешности при измерении индикаторным нутромером

6.6 Измерения индикаторным глубиномером

Принцип работы индикаторных глубиномеров схож с принципом действия микрометрических, отличие состоит в способе считывания показаний. В этих глубиномерах считывание осуществляется посредством индикатора часового типа.

Перед измерением глубиномер устанавливают на «0» с помощью двух концевых мер длины или аттестованной втулки (рисунок 6.10а). Установив глубиномер на концевые меры, помещенные на плите, индикаторную головку перемещают в державке так, чтобы стрелка показала «натяг» приблизительно на один оборот. Зажав стопор, шкалу индикатора ставят на «0» поворотом ободка.

Измерение.

- 1 Подобрать размер блока концевых мер.
- 2 Установить глубиномер на «0», при этом обеспечить предварительное отклонение стрелки («натяг прибора»).

3 Измерить размер детали (рисунок 6.10б).

Действительный размер изделия определяют как сумму размера блока мер и разности показаний отсчетного устройства при установке меры, а затем изделия.

Погрешность измерения индикаторным глубиномером.

Основные погрешности при измерениях индикаторным глубиномером возникают вследствие влияния погрешности самого индикатора.

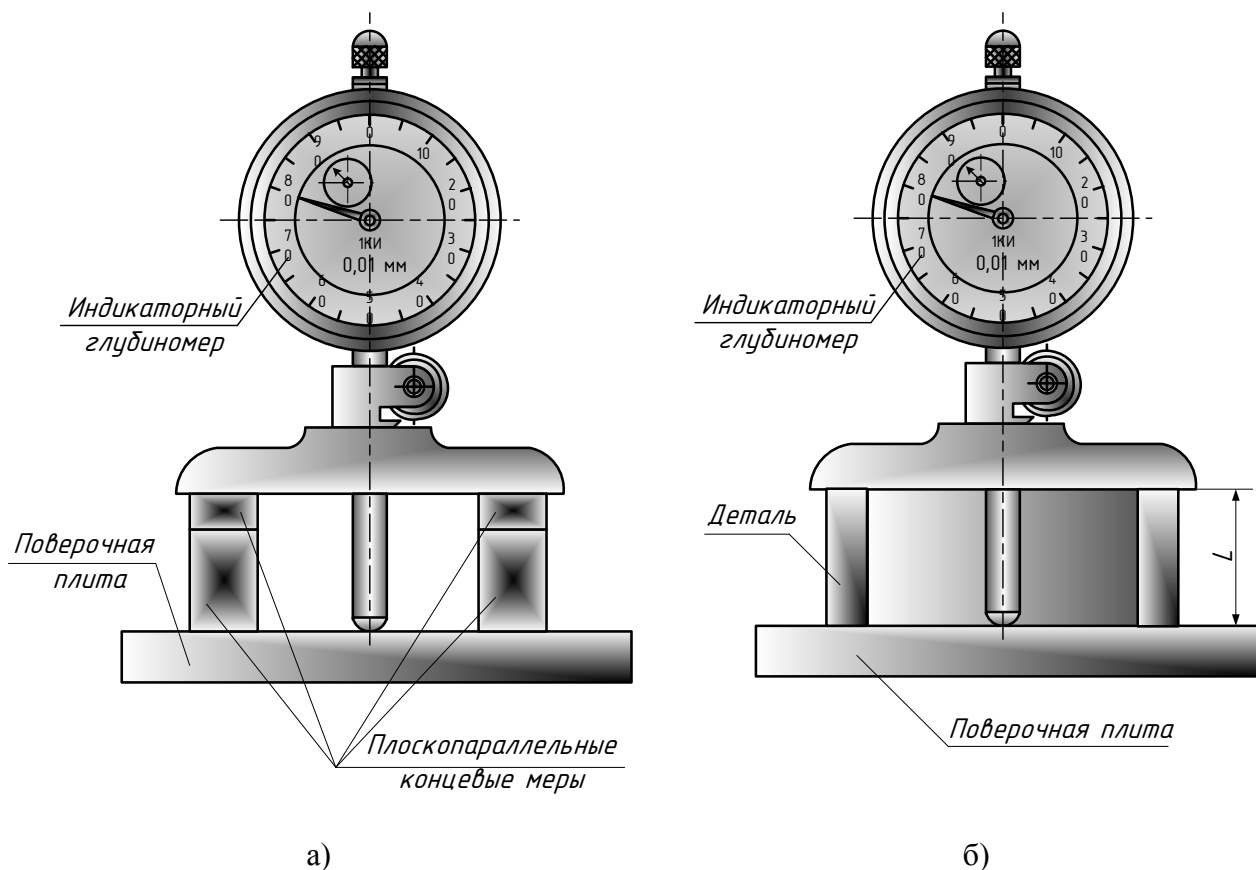


Рисунок 6.10 – Настройка и измерение размера индикаторным глубиномером

6.7 Измерения индикаторной скобой

Наиболее распространены измерения индикаторными скобами линейных размеров деталей цилиндрической формы в серийном производстве машин. Скобы удобны в применении, производительны, но обладают относительно невысокой точностью. Чаще всего ими измеряют гладкие валы после токарной обработки резцами или после круглой шлифовки, но при допусках на размер не менее 0,05 мм.

Измерение.

1 Подобрать размер блока концевых мер.

2 Установить скобу на «0», при этом обеспечить предварительное отклонение стрелки («натяг прибора»).

3 Измерить диаметр детали (рисунок 6.11).

Действительный размер изделия определяют как сумму размера блока мер и разности показаний отсчетного устройства при установке меры, а затем изделия.

Погрешность измерения индикаторной скобой.

Основные погрешности при измерениях индикаторной скобой возникают вследствие смещения линии измерения относительно диаметра отверстия. Кроме того, на погрешность измерения скобой оказывают влияние погрешности самого индикатора.

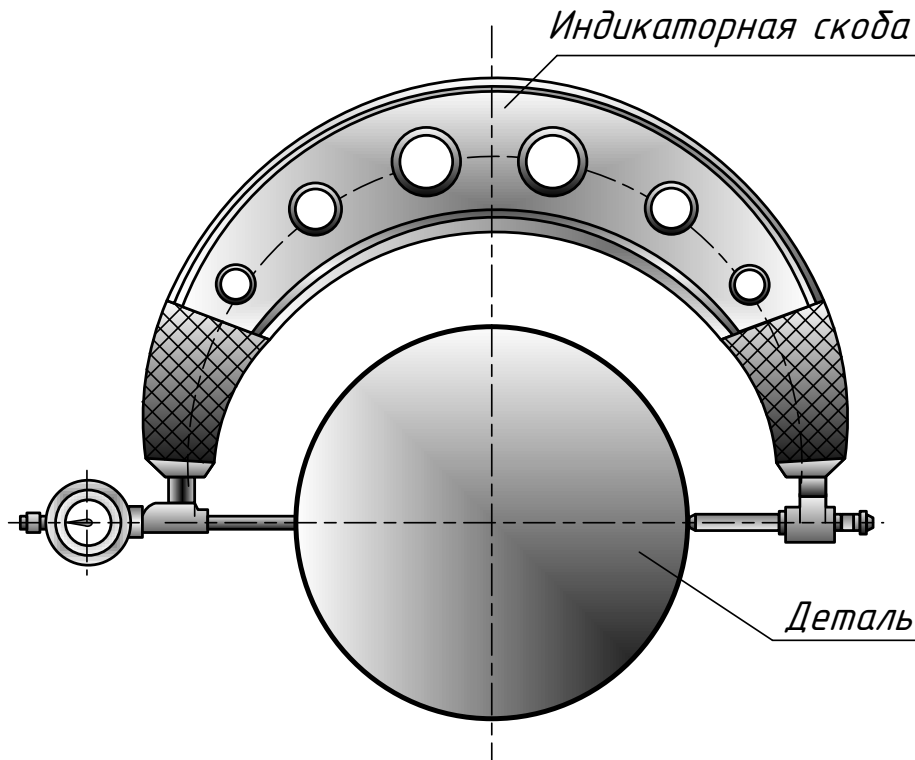


Рисунок 6.10 – Измерение индикаторной скобой

6.8 Содержание и порядок выполнения работы

6.8.1 Обозначить на эскизе размеры и их предельные отклонения (рисунок 6.1а протокола) согласно номеру детали (таблицы 6.1, А.1, А.2). Записать результаты в таблицы 6.1 и 6.2 протокола.

6.8.2 Определить допустимую погрешность измерения δ (таблица А.3) согласно заданных размеров.

6.8.3 Определить марку инструмента для измерения размеров (таблица А.4).

6.8.4 Записать результаты в таблицу 6.1 протокола.

6.8.5 Сделать заключение о пригодности инструмента к достоверному измерению.

6.8.6 Определить чертежные отклонения от цилиндричности, от круглости размера D_1 и параллельности измеряемых поверхностей размера L_2 для нормальной степени точности A (таблицы А.5 и А.6) записать результаты в таблицы 6.2, 6.3 и 6.4 протокола.

6.8.7 Разбить измеряемую деталь на шесть вертикальных секторов и пронумеровать линии разбивки: 1, 2, ..., 5, 6 и на два горизонтальных сечения – верхнее и нижнее (схема разметки на рисунке 6.1б).

6.8.8 Предварительно настроенным индикаторным нутромером провести измерения размера D_1 детали в вертикальном сечении 1-4, в двух горизонтальных сечениях: верхнем, и нижнем. Результаты измерений записать в таблицу 6.2 протокола.

Повторить измерения для вертикальных сечений 2-5, 3-6. Результаты измерений записать в таблицу 6.2 протокола.

6.8.9 Определить отклонение от круглости в каждом из двух горизонтальных сечений. Для этого из трех полученных размеров в верхнем сечении следует выбрать максимальное и минимальное значение размеров, определить их разность (от большего меньшее) и разделить на два. Результат записать в таблицу 6.2 (графа «Отклонение от круглости»). Повторить эти действия для нижнего горизонтального сечения.

6.8.10 Рассчитать величину отклонения от цилиндричности. Для этого из таблицы 6.2 из шести полученных значений измерений, выбрать наибольшее и наименьшее. Записать их в таблицу 6.3 протокола. Определить их разность и разделить на два. Записать полученное значение в таблицу 6.3 протокола и сделать заключение о годности.

6.8.11 Предварительно настроенным индикатором на стойке измерить длину внутренней проточки в детали L_2 в вертикальном сечении 1-4. Результат занести в таблицу 6.4 протокола.

Повторить измерения для вертикальных сечений 2-5, 3-6. Результаты измерений записать в таблицу 6.4 протокола. Величина действительного размера определяется как среднеарифметическое значение по результатам измерений.

6.8.12 Определить отклонение от параллельности измеряемых поверхностей размера L_2 в каждом из трех вертикальных сечений.

Для этого из трех полученных размеров следует выбрать максимальное и минимальное значение размеров, определить их разность (от большего меньшее) и разделить на два. Результат записать в таблицу 6.4 протокола (графа «Действительное отклонение от параллельности измеряемых поверхностей»).

6.8.13 Записать полученные результаты в таблицу 6.5 протокола. По каждому из значений составляется заключение о годности размера. Деталь признаётся годной, если действительный размер не выходит за предельные допустимые значения, т.е. действительный размер находится в интервале допустимых значений, ограниченных верхним и нижним отклонениями размера. Сделать вывод о годности детали.

6.9 Контрольные вопросы

- 1 К какому виду измерений относятся измерения индикаторным инструментом?
- 2 Как настроить индикаторный нутромер на номинальный размер?
- 3 Как настроить индикатор на стойке на номинальный размер?
- 4 Как определяется погрешность формы отклонение от круглости?
- 5 Как определяется погрешность формы отклонение от параллельности сторон?
- 6 Как определяется годность размеров детали?
- 7 Какими требованиями руководствуются при выборе многомерных средств измерения?
- 8 Назовите основные части индикатора часового типа?
- 9 При настройке индикаторного инструмента на номинальный размер необходимо создать установочный натяг, для чего?

Таблица 6.1 – Размеры деталей для лабораторной работы № 6 «Измерения индикаторными измерительными средствами»

Номер детали	D_1	L_2	Номер детали	D_1	L_2
1	100H8	70h8	18	102,5H8	73h8
2	100H8	70h8	19	103H8	74h8
3	100H8	70h8	20	103H8	74h8
4	100,5H8	71h8	21	103H8	74h8
5	100,5H8	71h8	22	103,5H8	75h8
6	100,5H8	71h8	23	103,5H8	75h8
7	101H8	72h8	24	103,5H8	75h8
8	101H8	72h8	25	104H8	76h8
9	101H8	72h8	26	104H8	76h8
10	101,5H8	72h8	27	104H8	76h8

Продолжение таблицы 6.1

Номер детали	D ₁	L ₂	Номер детали	D ₁	L ₂
11	101,5H8	72h8	28	104,5H8	77h8
12	101,5H8	72h8	29	104,5H8	77h8
13	102H8	73h8	30	104,5H8	77H9
14	102H8	73h8	31	105H8	78h89
15	102H8	73h8	32	105H8	78h8
16	102,5H8	73h8	33	105H8	78h8
17	102,5H8	73h8			

Лабораторная работа № 7

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕТРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить методы оценки точности резьбы.

Овладеть приемами измерения резьбы при помощи резьбового микрометра и методом трех проволок.

7.1 Задание

- 1 Изучить методы оценки точности резьбы.
- 2 Провести измерения резьбы с помощью резьбового микрометра и методом трех проволок.
- 3 По полученным результатам измерений сделать вывод о годности детали.

7.2 Оборудование рабочего места

- 1 Резьбовой микрометр.
- 2 Микрометр.
- 3 Резьбовой шаблон (резьбомер).
- 4 Комплект проволок
- 5 Стойка.
- 6 Деталь.

7.3 Теоретические сведения

7.3.1 Параметры метрической резьбы

Основными параметрами цилиндрической резьбы, подлежащими измерению, являются (рисунок 7.1):

- *угол профиля α* – угол между боковыми сторонами профиля в плоскости осевого сечения;
- *половина угла профиля $\alpha/2$* для резьбы с симметричным профилем – угол между боковой стороной профиля и перпендикуляром, опущенным из вершины исходного профиля симметричной резьбы на ось резьбы;
- *наружный диаметр резьбы d (D)* – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы;
- *средний диаметр резьбы d_2 (D_2)* – диаметр воображаемого, соосного с резьбой цилиндра, образующая которого пересекает профиль резьбы в точках, где ширина канавки равна половине номинального шага резьбы;
- *внутренний диаметр резьбы d_1 (D_1)* – диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы или в вершины внутренней резьбы;
- *шаг резьбы P* – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

Кроме перечисленных, резьбу характеризуют следующие параметры:

- *ход резьбы P_x* – расстояние между ближайшими одноименными сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы, причем в однозаходной резьбе $P_x = P$, а в многозаходной – $P_x = Pn$, где n – число заходов;
- *высота исходного профиля H* – высота остроугольного профиля, полученного путем продолжения боковых сторон профиля до их пересечения;
- *высота профиля h* – расстояние между вершиной и впадиной профиля в направлении, перпендикулярном к оси резьбы;
- *длина свинчивания l* – длина участка взаимного перекрытия наружной и внутренней резьб в осевом направлении.

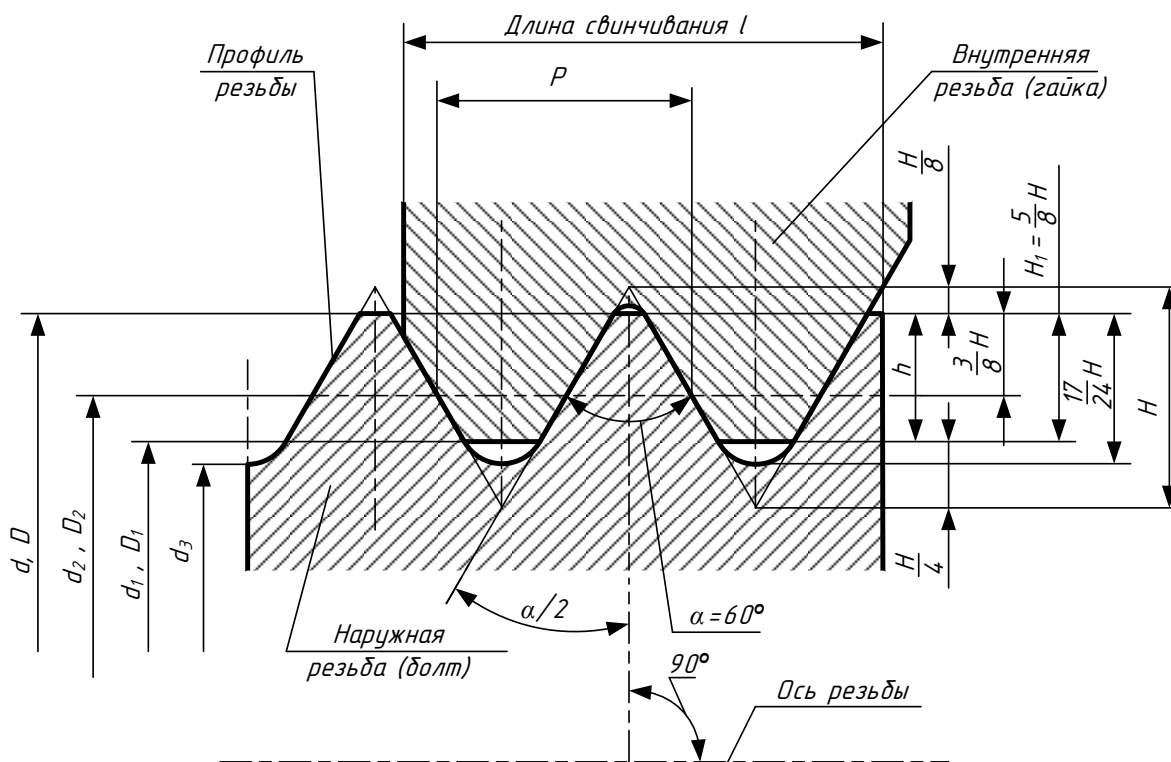


Рисунок 7.1 – Основные параметры резьбы

При изготовлении резьбовых деталей неизбежны погрешности профиля резьбы и ее размеров, которые могут нарушить свинчиваемость и ухудшить качество соединений.

У всех цилиндрических резьб с прямолинейными боковыми сторонами профиля отклонения шага и угла профиля для обеспечения свинчивания могут быть скомпенсированы соответствующим изменением действительного среднего диаметра резьбы.

7.3.2 Нормирование точности метрических резьб

Внутренние и наружные резьбы общего назначения контактируют по боковым сторонам профиля. Возможность контакта по вершинам и впадинам резьбы исключается соответствующим расположением полей допусков по d (D) и d_1 (D_1). В зависимости от характера сопряжения по боковым сторонам профиля (т.е. по среднему диаметру) различают резьбовые соединения с зазором, натягом и переходные.

Сочетание основного отклонения, обозначаемое буквой, с допуском по принятой степени точности, образует поле допуска диаметра резьбы. Поле допуска резьбы образуют сочетанием поля допуска среднего диаметра с полем допуска диаметра выступов (d или D_1). Поля допусков, а следовательно, и допуски диаметра впадин (d_1 – для наружной резьбы и D – для внутренней резьбы) стандарт не устанавливает.

Обозначение поля допуска диаметра резьбы состоит из цифры, показывающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение, например **6H**, **6g**, **7G**. Обозначение поля допуска резьбы состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска диаметра выступов (d – для наружной резьбы и D_1 – для внутренней резьбы). Например, **7g6g**, **5H6H**. В обозначении полей допусков переходных резьб и резьб с натягом поле допуска наружного диаметра d болта (**6g**, **6e** или **6c**) условно не указывают. Если обозначение поля допуска диаметра выступов совпадает с обозначением поля допуска среднего диаметра, его в обозначении поля допуска резьбы с зазором не повторяют, например **7g**, **7H**. Поле допуска резьбы указывают через тире после размера, например болт **M10 – 6g**, гайка **M10 – 5H6H**.

Посадки резьбовых деталей обозначают дробью, в числителе которой указывают поле допуска гайки (внутренней резьбы), а в знаменателе – поле допуска болта (наружной резьбы). Например, $M10 - 6H/6g$.

7.3.3 Методы оценки точности резьбы

Точность резьбы оценивают поэлементным (дифференцированным) и комплексным методами.

Поэлементный метод измерения применяют в том случае, когда допуски даны отдельно на каждый параметр (три диаметра, шаг и угол профиля) резьбы. При этом применяемые средства измерения должны обеспечивать независимость измерения каждого из параметров. Заключение о годности дают по каждому параметру отдельно. Этот метод сложен и трудоемок, поэтому используется главным образом для измерения точных резьб: резьбовых калибров, резьбообразующего инструмента и деталей специального назначения (ходовые винты и т.п.).

Измерение наружного диаметра d и внутреннего диаметра d_1 наружной резьбы осуществляют с помощью микроскопов или универсальных измерительных средств для контактных измерений (микрометров, оптиметров и др.) с использованием плоских наконечников или вставок для измерения диаметра d и остроконечных вставок для измерения диаметра d_1 .

Средний диаметр d_2 наружной резьбы измеряют универсальными измерительными средствами с использованием резьбовых вставок (рисунок 7.2), ножей, одной, двух или трех проволочек (рисунок 7.3). Наиболее широко распространено измерение среднего диаметра d_2 с помощью трех проволочек.

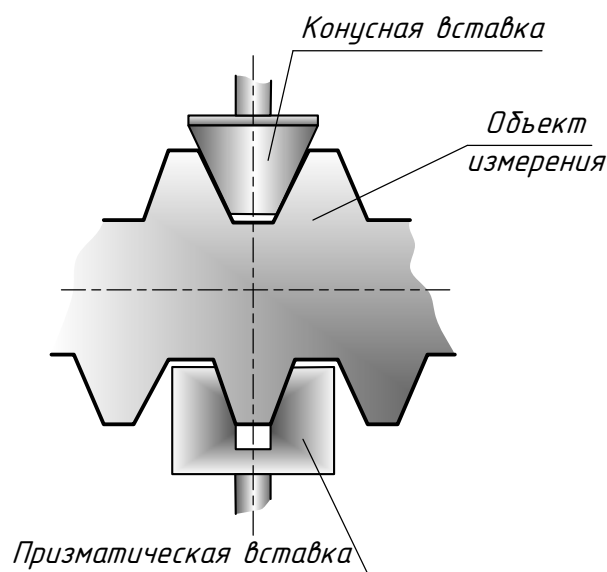


Рисунок 7.2 – Измерение среднего диаметра наружной резьбы универсальными средствами с резьбовыми вставками

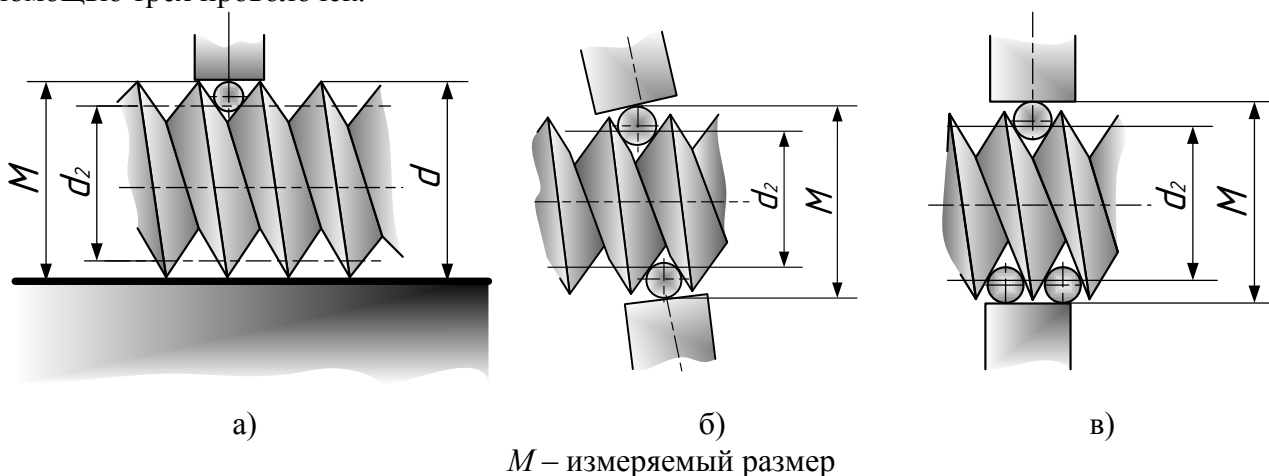


Рисунок 7.3 – Измерение среднего диаметра наружной резьбы с помощью: одной (а), двух (б) и трех проволочек (в).

Измерение наружного D и внутреннего D_1 диаметров внутренней резьбы может быть выполнено также как и измерение наружной резьбы с помощью универсальных измерительных средств.

Средний диаметр внутренней резьбы D_2 измеряют с помощью микрометрических нутромеров (штихмасов) с резьбовыми вставками (рисунок 7.4) индикаторных приборов с шариковыми наконечниками, специальных приспособлений на горизонтальном оптиметре.

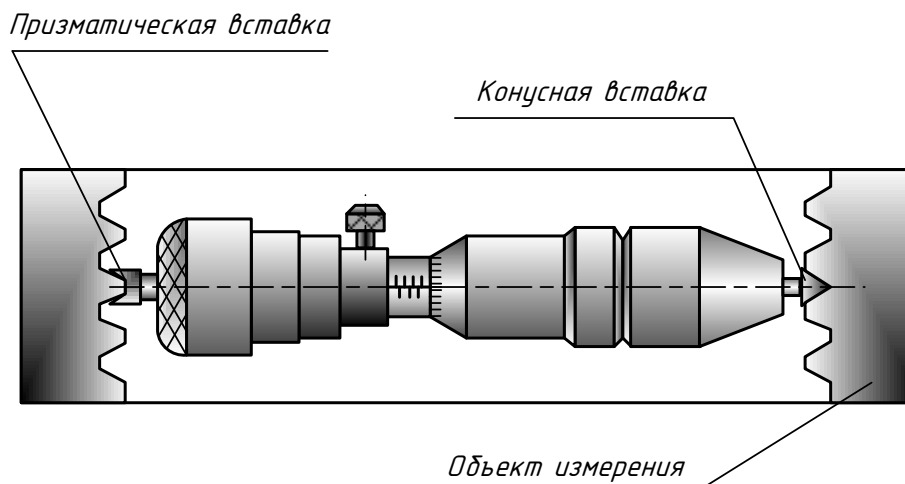


Рисунок 7.4 – Схема измерения среднего диаметра внутренней резьбы микрометрическим нутромером с резьбовыми вставками

Иногда измерение параметров внутренних резьб заменяют измерением параметров наружных резьб слитков или отливок, выполненных с внутренних резьб.

Шаг резьбы P измеряют с помощью универсальных или специальных средств. Из универсальных средств главным образом используют микроскопы. С помощью специальных приборов шаг измеряют путем сравнения с образцовой деталью.

Номинальный шаг резьбы и (с невысокой точностью) ее профиль можно определить с помощью резьбовых шаблонов (рисунок 7.5). На каждой пластинке резьбомера указана величина шага резьбы. Подбирают пластинку таким образом, чтобы ее зубцы плотно, без зазора вошли во впадины измеряемой резьбы. Тогда шаг резьбы будет равен шагу, указанному на пластинке.

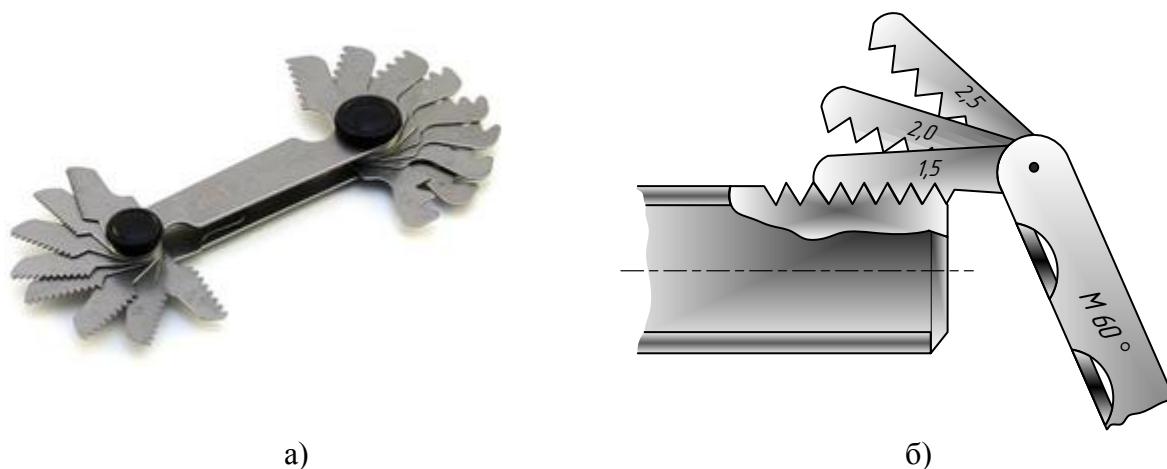


Рисунок 7.5 – Резьбовой шаблон и схема определения номинального шага резьбы с помощью резьбового шаблона

Определить шаг резьбы можно также при помощи штангенциркуля (рисунок 7.6). Штангенциркулем определяют длину нескольких шагов резьбы (от 10 до 20) и полученный результат делят на количество шагов:

$$P_{расч} = \frac{M}{n}. \quad (7.1)$$

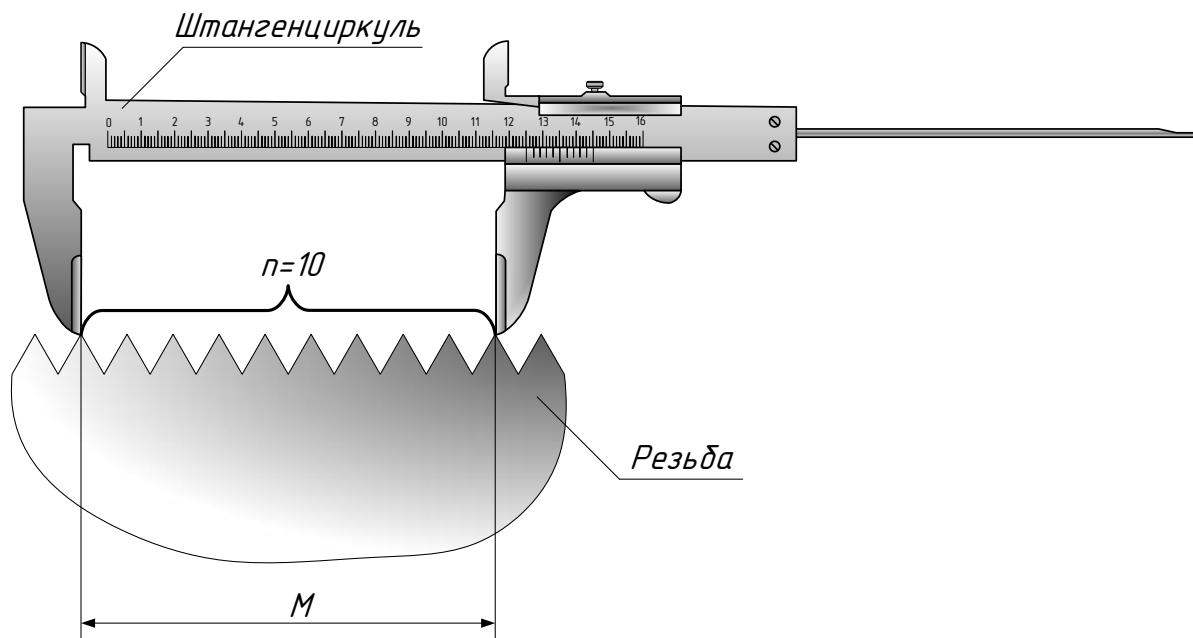


Рисунок 7.6 – Схема определения номинального шага резьбы с помощью штангенциркуля

Угол профиля α (половину угла профиля $\alpha/2$) измеряют бесконтактным методом с помощью микроскопов или проекторов.

Измерение элементов резьбы деталей больших размеров и ходовых винтов производят накладными устройствами с измерительными головками и специальными приборами, которые выдают информацию о результатах измерения на пишущее устройство.

Из-за трудностей поэлементного измерения (особенно внутренних резьб) резьбы контролируют калибрами как в массовом и серийном, так и в мелкосерийном и единичном производствах.

При поэлементном контроле резьбовых деталей 3 – 5 степеней точности гладкими калибрами проверяют диаметр выступов: d – для наружной резьбы; D_1 – для внутренней.

При комплексном контроле одновременно проверяют средний диаметр, шаг, половину угла профиля, внутренний и наружный диаметры путем сравнения действительного контура резьбовой детали с предельным. Это достигается при помощи предельных калибров (рисунок 7.7), а для резьб малых размеров – при помощи проекторов, когда действительный контур проверяемой резьбы сравнивают с предельными (минимальным и максимальным).

При проверке с помощью предельных калибров о годности резьбовой детали судят по тому, как она свинчивается с калибрами. Если деталь свинчивается с проходным калибром, но не свинчивается с непроходным, то она признаётся годной. Детали, которые не свинчиваются с проходным калибром или свинчиваются с непроходным, считаются бракованными.

Этот метод контроля отличается простотой, не требует высокой квалификации контролёра и является достаточно производительным. Однако он не позволяет произвести оценку погрешностей отдельных параметров резьбы: среднего диаметра, шага, угла профиля.



Рисунок 7.7 – Предельные резьбовые калибры: двусторонняя пробка и резьбовое кольцо

Проверка внутреннего диаметра гайки D_1 и наружного диаметра болта d при комплексном методе контроля осуществляется соответственно гладкими предельными пробками и скобами.

7.4 Измерение резьбы при помощи резьбового микрометра

Для измерения среднего диаметра наружной резьбы на стержне применяют резьбовой микрометр (рисунок 7.8). Резьбовой микрометр отличается от обычного гладкого микрометра тем, что в торцах его микрометрического винта и пятки имеются гнезда, куда помещается пара специальных вставок (призматическая и коническая с углами, равными углу профиля резьбы). Коническая вставка устанавливается в отверстие микровинта, призматическая - в отверстие пятки. Вставки для метрических резьб изготавливаются с углом профиля 60° . В хвостовой части вставок выполняется продольный шлиц для плотного закрепления их в отверстиях пятки и микровинта.

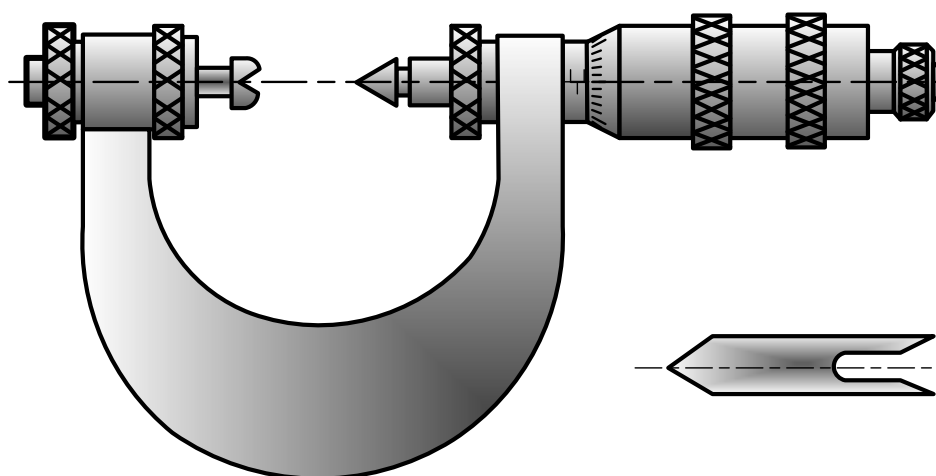


Рисунок 7.8 – Резьбовой микрометр

Размер вставок выбирается в зависимости от шага измеряемой резьбы. Каждый комплект вставок состоит из шести пар применительно интервалам шагов:

- 1) 0,4...0,5 мм;
- 2) 0,6...0,6 мм;
- 3) 1,0...1,5 мм;
- 4) 1,75...2,5 мм;
- 5) 3,0...4,5 мм;
- 6) 5,0...6,0 мм.

При измерении среднего диаметра резьбы призматическую вставку устанавливают на выступ профиля резьбы, коническую – в канавку резьбы, ориентируя микрометр в плоскости, перпендикулярной оси резьбы (рисунок 7.9).

Для установки на нуль резьбового микрометра необходимо привести в соприкосновение вставки и закрепить микровинт стопором. Отпустив гайку, закрепляющую нижнюю часть барабана, повернуть ее до совпадения нулевого штриха барабана с продольным штрихом стебля и края барабана с нулевым штрихом стебля. Затем закрепить барабан, отпустить стопор микровинта и проверить нулевое положение, отводя и снова подводя микровинт к пятке.

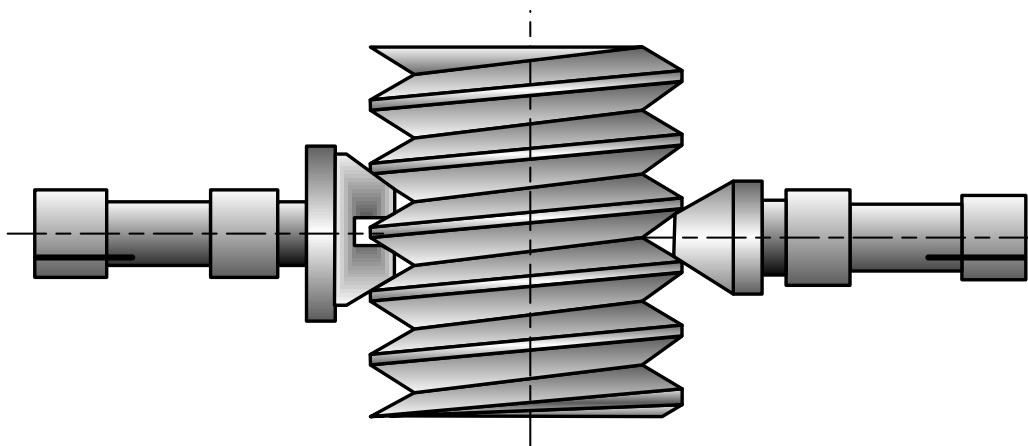


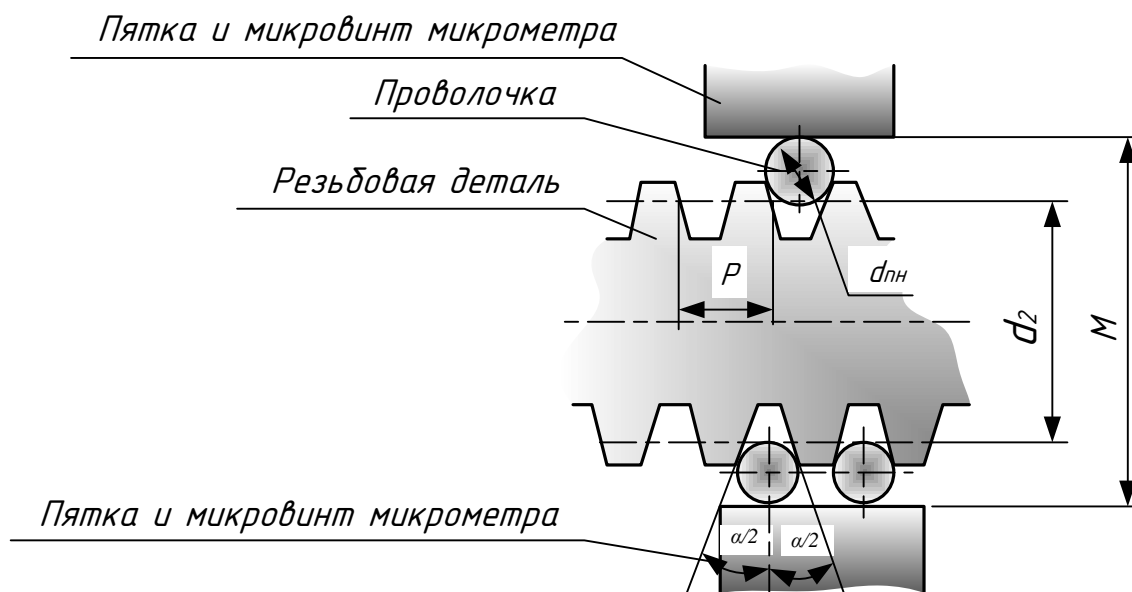
Рисунок 7.9 – Установка вставок резьбового микрометра

Основные источники погрешностей измерения среднего диаметра резьбы резьбовыми микрометрами: погрешности половины угла профиля измеряемой резьбы и вставок, несопадение оси посадочной поверхности конической вставки и биссектрисы угла призматической вставки. Погрешность измерения среднего диаметра резьбы резьбовыми микрометрами примерно в два раза больше, чем измерение деталей гладкими микрометрами, что не позволяет применять резьбовые микрометры для измерения точных резьб.

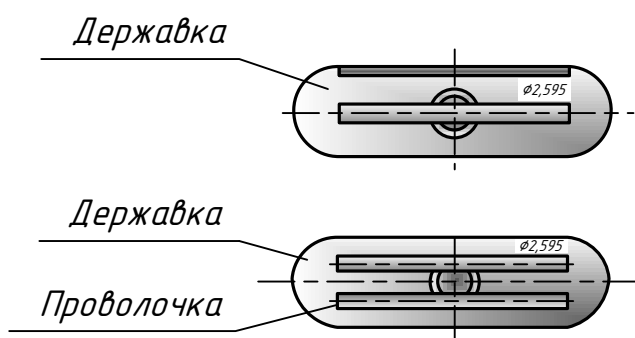
7.5 Измерение резьбы методом трех проволочек

Измерение этим методом базируется на определении среднего диаметра резьбы, как диаметра воображаемого цилиндра, поверхность которого пересекает витки резьбы так, что толщина витка в сечении, проходящем через ось резьбы, равна ширине впадины (рисунок 7.1).

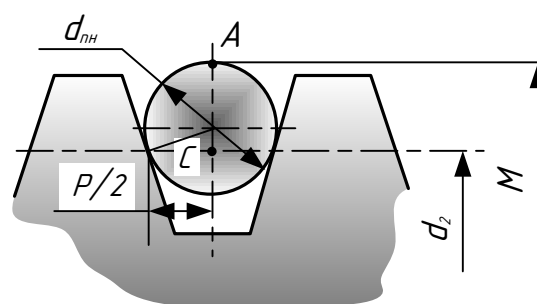
Измерение среднего диаметра резьбы методом трех проволочек заключается в том, что во впадины резьбы закладывается три калиброванные проволочки равного диаметра d_n (рисунок 7.10а), закрепленные на державках (рисунок 7.10б), и при помощи гладкого микрометра измеряется размер M . Вставка с двумя проволочками устанавливается на неподвижную пятку, а вставка с одной проволочкой на микровинт. При изменении диаметра проволочек изменяется их положение во впадине, при этом на точности измерения среднего диаметра в значительной мере сказываются погрешности угла профиля. Для уменьшения влияния этих погрешностей выбирают проволочки наивыгоднейшего диаметра d_{nm} , обеспечивающего их касание с впадиной резьбы по линии среднего диаметра d_2 (рисунок 7.10в).



а) установка проволочек во впадины



б) комплект проволочек



в) установка диаметра проволочки
навыгоднейшего диаметра d_n

Рисунок 7.10 – Схема измерения среднего диаметра наружной резьбы

Размер среднего диаметра d_2 для метрической резьбы связан с размером M следующей зависимостью:

$$d_2 = M - 3d_n + 0,866P, \quad (7.1)$$

где M – размер, полученный в результате измерения резьбы микрометром с проволочками, мм;

d_n – диаметр проволочек, мм;

P – шаг резьбы, мм.

Измерения с помощью проволочек является точным способом измерения среднего диаметра d_2 наружных резьб косвенным методом. Диаметр проволочек, изготавливаемых с высокой степенью точности, берется в зависимости от шага резьбы и должен обеспечивать касание цилиндрической поверхности проволочки, вложенной во впадину, с боковыми сторонами витков в точках пересечения их с образующей среднего диаметра.

Стандарт предусматривает следующие диаметры проволочек в зависимости от шага измеряемой резьбы, приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наивыгоднейшие диаметры проволочек d_{nn} , мм

P	d_{nn}	P	d_{nn}	P	d_{nn}	P	d_{nn}
0,2	0,118	0,5	0,291	1,25	0,724	3,5	2,020
0,25	0,142	0,6	0,343	1,5	0,866	4,0	2,311
0,3	0,170	0,7	0,402	1,75	1,008	4,5	2,595
0,35	0,201	0,75	0,433	2,0	1,575	5,0	2,886
0,4	0,232	0,8	0,461	2,5	1,441	5,5	3,177
0,45	0,200	1,0	0,572	3,0	1,732	6,0	3,468

7.6 Содержание и порядок выполнения работы

7.6.1 Проставить на эскизе размеры резьбы винта с допусками согласно заданию (таблица 7.2) [1, формулы (8.1) – (8.5), таблицы 8.5, 8.6]. Записать результат в таблицу 7.1 протокола.

7.6.2 Определить действительную величину шага резьбы P при помощи резьбового шаблона. Записать результат в таблицу 7.2 протокола.

7.6.3 Рассчитать величину шага резьбы $P_{расч}$ по результатам измерения штангенциркулем. Округлить значение $P_{расч}$ до ближайшего значения P по стандарту [1, таблица 8.1]. Записать результаты в таблицу 7.2 протокола.

7.6.4 Провести трехкратные измерения гладким микрометром наружного диаметра d и определить его действительную величину, как среднеарифметическое значение из трех измерений. Записать результаты в таблицу 7.3 протокола.

7.6.5 Провести трехкратные измерения резьбовым микрометром среднего диаметра d_2 и определить его действительную величину, как среднеарифметическое значение из трех измерений. Определить годность изготовленной резьбы, действительное отклонение, результаты записать в таблицу 7.4 протокола.

7.6.6 Измерением методом трех проволочек определить величину размера M и рассчитать действительную величину среднего диаметра d_2 . Записать результаты в таблицу 7.5 протокола и сделать вывод.

7.7 Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные параметры резьбы.
- 2 Дайте определения среднего, внутреннего и наружного диаметра резьбы?
- 3 Что такое ход резьбы, чем он отличается у одно- и многозаходной резьбы?
- 4 Какое основное отличие между метрической и дюймовой резьбой?
- 5 Назовите диаметры наружной резьбы, для которых по стандарту не установлены допуски.
- 6 К какому виду измерений относится измерение резьбы при помощи калибров?
- 7 Если резьба гайки свинчивается с «ПР» стороной калибра пробки и не свинчивается с «НЕ» стороной, то такая резьба считается негодной?
- 8 Какой диаметр проволочек считается наивыгоднейшим?
- 9 От какого параметра резьбы зависит диаметр проволочек?
- 10 Назовите основные части микрометра.

Таблица 7.2 – Размеры деталей для лабораторной работы № 7 «Измерение параметров метрической резьбы»

Номер варианта	Номер детали	Размер наружной резьбы	Размер внутренней резьбы	Номер варианта	Номер детали	Размер наружной резьбы	Размер внутренней резьбы
1	1	M30-6g	M16-6H	9	9	M30-8g	M16-7H
2	2	M33-8g	M14-7H	10	10	M33-6g	M14-8H
3	3	M30-6g	M12-8H	11	11	M30-6g	M12-6H
4	4	M30-6g	M10-6H	12	12	M33-8g	M10-8H
5	5	M33-8g	M16-6G	13	13	M30-6g	M16-7G
6	6	M30-8g	M14-7G	14	14	M33-6g	M14-6G
7	7	M30-6g	M12-7H	15	15	M30-6g	M12-8H
8	8	M33-6g	M10-8H	16	1	M30-8g	M10-7H

Лабораторная работа № 8

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить параметры шероховатости поверхности, овладеть способами измерения параметров шероховатости поверхности.

8.1 Задание

- 1 Изучить методы измерения шероховатости поверхности.
- 2 Определить методом визуального сличения действительные параметры шероховатости по образцам.
- 3 Определить действительную величину R_z микроскопом МИС-11.
- 4 По полученной профилограмме определить следующие параметры шероховатости:
 - наибольшую высоту неровностей профиля R_{max} ;
 - высоту неровностей профиля по десяти точкам R_z ;
 - средний шаг неровностей профиля S_m ;
 - средний шаг местных выступов профиля S ;
 - относительную опорную длину t_p (принять уровень сечения $p = 30\%$).

8.2 Оборудование рабочего места

- 1 Образцы шероховатости поверхности.
- 2 Двойной микроскоп Линника МИС-11.
- 3 Профилометр.
- 4 Деталь.

8.3 Теоретические сведения

8.3.1 Параметры шероховатости

Шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине, образующих рельеф поверхности.

Шероховатость поверхности оценивается по неровностям профиля (рисунок 8.1), получаемого путем сечения реальной поверхности плоскостью. Для отделения шероховатости поверхности от других неровностей с относительно большими шагами её рассматривают в пределах базовой длины.

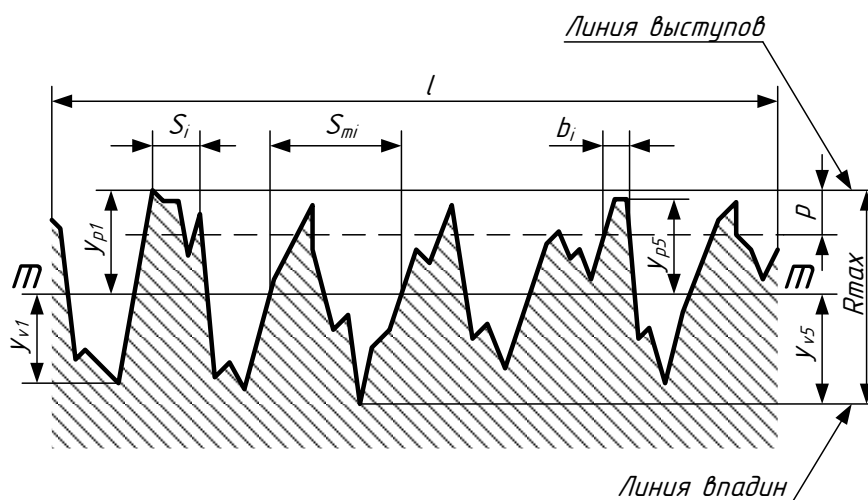


Рисунок 8.1 – Неровности профиля и параметры шероховатости поверхности

Базой для отсчета отклонений профиля является *средняя линия профиля m-m* – линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратичное отклонение профиля до этой линии минимально.

Базовой длиной l называют длину участка измерения и количественного определения шероховатости поверхности. Числовое значение базовой длины выбирают из ряда 0,01 мм, 0,03 мм, 0,08 мм, 0,25 мм, 0,80 мм, 2,5 мм.

Для количественной оценки и нормирования шероховатости поверхности ГОСТ 2789 устанавливает следующие шесть параметров шероховатости, из которых первые три характеризуют высоту неровностей (вертикальные параметры), а три последние – шаговые размеры неровностей (горизонтальные параметры):

1 *Среднее арифметическое отклонение профиля R_a* – это среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx, \quad (8.1)$$

где l – базовая длина;

y – отклонение профиля (расстояние между любой точкой профиля и линией *m - m*).

При дискретном способе обработки профилограммы параметр R_a рассчитывают по формуле:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|, \quad (8.2)$$

где y_i – измеренные отклонения профиля в дискретных точках;

n – число измеренных дискретных отклонений на базовой длине.

R_a нормируется в пределах от 0,008 до 100 мкм.

2 *Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z* – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5}, \quad (8.3)$$

где y_{pi} – высота i -го наибольшего выступа профиля;

y_{vi} – глубина i -й наибольшей впадины профиля.

R_z нормируется в пределах от 0,025 до 1000 мкм.

3 *Наибольшая высота неровностей профиля R_{max}* – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины (рисунок 8.1). R_{max} нормируется в пределах от 0,025 до 1000 мкм.

4 *Средний шаг неровностей профиля S_m* – среднее значение шага неровностей в пределах базовой длины:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}, \quad (8.4)$$

где S_{mi} – шаг неровностей профиля – отрезок средней линии, заключенный между точками пересечения смежных выступа и впадины со средней линией.

Другими словами, под средним шагом неровностей понимается среднее арифметиче-

ское значение длин отрезков средней линии, пересекающих профиль в трех соседних точках и ограниченных двумя крайними точками.

Значение S_m нормируется в пределах от 0,002 до 12,5 мм.

5 Средний шаг местных выступов профиля S – среднее значение шага местных выступов профиля в пределах базовой длины:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i, \quad (8.5)$$

где S_i – шаг местных выступов профиля – длина отрезка средней линии, заключенного между проекциями на неё наивысших точек двух соседних местных выступов профиля.

То есть, под этим параметром понимается среднее арифметическое значение длины отрезков средней линии между проекциями на неё двух наивысших точек соседних выступов профиля.

Значение S нормируется в пределах от 0,002 до 12,5 мм.

6 Относительная опорная длина профиля t_p – отношение суммы длин отрезков b_i , отсекаемых в пределах базовой длины в материале детали линией, эквидистантной средней линии и расположенной на заданном расстоянии от линии выступов профиля (уровень сечения p), к базовой длине:

$$t_p = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i. \quad (8.6)$$

Значение p – уровень сечения профиля обычно выражают в процентах от R_{max} величинами от 5 до 90%. Значение t_p нормируется в пределах от 10 до 90%.

Кроме перечисленных шести количественных параметров шероховатости, стандартом установлены два качественных параметра:

а) вид обработки. Указывается в том случае, когда шероховатость поверхности следует получить только определенным способом;

б) тип направлений неровностей: параллельное, перпендикулярное, перекрещивающееся, произвольное, кругообразное, радиальное, точечное. Тип направлений неровностей указывается только в ответственных случаях, когда это необходимо по условиям работы детали или сопряжения.

8.3.2 Зависимость значений параметров шероховатости от методов обработки поверхностей

Получение тех или иных значений параметров шероховатости напрямую зависит от выбора способа обработки конкретной поверхности детали.

Связь между некоторыми распространенными методами обработки деталей и получаемыми значениями параметров шероховатости представлена в таблице 8.1 и на рисунке 8.2.

Таблица 8.1 – Шероховатость поверхности при некоторых методах обработки

Вид обработки поверхности детали	R_a , мкм	S_m , мм	S , мм	t_{20} , %
Наружные поверхности вращения				
Обтачивание:				
черновое	12,5 – 50	0,32 – 1,25	0,32 – 1,25	10 – 15
получистовое	3,2 – 12,5	0,160 – 0,40	0,160 – 0,40	10 – 15
чистовое	0,8 – 2,5	0,080 – 0,160	0,050 – 0,160	10 – 15
тонкое	0,1 – 0,8	0,020 – 0,100	0,010 – 0,100	10 – 15

Продолжение таблицы 8.1

Вид обработки поверхности детали	R_a , мкм	S_m , мм	S , мм	t_{20} , %
Шлифование:				
предварительное	1 – 2,5	0,063 – 0,20	0,032 – 0,160	10
чистовое	0,2 – 1,25	0,025 – 0,100	0,010 – 0,080	10
тонкое	0,05 – 0,25	0,008 – 0,025	0,003 – 0,160	40
Полирование	0,008 – 0,08	0,008 – 0,025	0,002 – 0,08	10
Внутренние поверхности вращения				
Сверление и рассверливание	3,2 – 12,5	0,16 – 0,80	0,08 – 0,63	10 – 15
Растачивание:				
черновое	6,3 – 12,5	0,25 – 1,0	0,25 – 1,0	10 – 15
получистовое	1,6 – 6,3	0,125 – 0,32	0,125 – 0,32	10 – 15
чистовое	0,8 – 2,0	0,08 – 0,16	0,05 – 0,16	10 – 15
тонкое	0,2 – 0,8	0,02 – 0,10	0,01 – 0,10	10 – 15
Шлифование:				
предварительное	1,6 – 3,2	0,063 – 0,25	0,032 – 0,160	10
чистовое	0,32 – 1,60	0,025 – 0,100	0,010 – 0,080	10
тонкое	0,08 – 0,32	0,008 – 0,025	0,003 – 0,160	10
Плоские поверхности				
Торцовое фрезерование:				
черновое	3,2 – 12,5	0,160 – 0,40	0,160 – 0,40	10 – 15
чистовое	1 – 4	0,08 – 0,20	0,063 – 0,20	10 – 15
тонкое	0,32 – 1,25	0,025 – 0,100	0,016 – 0,08	10 – 15
Цилиндрическое фрезерование:				
черновое	3,2 – 12,5	1,25 – 5	1,25 – 5	10
чистовое	0,08 – 0,32	0,5 – 2	0,5 – 2	10
тонкое	0,2 – 1	0,16 – 0,63	0,1 – 0,63	10 – 15

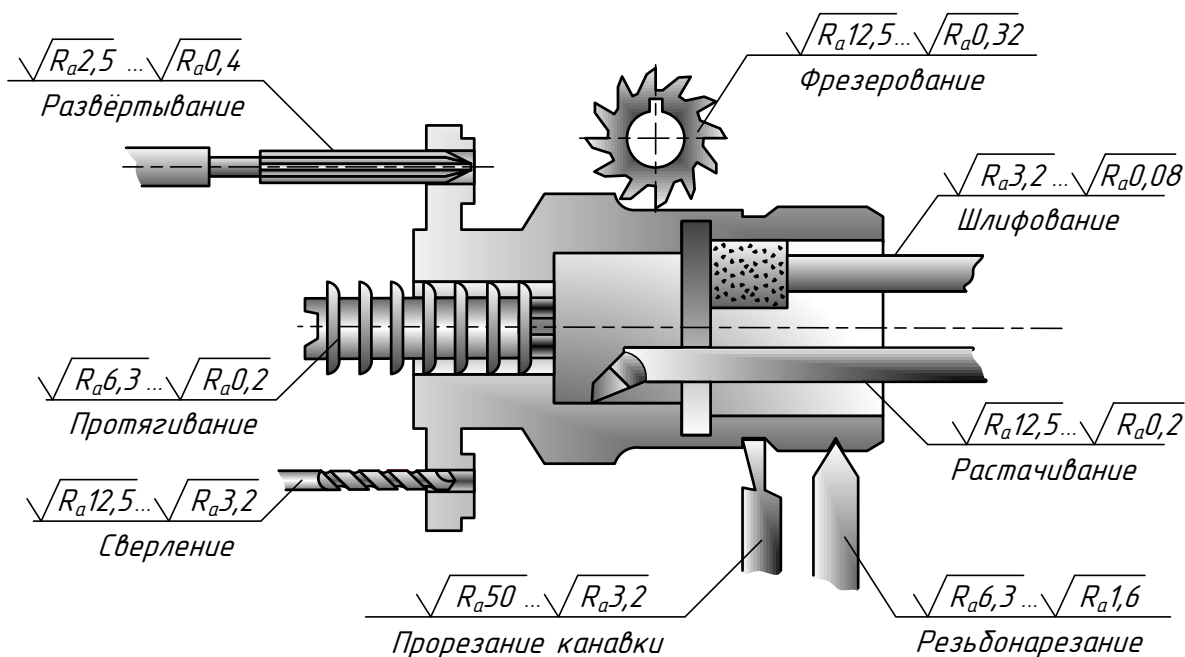


Рисунок 8.2 – Шероховатость поверхности при некоторых методах обработки

8.4 Определение шероховатости поверхности детали

Контроль и измерение шероховатости поверхности могут быть выполнены различными методами. Наиболее простым и в то же время наиболее субъективным методом (точность его зависит от квалификации исполнителя) является метод сравнения с эталонным образцом, шероховатость которого известна (рисунок 8.3).

❖ *Эталонные образцы шероховатости впервые начали применяться в России с 1893 года на Тульском оружейном заводе под именем «лекала - образцы чистоты».*

Образцы по видам обработки монтируются в оправках и комплектуются по применяемому материалу (сталь, чугун и т. д.). При сличении двух поверхностей с шероховатостью параметра R_a от 2,50 до 0,16 мкм рекомендуется пользоваться лупой, чтобы глаза не утомлялись от излишнего напряжения.

Однако визуальная оценка субъективна, иногда ее результаты могут быть неверными, особенно для точно обработанных деталей, поэтому для более качественного определения параметров шероховатости применяются бесконтактные и контактные методы измерения с помощью специальных измерительных средств.

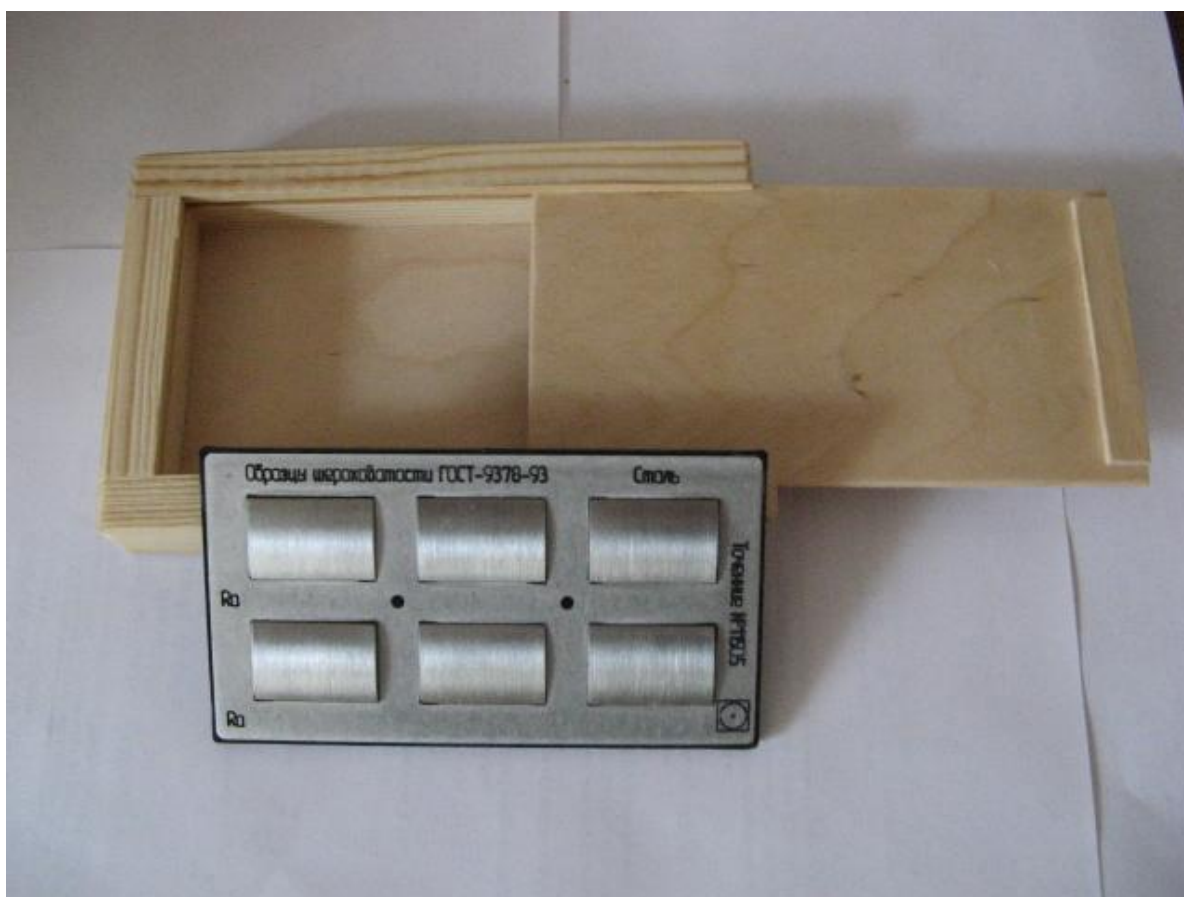


Рисунок 8.3 – Образец шероховатости поверхности

Контроль шероховатости поверхности осуществляют сравнением обрабатываемых поверхностей с образцами шероховатости поверхности, контактным методом с помощью щуповых приборов (профилометров и профилографов) и бесконтактным методом с помощью оптических приборов.

Оптический метод – это бесконтактный метод измерения шероховатости, который состоит из целой группы методов. Самые распространенные из них – это:

– метод светового свечения и теневой метод,

- микроинтерференционный метод,
- растровый метод.

Растровый метод предполагает следующую последовательность действий: на исследуемую поверхность кладется стеклянная пластинка, с нанесенной на неё растровой сеткой (т.е. системой равноудаленных параллельных линий), с маленьким шагом. Затем, на пластинку подаются световые лучи под наклоном. При падении световых лучей под наклоном в местах микроскопических неровностей, штрихи отраженной растровой сетки накладываются на штрихи реально нарисованной сетки, в результате чего возникают муаровые полосы, которые и свидетельствуют о наличии выступов или впадин на поверхности изучаемого объекта. При помощи растрового микроскопа и определяют параметры неровности. Точную методику определения параметров можно посмотреть в соответствующем стандарте. Отметим, что растровый метод применим для обследования поверхностей, следы неровностей на которых имеют преимущественно одинаковое направление (например, царапины в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания).

Метод светового и теневого свечения – это наиболее часто применяемые методы измерения параметров неровностей. Метод светового свечения сводится к тому, что: световой поток от источника света, проходя сквозь узкую щель, превращается в тонкий, узкий пучок. Затем, при помощи объектива, он направляется на исследуемую поверхность под определенным углом. Отражаясь, луч опять проходит через объектив и формирует изображение щели в окуляре. При этом, абсолютно ровная поверхность будет иметь идеально прямой световой пучок (линия), а шероховатая поверхность – искривленный.

Теневой метод - это усовершенствованный и продолженный метод светового свечения. Состоит он в том, что: недалеко от изучаемой поверхности приспособляется линейка со скошенным ребром. Пучок света преодолевает то же самое расстояние, однако, будто ножом, срезается ребром линейки. При этом, на измеряемой поверхности можно наблюдать тень, верхняя часть которой в точности повторяет изучаемый профиль. При помощи микроскопа, такое изображение рассматривают, анализируют и делают выводы о параметрах и характере шероховатости.

Микроинтерференционный метод – реализуется при помощи специального измерительного прибора, который состоит из измерительного микроскопа и интерферометра. Используя интерферометр, получают интерференционную картину поверхности исследуемого объекта с искривлениями полос в местах неровностей. Параметры шероховатости измеряют, затем, при помощи микроскопа.

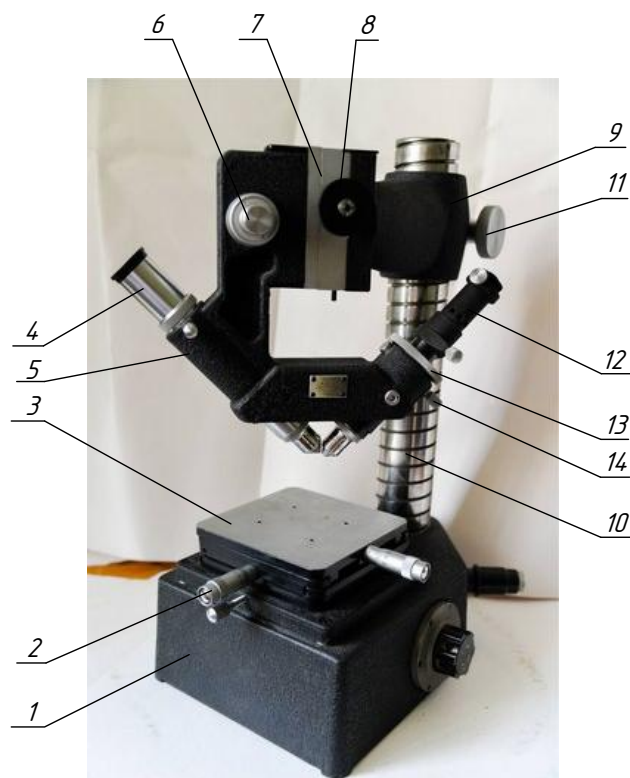
Также, следует выделить отдельно *метод слепков*, который применяется для оценки шероховатости различных труднодоступных поверхностей, а также поверхностей, обладающих сложным строением. Метод слепков, представляет собой снятие негативных копий поверхности при помощи воска, парафина или гипса, а также последующее их изучение щуповым или оптическим методом. Таким образом, метод слепков – это не самостоятельный метод, а лишь метод связанный с подготовкой к измерению. Он применим только совместно с одним из способов измерения шероховатости.

8.5 Двойной микроскоп Линника МИС-11

❖ *В.П.Линник (1889 – 1984) – крупный специалист по прикладной оптике, академик АН СССР.*

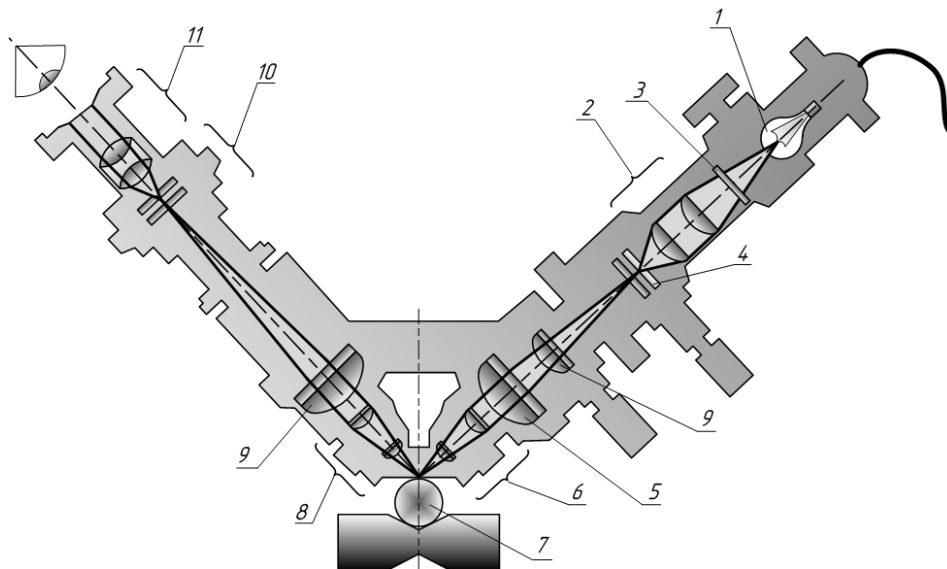
Двойной микроскоп МИС-11 (рисунок 8.4) предназначен для измерения параметров шероховатости в пределах от $R_z 80$ до $R_z 0,8$ методом светового сечения.

Двойной микроскоп представляет систему двух микроскопов, предметные точки объективов которых совмещены. Оси микроскопов составляют между собой угол 90° , причем биссектриса этого угла совпадает с нормалью к измеряемой поверхности. Один из микроскопов является проектирующим, а второй – наблюдательным. Оптическая схема микроскопа представлена на рисунке 8.5.



1 – основание; 2 – стопорный винт стола; 3 – предметный стол; 4 – тубус окулярного микрометра; 5 – микроскоп наблюдения; 6 – винт микрофокусировки; 7 – салазки крепления микроскопа; 8 – винт реечной подачи салазок; 9 – направляющие кронштейна; 10 – стойка; 11 – стопорный винт кронштейна; 12 – тубус проекционного микроскопа; 13 – кольцо регулировки ширины щели; 14 – винт установки изображения

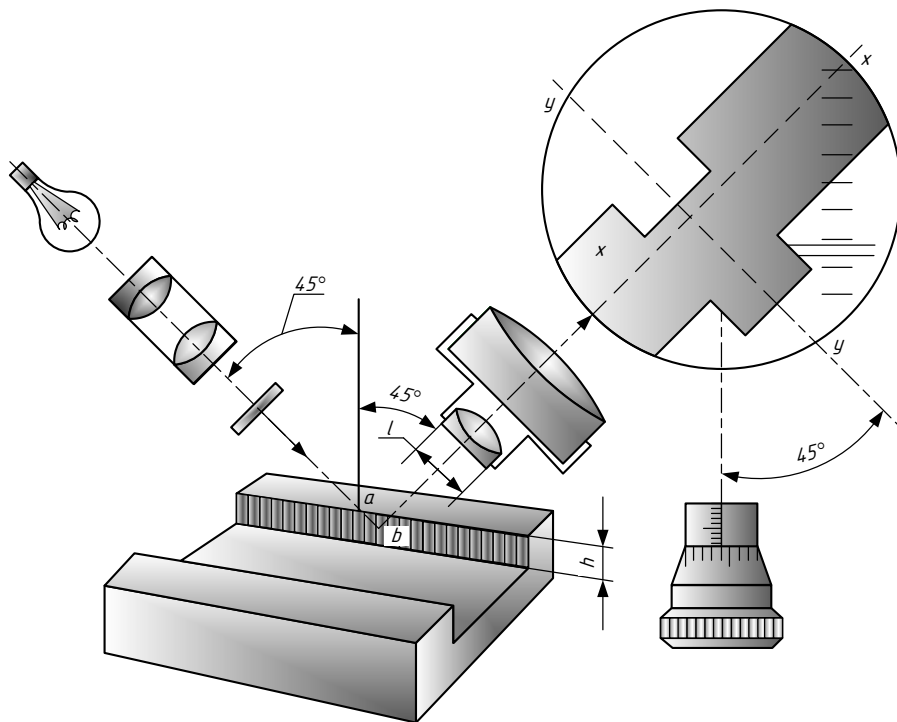
Рисунок 8.4 – Общий вид двойного микроскопа Линника МИС-11



1 – осветительная лампа; 2 – линзы конденсатора; 3 – светофильтр; 4 – щель; 5 – выравнивающая линза; 6 – объектив осветительного тубуса; 7 – деталь; 8 – объектив тубуса окулярного микрометра; 9 – выравнивающая линза; 10 – плоскость перекрытия; 11 – окуляр тубуса окулярного микрометра

Рисунок 8.5 – Оптическая схема двойного микроскопа Линника МИС-11

Работа двойного микроскопа основана на принцип светового сечения (рисунок 8.6). Пучок света от лампочки направляется через конденсатор и узкую щель диафрагмы в объектив осветительного тубуса и трансформируется в световой штрих на поверхности детали. Отражаясь от поверхности детали, плоский луч света деформируется и попадает в объектив визуального тубуса. При этом в окуляре видна изогнутая световая линия, соответствующая неровностям исследуемой поверхности детали.



a – точка отражения луча от плоскости выступов; b – точка отражения луча от плоскости впадин; h – высота неровности; l – величина смещения изображения щели на поверхности детали; x – x и y – y – перекрестие в окуляре микроскопа; AB – увеличенный размер l

Рисунок 8.6 – Ход лучей и изображение в окуляре микроскопа

8.6 Определение шероховатости поверхности профилометром

Контактный метод заключается в непрерывном «ощупывании» измеряемой поверхности (рисунок 8.7). Консоль держит иглу, которая перемещается в горизонтальном направлении 1 над поверхностью объекта. Движение иглы повторяет основные неровности профиля и соответственно двигает консоль вертикально. Вертикальная позиция 2 записывается как измеренный профиль поверхности.

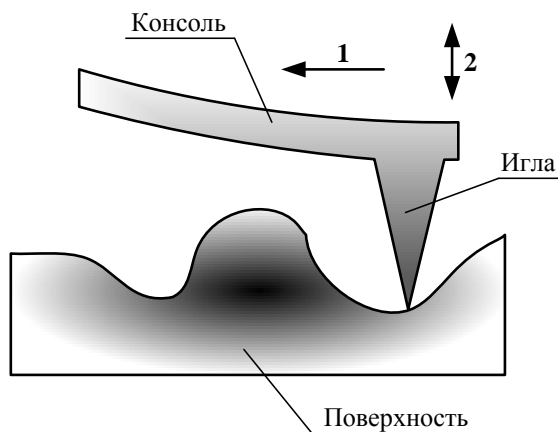


Рисунок 8.7 – Контроль шероховатости поверхности контактным методом

Щуповые приборы делятся на профилометры (рисунок 8.8), показывающие параметр R_a (в состав входит цифровой электронный блок), и профилографы, записывающие профиль поверхности – профилограмму. Профилометр с информационно-вычислительным комплексом совмещает функции профилометра и профилографа, а также измеряет кроме R_a все основные и ряд дополнительных параметров шероховатости. Наиболее распространенными моделями профилометр-профилографов являются модели «Калибр 250», «Калибр 252» и БВ-7669.



Рисунок 8.8 – Профилометр

Профилометр получает сигнал от датчика с алмазной иглой, перемещающейся перпендикулярно контролируемой поверхности. После электронного усилителя сигнал интегрируется для выдачи усреднённого параметра, количественно характеризующего поверхностные неровности на определённой длине. Наиболее распространены профилометры с постоянной трассой интегрирования, равной рабочей длине трассы ощупывания, и отсчётом показаний по шкале после завершения ощупывания. Выпускают также профилометры со скользящей трассой интегрирования, меньшей длины трассы ощупывания, и отсчётом показаний в процессе перемещения иглы по поверхности. Прибором можно измерять внутренние поверхности при диаметре от 6 мм и больше.

8.7 Обработка профилограммы

По полученной профилограмме определить следующие параметры шероховатости:

- наибольшую высоту неровностей профиля R_{max} ;
- высоту неровностей профиля по десяти точкам R_z ;
- средний шаг неровностей профиля S_m ;
- средний шаг местных выступов профиля S ;
- относительную опорную длину t_p (принять уровень сечения $p = 30\%$).

1 В пределах отмеченной на профилограмме базовой длины через наивысшую и наименьшую точки профиля (для номинально прямолинейного профиля) провести параллельно направлению записи профилограммы линии выступов и впадин и измерить между ними

расстояние (рисунок 8.9) в миллиметрах. Параметр шероховатости R_{max} , мкм, определяется как расстояние между линией выступов и линией впадин с учетом вертикального увеличения:

$$R_{max} = \frac{1000 R_{max}^n}{Y_B}, \quad (8.7)$$

где R_{max}^n – наибольшая высота неровностей профиля, измеренная на профилограмме, мм.

Y_B – коэффициент вертикального увеличения, $Y_B = 2000$.

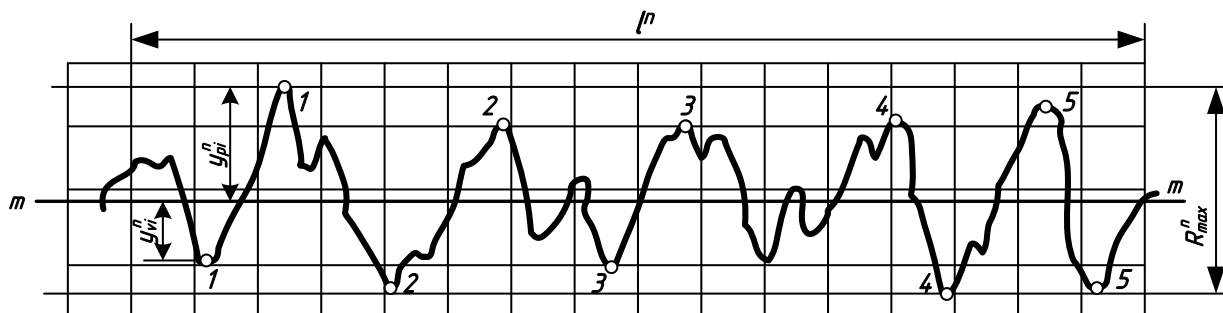


Рисунок 8.9 – Определение высотных параметров на профилограмме

2 Выделить на профилограмме в пределах базовой длины пять наибольших выступов, так чтобы между ними профилограмма пересекала среднюю линию профиля, и аналогично пять наибольших впадин. После чего измерить расстояние от средней линии до каждого из пяти наибольших выступов y_{pi} и расстояние от средней линии до каждой из пяти наибольших впадин y_{vi} (рисунок 8.9).

Значение параметра R_z , мкм, находят по формуле

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}^n| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}^n|}{5Y_B} 1000, \quad (8.8)$$

где y_{pi}^n – высота i -го наибольшего выступа профиля, мм;

y_{vi}^n – глубина i -й наибольшей впадины профиля;

Y_B – коэффициент вертикального увеличения, $Y_B = 2000$.

3 Для нахождения значения параметра t_p на профилограмме в пределах участка базовой длины на заданном уровне p^n , мм (в работе принимаем $p = 30\%$), отсчитываемом от линии выступов (рисунок 8.10), провести линию, пересекающую профиль эквидистантно линии выступов:

$$p^n = R_{max}^n p. \quad (8.9)$$

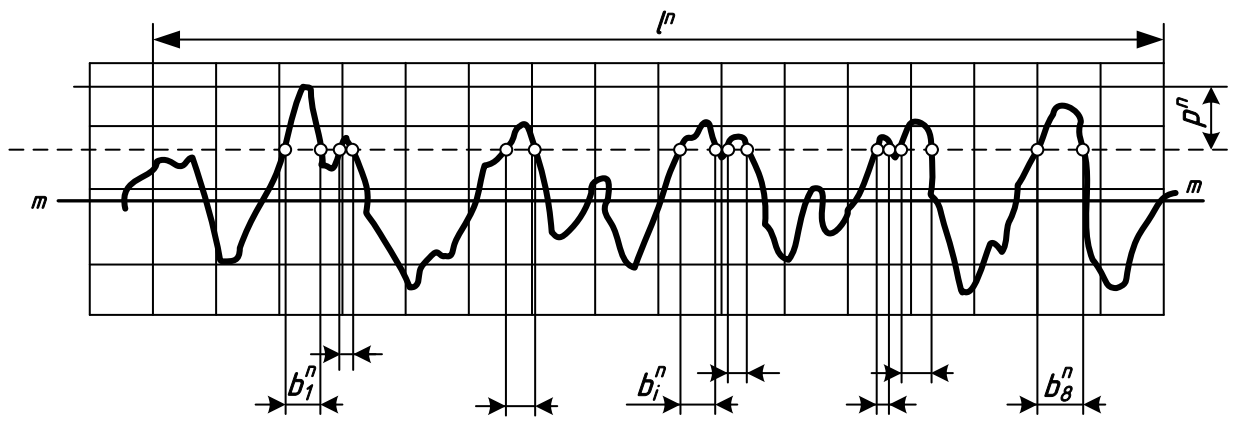


Рисунок 8.10 – Определение относительной опорной длины профиля t_p

Измеряются отрезки b_i^n в миллиметрах отсекаемые на уровне p_n в материале выступов измеряемого профиля.

Значение параметра профиля t_p , %, находится по формуле

$$t_p = \frac{\sum_{i=1}^n b_i^n}{l^n} 100\%, \quad (8.10)$$

4 Значение параметра S_m можно определить следующим способом (рисунок 8.11):

– на участке профилограммы, определяемом базовой длиной, сосчитать число пересечений профиля со средней линией;

– измерить длину отрезка средней линии l_{om}^n , ограниченного первым и последним нечетным пересечением профиля со средней линией.

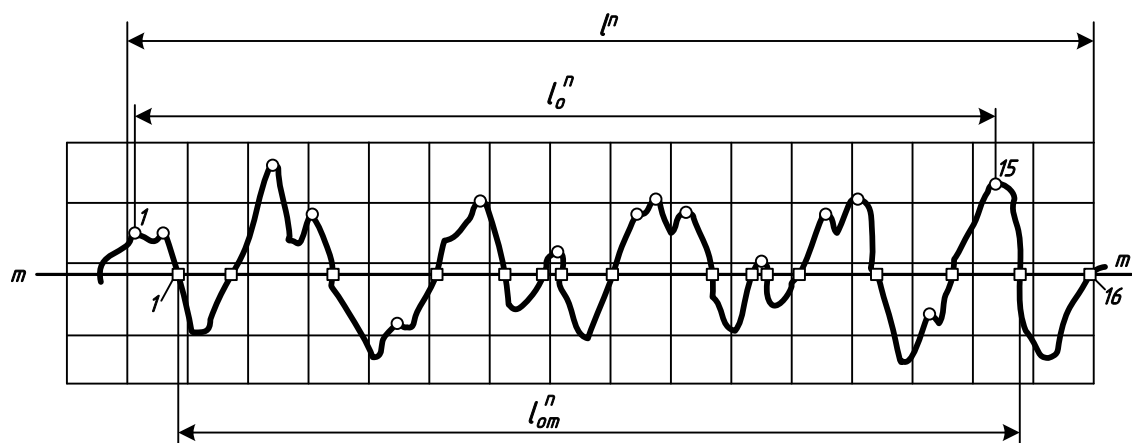


Рисунок 8.11 – Определение шаговых параметров

Значение параметра S_m , мм, находится по формуле

$$S_m = \frac{2l_{om}^n}{(k-1)Y_B}, \quad (8.11)$$

где k – число пересечений профиля со средней линией на длине l_{om}^n .

5 Значение параметра S можно определить следующим способом:

– на участке профилограммы, определяемом базовой длиной, сосчитать число максимумов профиля (рисунок 8.11);

– измерить длину отрезка средней линии l_o^n , ограниченного первым и последним местными выступами.

Значение параметра S , мм, находится по формуле

$$S = \frac{l_o^n}{nY_B}, \quad (8.12)$$

где n – число местных выступов профиля на длине l_o^n .

8.8 Содержание и порядок выполнения работы

8.8.1 Обозначить на эскизе размеры и их предельные отклонения (рисунок 8.1 протокола) согласно номеру детали, рассчитать допуск размера, определить параметры шероховатости (таблицы 8.1, А.2, А.8, А.9).

8.8.2 Определить шероховатость поверхности детали при помощи образцов шероховатости методом визуального сличения, результат записать в таблицу 8.1 протокола. Сделать заключение о соответствии действительного значения шероховатости поверхности испытуемой детали чертежному значению.

8.8.3 Определить шероховатость поверхности детали при помощи двойного микроскопа МИС-11. Результаты записать в таблицы 8.2 и 8.3 протокола.

8.8.4 По выданной профилограмме определить: наибольшую высоту неровностей профиля R_{max} ; высоту неровностей профиля по десяти точкам R_z ; средний шаг неровностей профиля S_m ; средний шаг местных выступов профиля S ; относительную опорную длину t_p (принять уровень сечения p). Результаты записать в таблицы 8.4 – 8.8 протокола. Профилограмму приложить к протоколу.

8.9 Контрольные вопросы

- 1 Дать определение шероховатости поверхности.
- 2 Перечислите параметры шероховатости поверхности и укажите их на профилограмме.
- 3 Дайте определение шероховатости профиля по R_a .
- 4 Дайте определение шероховатости профиля по R_z .
- 5 Что такое средний шаг неровностей профиля по вершинам, укажите на профилограмме?
- 6 Что такое средний шаг неровностей профиля по средней линии, укажите на профилограмме?
- 7 Дайте определение базовой длины поверхности.
- 8 Перечислите методы определения шероховатости поверхности, какой из них наиболее простой в применении?
- 9 Какие параметры шероховатости являются нормируемыми?
- 10 Какой параметр шероховатости считается предпочтительным?

Таблица 8.1 – Размеры деталей для лабораторной работы № 8 «Измерение параметров шероховатости поверхности»

Номер детали	Размер	Материал	Способ обработки	Номер детали	Размер	Материал	Способ обработки
1	Ø19h12	Сталь	Точение	8	Ø19h11	Сталь	Точение
2	Ø19h11	Сталь	Точение	9	Ø19h10	Сталь	Точение
3	Ø19h10	Сталь	Точение	10	Ø19h12	Чугун	Точение
4	Ø19h12	Сталь	Точение	11	Ø19h11	Чугун	Точение
5	Ø19h11	Сталь	Точение	12	Ø19h10	Чугун	Точение
6	Ø19h10	Сталь	Точение	13	Ø19h12	Чугун	Точение
7	Ø19h12	Сталь	Точение	14	Ø19h11	Чугун	Точение

Варианты профилограмм приведены на рисунках 8.12 – 8.25.

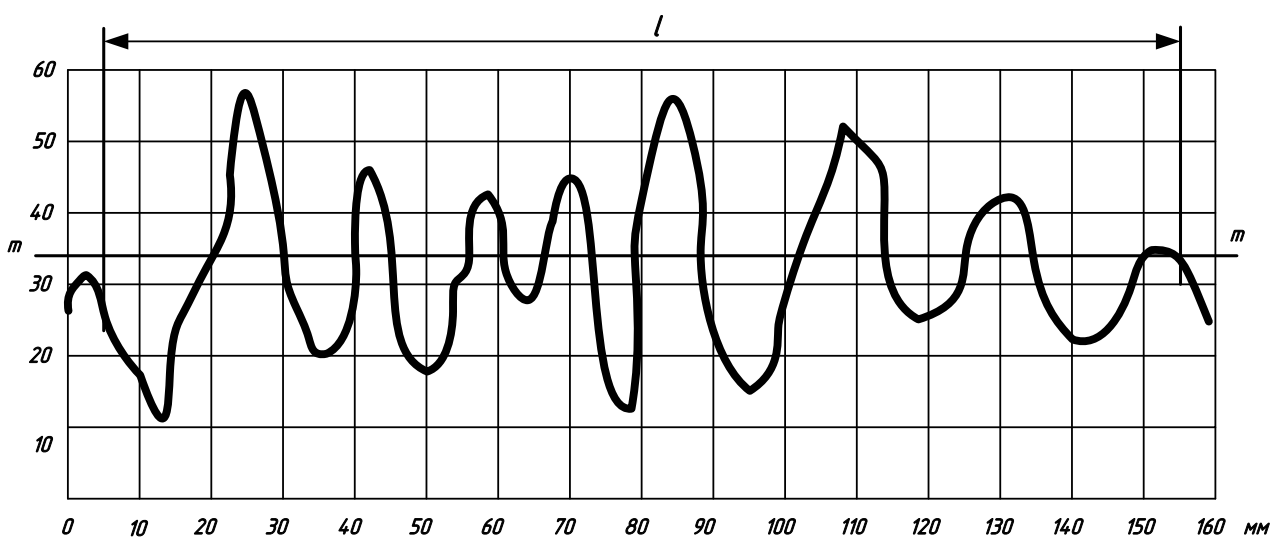


Рисунок 8.12 – Вариант 1

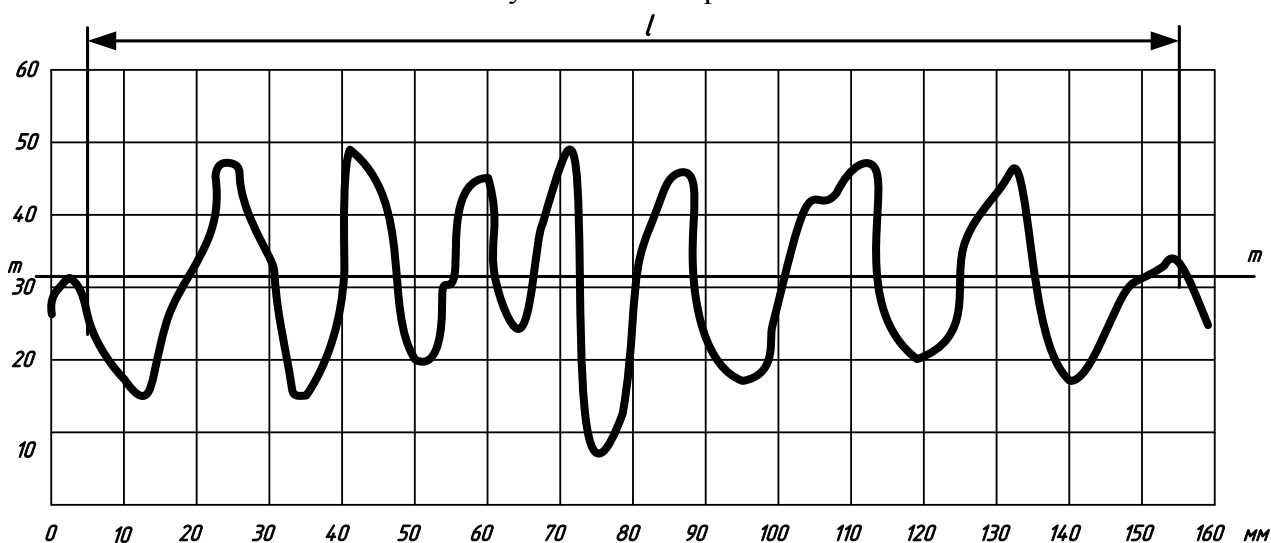


Рисунок 8.13 – Вариант 2

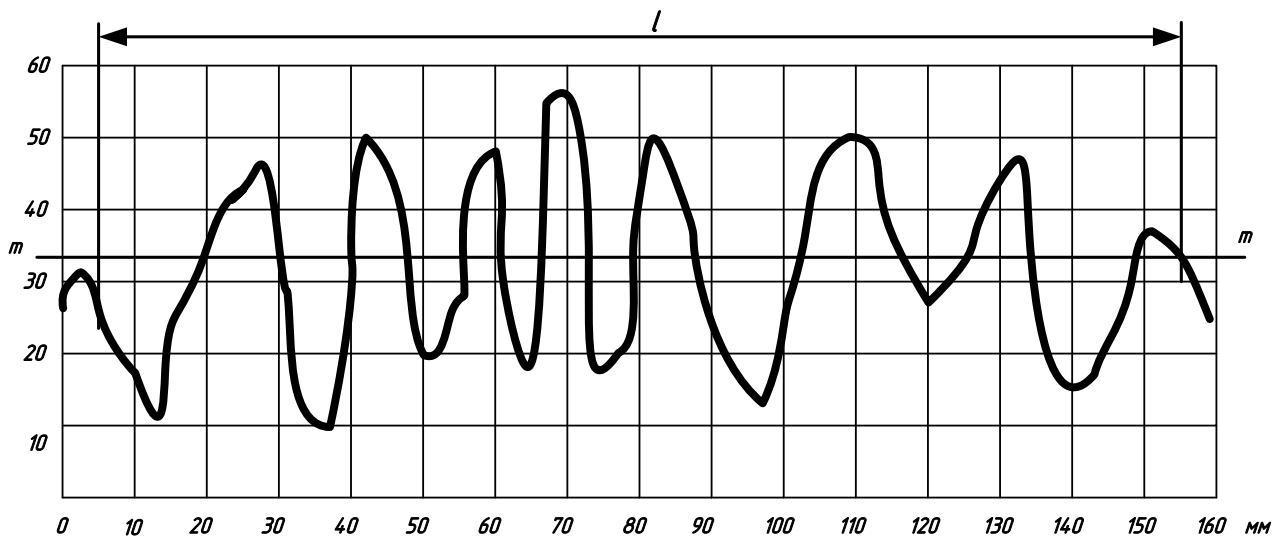


Рисунок 8.14 – Вариант 3

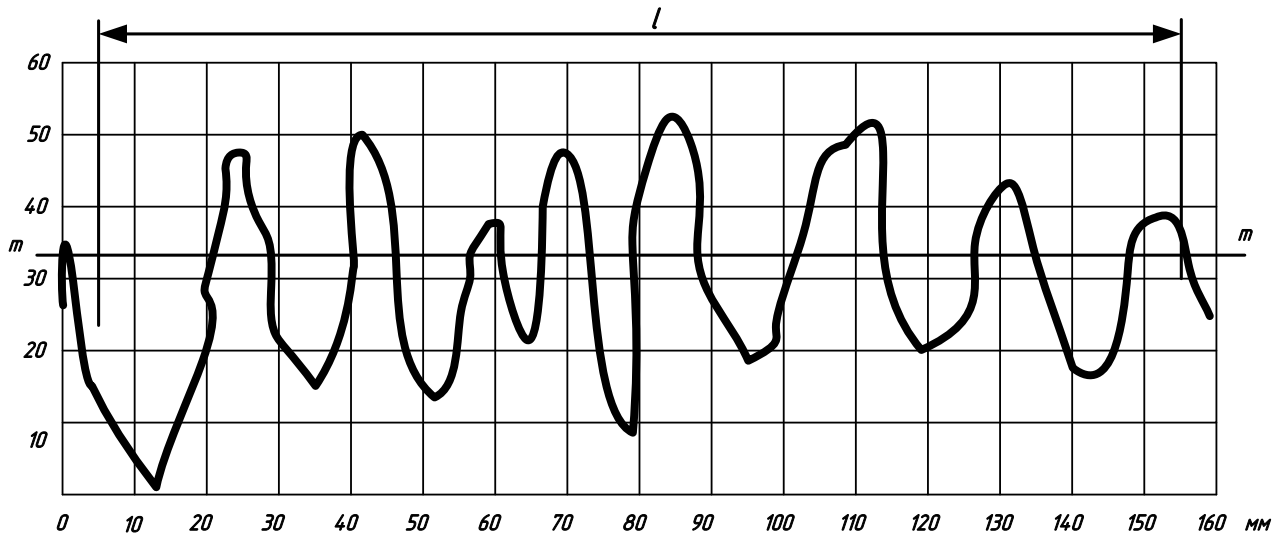


Рисунок 8.15 – Вариант 4

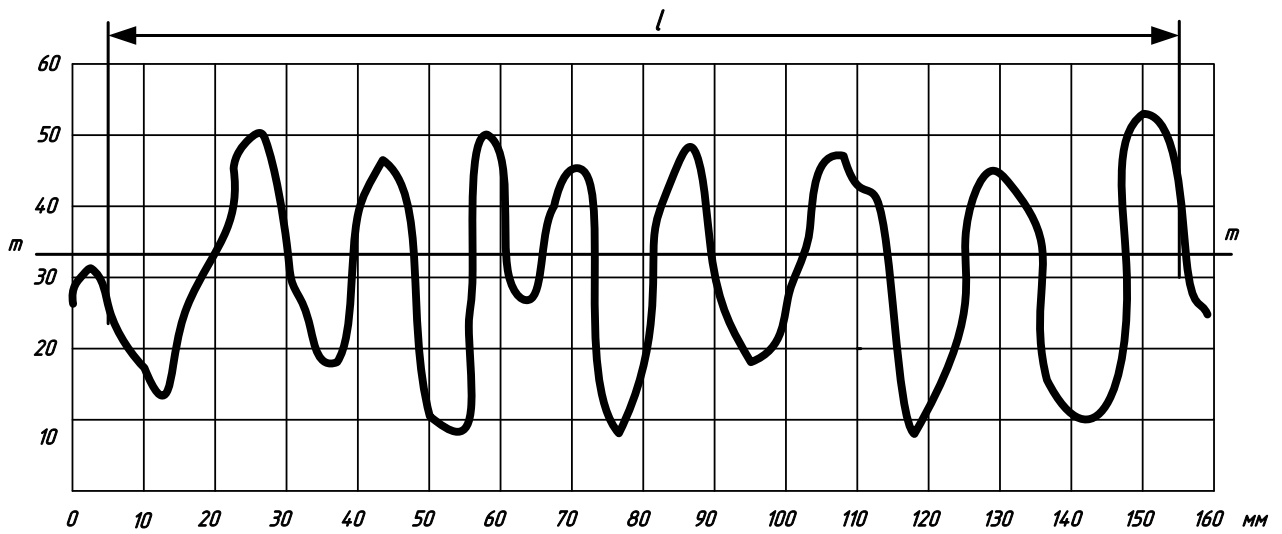


Рисунок 8.16 – Вариант 5

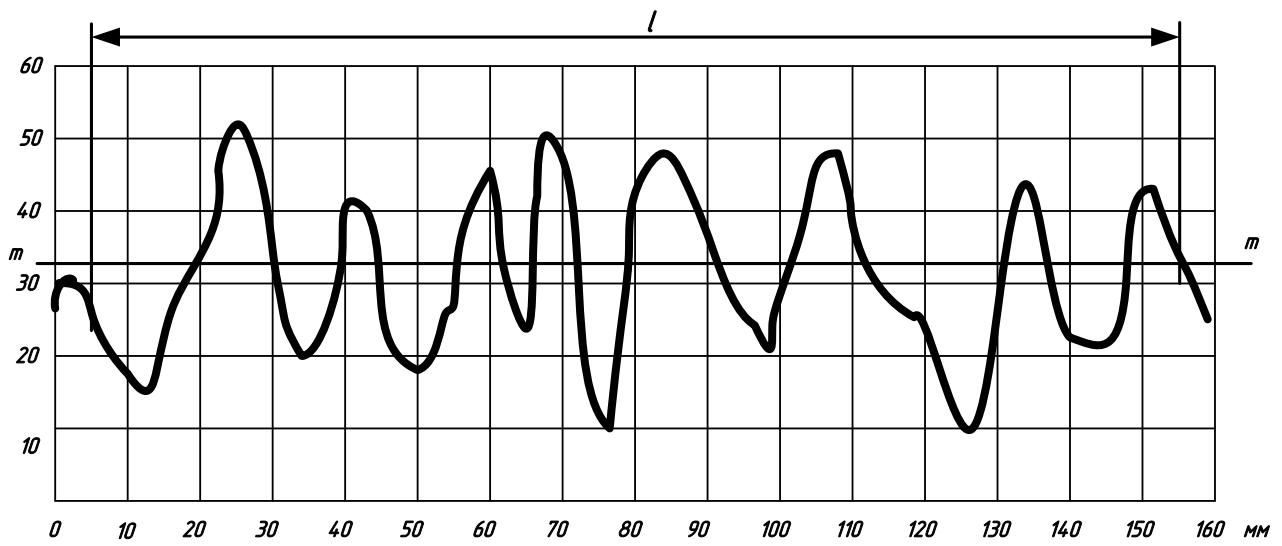


Рисунок 8.17 – Варианты 6

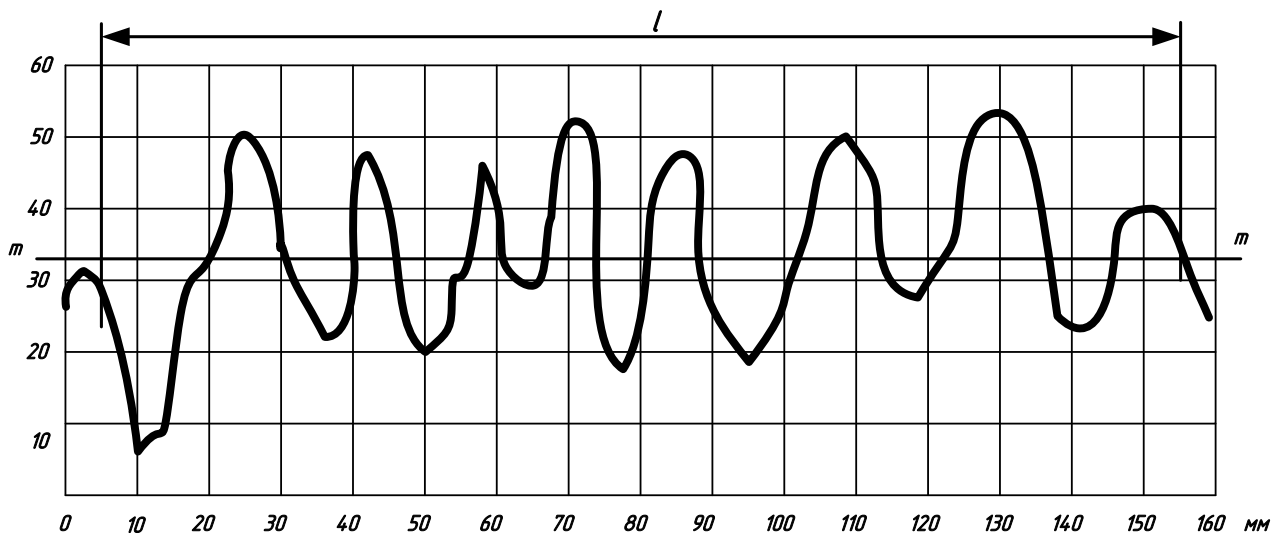


Рисунок 8.18 – Вариант 7

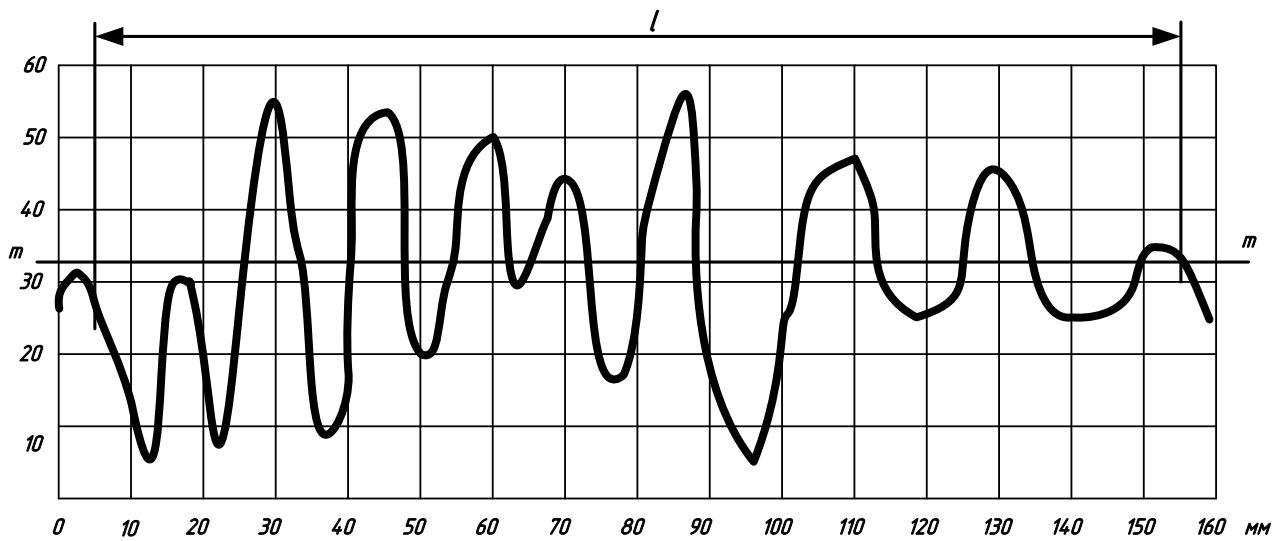


Рисунок 8.19 – Варианты 8

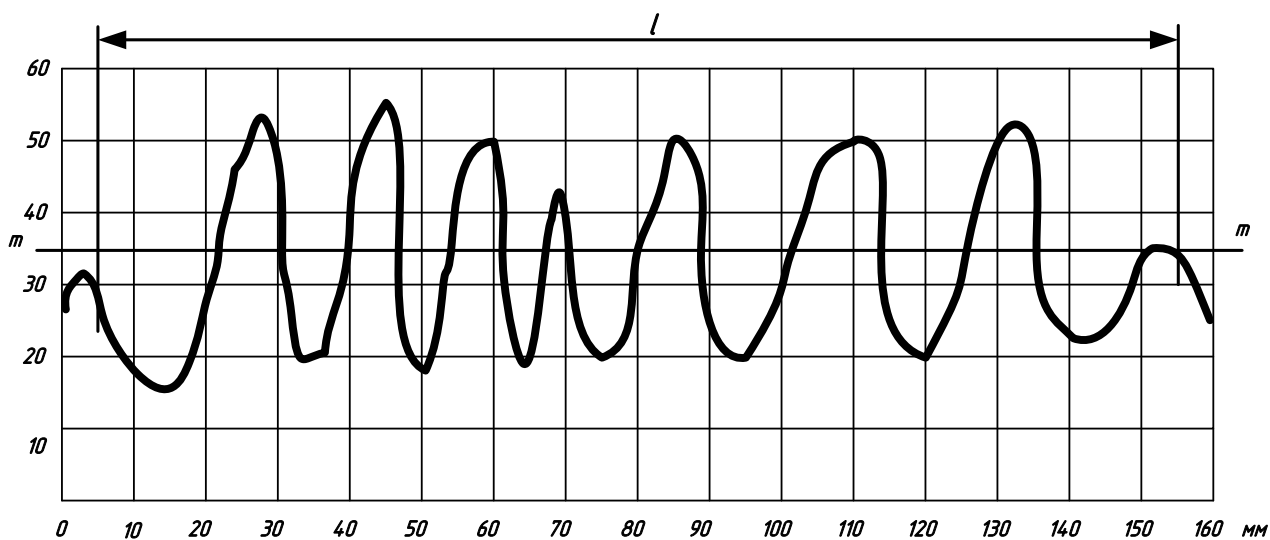


Рисунок 8.20 – Вариант 9

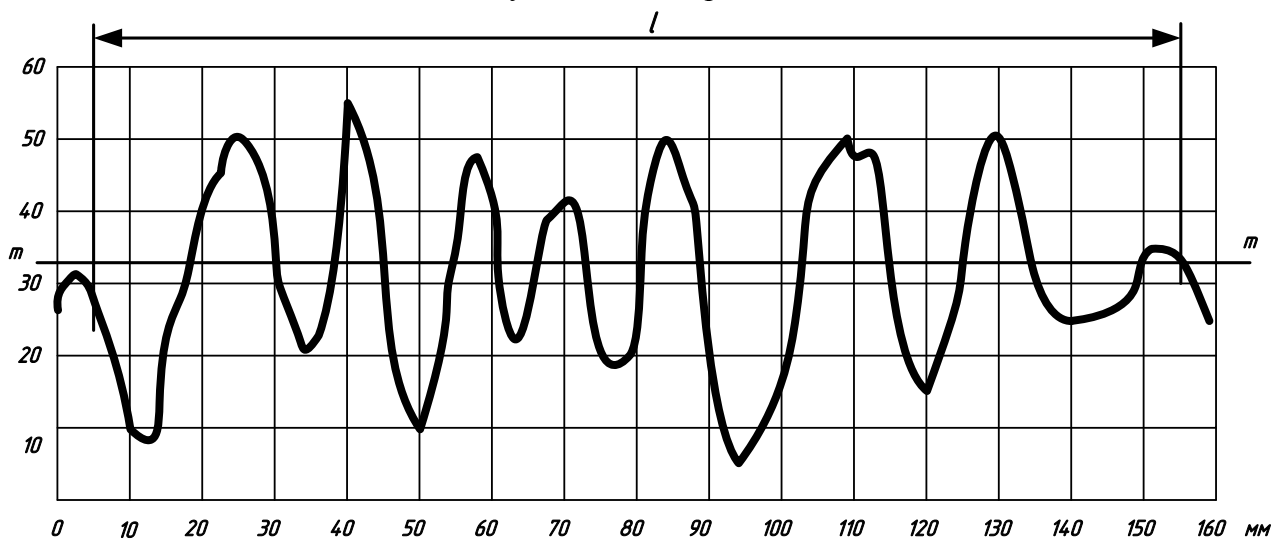


Рисунок 8.21 – Вариант 10

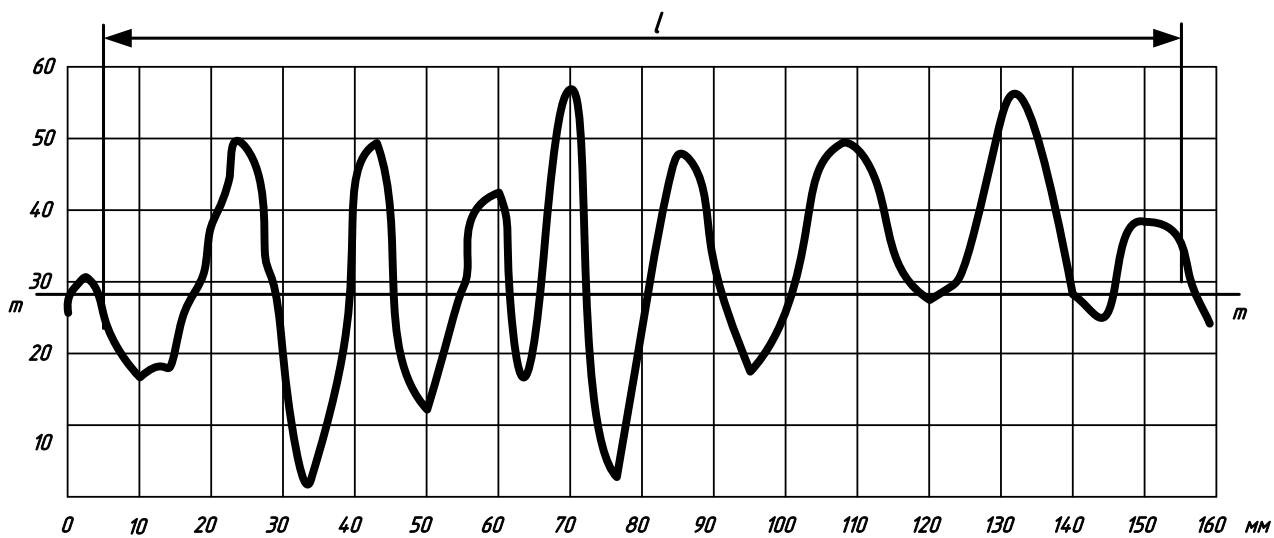


Рисунок 8.22 – Вариант 11

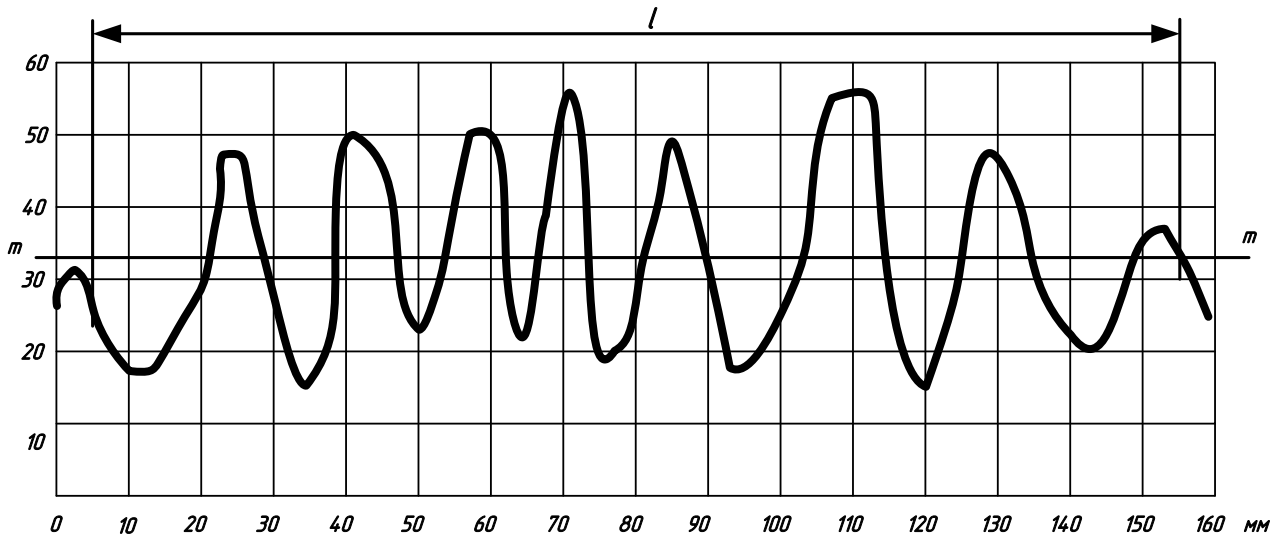


Рисунок 8.23 – Вариант 12

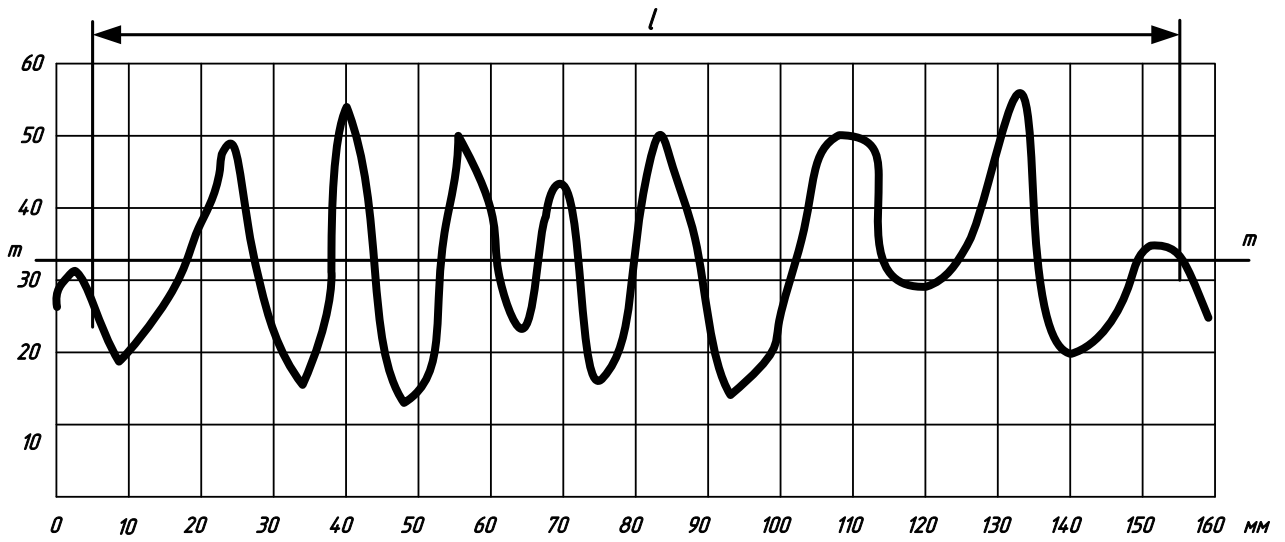


Рисунок 8.24 – Вариант 13

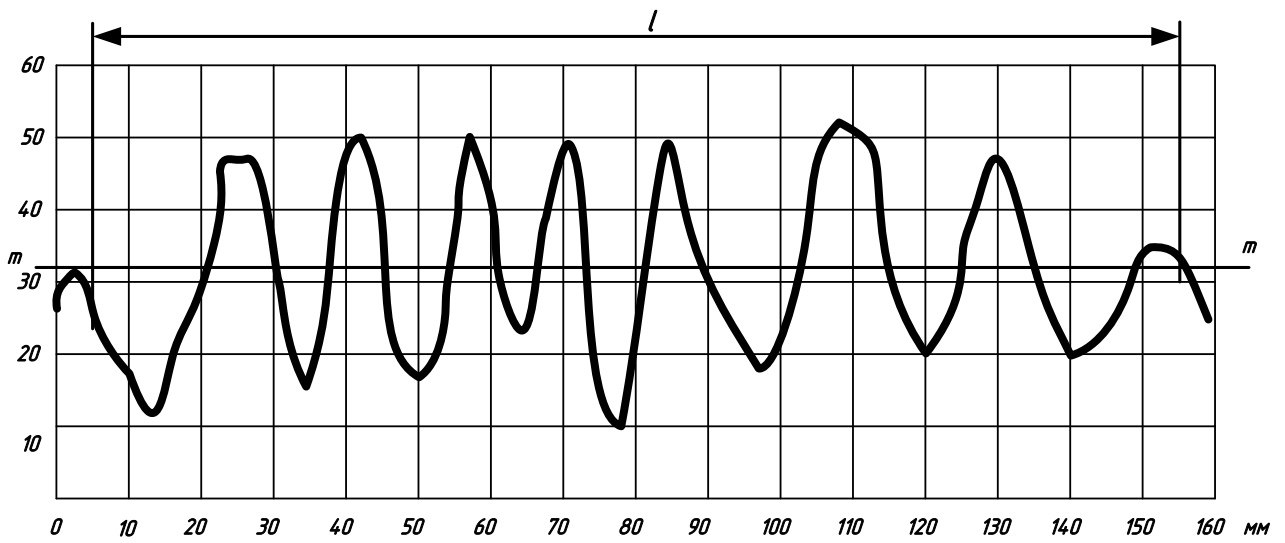


Рисунок 8.25 – Вариант 14

Лабораторная работа № 9

ИЗМЕРЕНИЕ ПРИБОРАМИ, ОСНАЩЕННЫМИ РЫЧАЖНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ГОЛОВКАМИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: овладеть способами измерения микрокатером и скобой рычажной, определять годность детали.

9.1 Задание

- 1 Изучить назначение, устройство и принцип действия микрокатера.
- 2 Изучить методику и порядок проведения настройки и измерений микрокатером.
- 3 Изучить назначение, устройство и принцип действия скобы рычажной.
- 4 Определить величину действительного отклонения при измерении детали микрокатером и скобой рычажной.

9.2 Оборудование

- 1 Микрокатер на стойке.
- 2 Рычажная скоба.
- 3 Плоскопараллельные концевые меры длины.
- 4 Деталь.

9.3 Теоретические сведения

Рычажно-механические приборы преобразуют малые отклонения размеров изделий в удобные для отсчета перемещения стрелки по шкале. Основные типы рычажно-механических передач, используемых в приборах:

- *зубчатые;*
- *рычажные;*
- *рычажно-зубчатые;*
- *пружинные;*
- *рычажно-пружинные.*

Рычажно-механические приборы делятся на три основные группы:

- 1) *измерительные головки* – съемные отсчетные устройства, предназначенные для оснащения приборов и контрольно-измерительных приспособлений;
- 2) *приборы со съемными отсчетными устройствами* – индикаторные скобы, нутромеры, глубиномеры и др.;
- 3) *приборы со встроенными отсчетными устройствами* – рычажные скобы, рычажные микрометры и др.

Рычажно-зубчатые индикаторы – отличием индикаторов такого типа от индикаторов часового типа является тот факт, что конструктивно, измерительные головки рычажно-зубчатых индикаторов имеют неравноплечий рычаг вместо шестеренно-зубчатой передачи (рисунок 9.1). Малое плечо рычага связано с измерительным стержнем, либо с измеряемой поверхностью, а большое плечо – со вторым неравноплечим рычагом и зубчатой передачей со стрелкой. Индикаторы данного типа гораздо точнее индикаторов часового типа. Цена деления у таких индикаторов обычно колеблется от 0,001 до 0,002 мм. Существуют модели бокового действия, модели с непосредственным контактом измерительного рычага с измеряемой деталью либо с измерительным штоком.



Рисунок 9.1 – Рычажно-зубчатый индикатор

Пружинные измерительные головки (микрокаторы, микаторы (малогабаритные) и миникаторы) – считаются самыми точными рычажно-механическими измерительными устройствами (рисунок 9.2). 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). Преимуществом также является – простота конструкции, долговечность работы и отсутствие мертвого хода. Основными недостатками являются неудобство отсчета показаний по слишком тонкой стрелке и наличие вибрации стрелки, что увеличивает ошибки измерений.

Микрокаторы (миниметры) применяются для высокоточных относительных измерений размеров, а также отклонений формы изделий со стойками. *Микаторы* могут быть использованы в качестве отсчетных устройств в различных приборах и приспособлениях. Назначения узлов и деталей в этих приборах такое же, как и у микрокаторов. Отличие заключается в малых габаритах и меньшем диаметре гильзы. *Миникаторы* предназначены для измерений в труднодоступных местах изделий. Они представляют собой рычажно-пружинные головки бокового действия с перемещением измерительного стержня перпендикулярно к плоскости шкалы.



а) микрокатор (миниметр)



б) микатор



в) миникатор

Рисунок 9.2 – Пружинные измерительные головки

Электронные индикаторы могут иметь как рычажно-зубчатую, так и присущую индикаторам часового типа, шестеренную передачу, но индикатор здесь имеет вид электронно-цифрового табло (рисунок 9.3).

В России и за рубежом выпускаются также **измерительные электронные головки с цифровым отсчетом**, способные в некоторых случаях заменить микрометры (рисунок 9.4).



Рисунок 9.3 – Электронный индикатор



Рисунок 9.4 – Электронная головки с цифровым отсчетом

К рычажно-механическим приборам относятся также индикаторные нутромеры, рычажные микрометры, рычажные скобы (рисунок 9.5).



Рисунок 9.5 – Скоба рычажная (пассаметр)

9.4 Измерение микрокатром

Измерительные пружинные головки (микрокатроны, микаторы и миникаторы) обладают значительными преимуществами перед другими типами подобных приборов: высокой чувствительностью, малой силой измерения, незначительной погрешностью обратного хода, высокой надежностью механизма. Основные недостатки этих головок: неудобство отсчета по-

казаний по слишком тонкой стрелке и наличие вибраций стрелки, что увеличивает ошибки измерений.

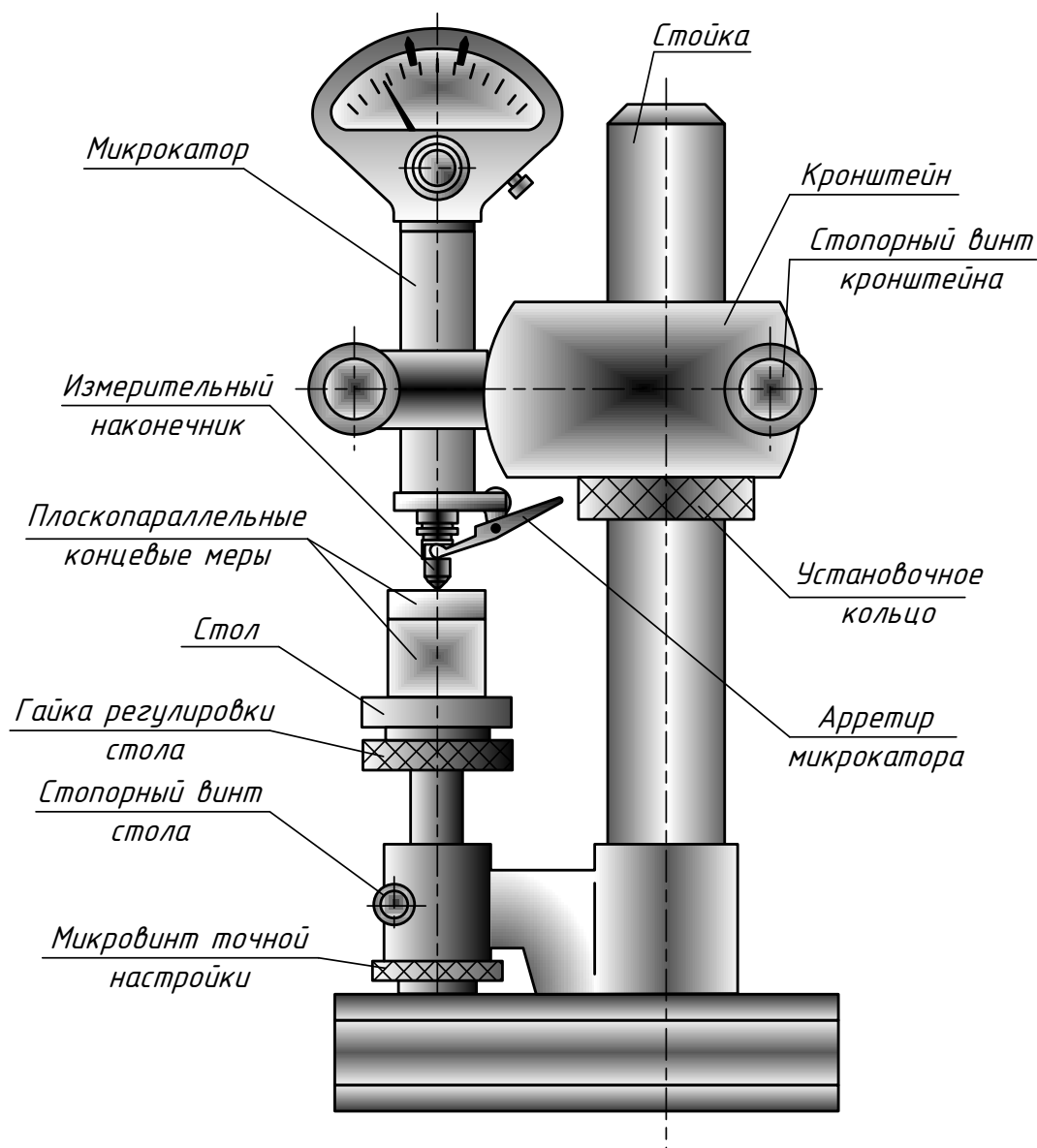


Рисунок 9.6 – Настройка микрокатора на стойке

9.4.1 Методика измерения микрокатором

Перед измерением микрокатор необходимо настроить на нулевой штрих шкалы по блоку концевых мер длины. Настройку прибора производить в следующем порядке.

1 Отвернуть стопорный винт стола (рисунок 9.6) и вращением гайки регулировки стола опустить стол в нижнее положение.

2 Протереть чистой салфеткой стол.

3 Установить на стол блок концевых мер и, убедившись, что кронштейн опирается на установочное кольцо, отвернуть стопорный винт кронштейна. Поддерживая кронштейн рукой, медленно и плавно вращать установочное кольцо до тех пор, пока измерительный наконечник не коснется измерительной поверхности блока концевых мер длины, и установить стрелку по центру шкалы прибора, после чего застопорить положение кронштейна стопорным винтом.

4 Вращением микровинта точной настройки по часовой стрелке поднять стол с блоком вверх и установить стрелку прибора на нулевой штрих шкалы, после чего закрепить положение стола стопорным винтом стола. Если стрелка прибора при стопорении стола отойдет от нулевого штриха, то поворотом шкалы можно установить стрелку на нулевой штрих.

5 Проверить стабильность настройки прибора, для чего несколько раз нажать и отпустить арретир. Если при этом стрелка прибора сместится с установленного положения, то следует произвести повторную настройку.

6 Нажать на арретир и снять блок концевых мер длины со столика прибора.

7 Измерить деталь, для чего, нажав на арретир, установить ее на столик под измерительный наконечник. При измерении цилиндрической детали необходимо установить ее так, чтобы образующая измеряемой детали прилегала к поверхности столика.

Для определения диаметра детали (наибольшей хорды) ее необходимо перемещать или перекачивать по столику прибора. Отсчет по шкале прибора производить при наименьшем отклонении стрелки от нулевого штриха. При отсчете обязательно обратить внимание на знаки отклонений, определяемые по шкале прибора.

Технические характеристики микрометра (миниметра)

Цена деления, мм.....	0,001
Пределы измерения, мм:	
по шкале	$\pm 0,03$
в целом по диаметру.....	0...150
по высоте	0...180
Погрешность показаний, мм.....	$\pm 0,0005$

9.5 Измерение рычажной скобой

Рычажная скоба (пассаметр) предназначена для измерения диаметров наружных цилиндрических поверхностей методом сравнения с мерой. Рычажные скобы изготавливаются с пределами измерений 0-25; 25-50; 50-75; 75-100; 100-125; 125-150 мм. Цена деления прибора обычно составляет 0,002 мм.

В зависимости от требуемой точности измерения и размера измеряемой детали выбирается тип скобы с соответствующими пределами измерений.

Настройку скобы производят на номинальный размер по блоку плоскопараллельных концевых мер длины. При этом скоба может удерживаться в руке исполнителем работы, а также может быть закреплена в стойке.

Настройка и измерение скобой выполняется в следующей последовательности (рисунок 9.7):

1 Между регулируемой и подвижной пятками устанавливается необходимый блок плоскопараллельных концевых мер длины.

2 Отвинчивается стопорный зажим, предохраняющий от самоотвинчивания регулируемую пятку.

3 Регулируемая пятка перемещается до упора в блок концевых мер и стопорится в этом положении. При этом стрелка отсчетного устройства должна быть установлена напротив нулевой отметки шкалы прибора.

4 С помощью арретира отводится подвижная пятка, вынимается блок концевых мер и устанавливается измеряемая деталь. При этом по отсчетному устройству определяется отклонение размера измеряемой детали от установленного размера.

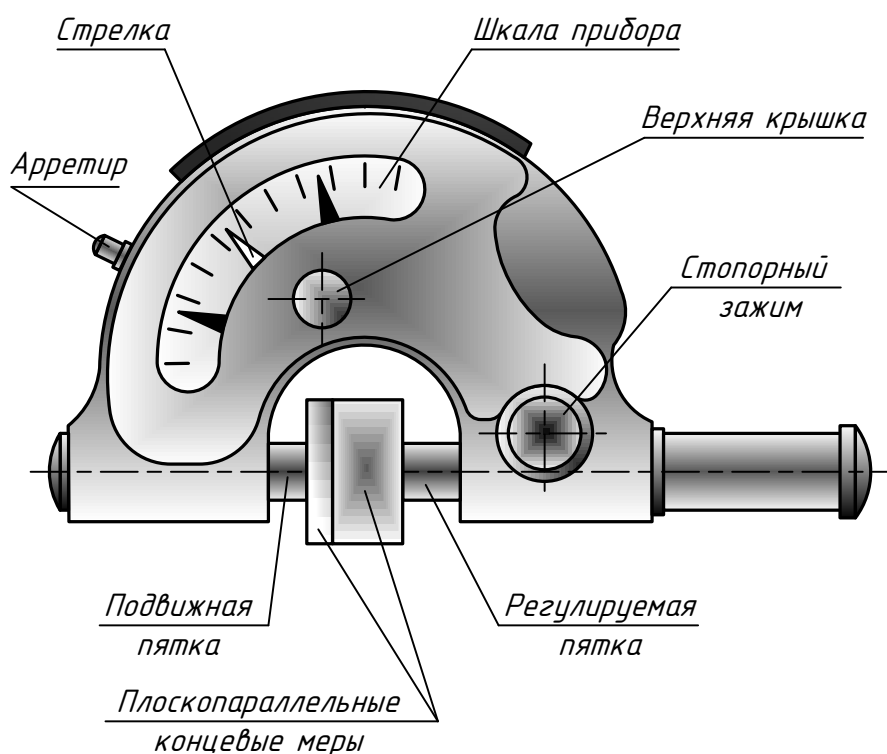


Рисунок 9.7 – Настройка и измерение скобой

9.6 Содержание и порядок выполнения работы

9.6.1 Обозначить на эскизе размеры и их предельные отклонения (рисунок 9.1 протокола) согласно номеру детали (таблицы 9.1, А.2).

9.6.2 Определить допустимую погрешность измерения δ и метрологические характеристики измерительных средств (таблица А.3) согласно заданных размеров. Записать результаты в таблицу 9.1 протокола.

9.6.3 Сделать заключение о пригодности инструмента к достоверному измерению.

9.6.4 Разбить измеряемую деталь на три вертикальных сечения (правое, среднее и левое).

9.6.5 Предварительно настроенным микрокатером (миниметром) провести измерения размера в каждом сечении примерно через 45° . Результаты измерений записать в таблицу 9.2 протокола.

9.6.6 Повторить измерения для этих же сечений предварительно настроенной рычажной скобой. Результаты измерений записать в таблицу 9.3 протокола.

9.6.7 Рассчитать величину отклонения от цилиндричности. Для этого из таблицы 9.2 из полученных значений измерений, выбрать наибольшее и наименьшее. Определить их разность и разделить на два. Записать полученное значение в таблицу 9.4 протокола для микрокатера. Аналогично по данным таблицы 9.3 рассчитать величину отклонения от цилиндричности для рычажной скобы.

9.6.8 Записать полученные результаты в таблицу 9.5 протокола. По каждому из значений составляется заключение о годности размера. Деталь признаётся годной, если действительный размер не выходит за предельные допустимые значения, т.е. действительный размер находится в интервале допустимых значений, ограниченных верхним и нижним отклонениями размера. Сделать заключение о годности детали.

9.7 Контрольные вопросы

- 1 В чём суть метода относительного измерения?
- 2 Какие мерительные средства применяются в качестве настроечных мер?
- 3 Приёмы настройки микатора (миниметра) на «0».
- 4 Приёмы настройки скобы рычажной на «0».
- 5 Приёмы измерения размеров деталей микатором (миниметром).
- 6 Приёмы измерения размеров деталей скобой рычажной.

Таблица 9.1 – Размеры деталей для лабораторной работы № 9 «Измерение приборами, оснащенными рычажными измерительными головками»

Номер детали	<i>d</i>	Номер детали	<i>d</i>	Номер детали	<i>d</i>
1	21,5h5	6	21,3h6	11	21,1h5
2	21,4h6	7	21,6h5	12	21,3h6
3	21,2h5	8	20,8h6	13	21,3h5
4	21,3h6	9	21,3h5	14	21,5h6
5	21,3h5	10	21,4h6	15	21,1h5

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

1 ГОСТ 25346-89 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. Введ. 1990-01-01.

2 ГОСТ 2789-73 ЕСКД. Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения. – Взамен ГОСТ 2789-59; Введ. 1975-01-01.– 10 с.

3 Чеботарёв, М. И. Нормирование точности и технические измерения деталей : учеб. пособие / М. И. Чеботарёв, М. Р. Кадыров. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 146 с.

4 Медовник, А. Н. Метрология, стандартизация и сертификация : лабораторный практикум / А. Н. Медовник [и др.] . – Краснодар. КубГАУ, 2013. – 65 с.

5 Медовник, А. Н. Метрология, стандартизация и сертификация (часть вторая): лабораторный практикум / А. Н. Медовник [и др.] . – Краснодар. КубГАУ, 2008. – 96 с

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Справочные таблицы

Таблица А.1 – Поля допусков основных отверстий для размеров от 1 до 500 мм.
ГОСТ 25347-82

Интервал размеров, мм	Поля допусков отверстий																							
	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17											
	Предельные отклонения в мкм																							
От 1 до 3	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0	+140 0	+250 0	+400 0	+600 0	+1000 0											
Св. 3 до 6	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0	+180 0	+300 0	+480 0	+750 0	+1200 0											
Св. 6 до 10	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0	+220 0	+360 0	+580 0	+900 0	+1500 0											
Св. 10 до 14	+8	+11	+18	+27	+43	+70	+110	+180	+270	+430	+700	+1100	+1800											
Св. 14 до 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 18 до 24	+9	+13	+21	+33	+52	+84	+130	+210	+330	+520	+840	+1300	+2100											
Св. 24 до 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 30 до 40	+11	+16	+25	+39	+62	+100	+160	+250	+390	+620	+1000	+1600	+2500											
Св. 40 до 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 50 до 65	+13	+19	+30	+46	+74	+120	+190	+300	+460	+740	+1200	+1900	+3000											
Св. 65 до 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 80 до 100	+15	+22	+35	+54	+87	+140	+220	+350	+540	+870	+1400	+2200	+3500											
Св. 100 до 120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 120 до 140	+18	+25	+40	+63	+100	+160	+250	+400	+630	+1000	+1600	+2500	+4000											
Св. 140 до 160														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 160 до 180																								
Св. 180 до 200	+20	+29	+46	+72	+115	+185	+290	+460	+720	+1150	+1850	+2900	+4600											
Св. 200 до 225														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 225 до 250																								
Св. 250 до 280	+23	+32	+52	+81	+130	+210	+320	+520	+810	+1300	+2100	+3200	+5200											
Св. 280 до 315	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 315 до 355	+25	+36	+57	+89	+140	+230	+360	+570	+890	+1400	+2300	+3600	+5700											
Св. 355 до 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 400 до 450	+27	+40	+63	+97	+155	+250	+400	+630	+970	+1550	+2500	+4000	+6300											
Св. 450 до 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											

Таблица А.2 – Поля допусков основных валов для размеров от 1 до 500 мм.
ГОСТ 25347 – 82

Интервал размеров, мм	Поля допусков валов													
	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12	h13	h14	h15	h16	h17
	Предельные отклонения, мкм													
От 1 до 3	0 -3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100	0 -140	0 -250	0 -400	0 -600	0 -1000
Св. 3 до 6	0 -4	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120	0 -180	0 -300	0 -480	0 -750	0 -1200
Св. 6 до 10	0 -4	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -150	0 -220	0 -360	0 -580	0 -900	0 -1500
Св. 10 до 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 14 до 18	-5	-8	-11	-18	-27	-43	-70	-110	-180	-270	-430	-700	-1100	-1800
Св. 18 до 24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 24 до 30	-6	-9	-13	-21	-33	-52	-84	-130	-210	-330	-520	-840	-1300	-2100
Св. 30 до 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 40 до 50	-7	-11	-16	-25	-39	-62	-100	-160	-250	-390	-620	-1000	-1600	-2500
Св. 50 до 65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 65 до 80	-8	-13	-19	-30	-46	-74	-120	-190	-300	-460	-740	-1200	-1900	-3000
Св. 80 до 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 100 до 120	-10	-15	-22	-35	-54	-87	-140	-220	-350	-540	-870	-1400	-2200	-3500
Св. 120 до 140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 140 до 160	-12	-18	-25	-40	-63	-100	-160	-250	-400	-630	-1000	-1600	-2500	-4000
Св. 160 до 180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 180 до 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 200 до 225	-14	-20	-29	-46	-72	-115	-185	-290	-460	-720	-1150	-1850	-2900	-4800
Св. 225 до 250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 250 до 280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 280 до 315	-16	-23	-32	-52	-81	-130	-210	-320	-520	-810	-1300	-2100	-3200	-5200
Св. 315 до 355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 355 до 400	-18	-25	-36	-57	-89	-140	-230	-360	-570	-890	-1400	-2300	-3600	-5700
Св. 400 до 450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 450 до 500	-20	-27	-40	-63	-97	-155	-250	-400	-630	-970	-1550	-2500	-4000	-8300

Таблица А.3 – Допустимые погрешности при измерениях линейных размеров от 1 до 500 мм

Номинальные размеры, мм	Квалитеты											
	4		5		6		7		8		9	
	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
Свыше 3 до 6	4	1,4	5	1,6	8	2,0	12	3,0	18	4,0	30	8
Свыше 6 до 10	4	1,4	6	2,0	9	3,0	15	4,0	22	5,0	36	9
Свыше 10 до 18	5	1,6	8	2,8	11	3,0	18	5,0	27	7,0	43	10
Свыше 18 до 30	6	2,0	9	3,0	13	4,0	21	6,0	33	8,0	52	12
Свыше 30 до 50	7	2,4	11	4,0	16	5,0	25	7,0	39	10,0	62	16
Свыше 50 до 80	8	2,8	13	4,0	19	5,0	30	9,0	48	12,0	74	18
Свыше 80 до 120	10	3,0	15	5,0	22	6,0	35	10,0	54	12,0	87	20
Свыше 120 до 180	12	4,0	18	6,0	25	7,0	40	12,0	63	16,0	100	30
Свыше 180 до 250	14	5,0	20	7,0	29	8,0	46	12,0	72	18,0	115	30
Свыше 250 до 315	16	5,0	23	8,0	32	10,0	52	14,0	81	20,0	130	30
Свыше 315 до 400	18	6,0	25	9,0	36	10,0	57	16,0	89	24,0	140	40
Свыше 400 до 500	20	6,0	27	9,0	40	12,0	63	18,0	97	26,0	155	40

Продолжение таблицы А.3

Номинальные размеры, мм	Квалитеты											
	10		11		12		13		14		15	
	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ
До 3	40	8	60	12	100	20	140	30	250	50	400	80
Свыше 3 до 6	48	10	75	16	120	30	180	40	300	60	480	100
Свыше 6 до 10	58	12	90	18	150	30	220	50	360	80	580	120
Свыше 10 до 18	70	14	110	30	180	40	270	60	430	90	700	140
Свыше 18 до 30	84	18	130	30	210	50	330	70	520	120	840	180
Свыше 30 до 50	100	20	160	40	250	50	390	80	620	140	1000	200
Свыше 50 до 80	120	30	190	40	300	60	460	100	740	160	1200	240
Свыше 80 до 120	140	30	220	50	350	70	510	120	870	180	1400	280
Свыше 120 до 180	180	40	250	50	400	80	630	140	1000	200	1600	320
Свыше 180 до 250	185	40	290	60	460	100	720	160	1150	240	1850	380
Свыше 250 до 315	210	50	320	70	520	120	810	180	1300	260	2100	440
Свыше 315 до 400	230	50	360	80	570	120	890	180	1400	280	2300	460
Свыше 400 до 500	250	50	400	80	630	140	970	200	1550	320	2500	500

Таблица А.4 – Метрологическая характеристика многомерных средств измерения

Наименование средства измерения		Интервал измерения	Цена деления шкалы	Интервал шкалы	Суммарная погрешность измерения	Настроечная мера	Погрешность показаний шкалы
		мм	мм	мм	мм		мм
При измерении отверстий							
Штангенциркуль	ШЦ-II	10-200	0,05	0-200	±0,130	-	±0,050
Нутромер микрометрический		70-175	0,01	13	±0,020	-	±0,008
Нутромер индикаторный при измерениях в пределе всей шкалы	НИ-10	6-10	0,01	±0,3	±0,016	Скоба из концевых мер 3 класса	±0,006
	НИ-18	10-18	0,01	±0,4	±0,016		±0,006
	НИ-35	18-35	0,01	±0,75	±0,016		±0,0075
	НИ-50	35-50	0,01	±1	±0,017		±0,0075
	НИ-100	50-100	0,01	±2	±0,017		±0,010
	НИ-160	100-160	0,01	±2	±0,018		±0,010
Нутромер индикаторный при измерениях аттестованным участком шкалы	НИ-10	6-10	0,01	±0,05	±0,009	Скоба из концевых мер 3 класса	±0,004
	НИ-18	10-18	0,01	±0,05	±0,009		±0,004
	НИ-35	18-35	0,01	±0,05	±0,009		±0,004
	НИ-50	35-50	0,01	±0,05	±0,009		±0,004
	НИ-100	50-100	0,01	±0,05	±0,009		±0,004
	НИ-160	100-160	0,01	±0,05	±0,009		±0,004
Нутромер индикаторный повышенной точности	104	6-10	0,001	±0,05	±0,0025	Скоба из концевых мер 2 класса	±0,002
	105	10-18	0,001	±0,05	±0,0030		±0,0025
	109	18-50	0,002	±0,1	±0,0045		±0,0025
Нутромер индикаторный с головкой точностью 0,001 мм	6-10	0,01	±0,05	0,0015	±0,004		±0,004
	10-18	0,01	±0,05	0,0015	±0,004		±0,004
	18-30	0,01	±0,05	0,0015	±0,004		±0,004
	30-50	0,01	±0,05	0,0020	±0,004	±0,004	
	50-80	0,01	±0,05	0,0020	±0,004	±0,004	
	80-120	0,01	±0,05	0,0020	±0,004	±0,004	
Оптиметр горизонтальный ОГО-1 с приспособлением ИП-3		14-150	0,001	±0,1	±0,0018		±0,0003

Продолжение таблицы А.4

Наименование средства измерения	Интервал измерения	Цена деления шкалы	Интервал шкалы	Суммарная погрешность измерения	Настраечная мера	Погрешность показаний шкалы		
							мм	мм
При измерении валов								
Штангенциркуль	ШЦ-I	0-125	0,1	0-125	±0,160	-	±0,100	
	ШЦ-II	0-200	0,05	0-200	±0,090	-	±0,050	
Индикаторная скоба СИ		0-50	0,01	±5	±0,012	Концевые меры 3 кл.	±0,010	
		50-100	0,01	±5	±0,014		±0,012	
Индикаторная скоба СИ при измерении аттестованным участком шкалы		0-50	0,01	±0,05	±0,008		±0,006	
		50-100	0,01	±0,05	±0,008		±0,006	
Индикатор на штативе		0-200	0,01	±5	±0,015		±0,011	
Микрометр 1 кл.		0-25; 25-50	0,01	25	±0,008		-	±0,004
		50-75; 75-100	0,01	25	±0,012	-	±0,005	
Микрометр 0 кл.		0-25	0,01	25	±0,005	-	±0,002	
Микрометр рычажный		МР	0-25	0,002	±0,02	±0,004	Концевые меры 3 кл.	±0,003
		МРИ	25-50	0,005	±0,05	±0,006		±0,004
Скоба рычажная СР		50-75; 75-100	0,002	±0,08	±0,0035	±0,002		
Инструментальный микроскоп ММИ		прод. 0-75 попер. 0-25	0,005	25	±0,003	-	±0,002	
Оптиметр горизонтальный ОГО-1		0-350	0,001	±0,1	±0,0016	Концевые меры 2 кл.	±0,0003	
Оптиметр вертикальный ОВО-1		0-160	0,001	±0,1	±0,0013		±0,0003	
При измерении высот и глубин								
Штангенциркуль ШЦ-I		0-125	0,1	125	±0,300	-	±0,100	
Штангенглубиномер		0-200	0,05	200	±0,150	-	±0,050	
Штангенрейсмасс		0-250	0,05	250	±0,150	-	±0,050	
Глубиномер микрометрический ГМ		0-100	0,01	25	±0,018	-	±0,004	
Глубиномер индикаторный		0-100	0,01	10	±0,015	меры 3 кл.	±0,004	

Таблица А.5 – Допуски формы и расположения поверхностей

Интервалы номинальных размеров, мм	Степень точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Допуски плоскостности и прямолинейности, мкм									
До 10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16
Св. 10 до 16	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
» 16 » 25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
» 25 » 40	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
» 40 » 63	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
» 63 » 100	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
» 100 » 160	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 160 » 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 250 » 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 400 » 630	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
Примечание – Под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка. Если нормируемый участок не задан, то под номинальным размером понимается номинальная длина большей стороны поверхности или номинальный большой диаметр торцевой поверхности.										
Интервалы номинальных размеров, мм	Степень точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения, мкм									
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
Св. 3 до 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
» 10 » 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
» 18 » 30	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
» 30 » 50	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
» 50 » 120	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 120 » 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 250 » 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 400 » 630	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
Примечание – Под номинальным размером понимается номинальный диаметр поверхности										
Интервалы номинальных размеров, мм	Степень точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Допуски параллельности, перпендикулярности, наклона и торцового биения, мкм									
До 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
Св. 10 до 16	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
» 16 » 25	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
» 25 » 40	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
» 40 » 63	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 63 » 100	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 100 » 160	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 160 » 250	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
» 250 » 400	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
» 400 » 630	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200
Примечание – При назначении допусков параллельности, перпендикулярности, наклона под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка или номинальная длина всей нормируемой поверхности. При назначении допусков торцового биения под номинальным размером понимается заданный номинальный диаметр торцевой поверхности.										

Продолжение таблицы А.5

Интервалы номинальных размеров, мм	Степень точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Допуски радиального биения. Допуски соосности, симметричности, пересечения осей, мкм									
До 3	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
Св. 3 до 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 10 » 18	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 18 » 30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 30 » 50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
» 50 » 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
» 120 » 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200
» 250 » 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
» 400 » 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300

Примечание – При назначении допусков радиального биения под номинальным размером понимается номинальный диаметр рассматриваемой поверхности. При назначении допусков соосности, симметричности, пересечения осей под номинальным размером понимается номинальный диаметр рассматриваемой поверхности вращения или номинальный размер между поверхностями, образующими рассматриваемый симметричный элемент.

Таблица А.6 – Степени точности формы цилиндрических поверхностей в зависимости от качества допуска диаметра и относительной геометрической точности (по ГОСТ 24643 – 81)

Относительная геометрическая точность (по таблице А.8)	Квалитет допуска диаметра по ЕСДП СЭВ									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Степень точности формы (по таблице А.5)									
Нормальная (А)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Повышенная (В)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Высокая (С)		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Особо высокая			1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица А.8 – Шероховатость поверхности

Допуск размера	Номинальные размеры, мм			
	До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500
	Значения R_a , мкм, не более			
IT9	3,2	3,2	6,3	6,3
IT10	3,2	6,3	6,3	6,3
IT11	6,3	6,3	12,5	12,5
IT12	12,5	12,5	25	25

Таблица А.9 – Параметры и классы шероховатость поверхности

Классы шероховатости	Параметры шероховатости, мкм		Базовая длина, мм
	R_z	R_a	
1	80	320	8,0
2	40	160	
3	20	80	
4	10	40	2,5
5	5	20	
6	2,5	10	0,8
7	1,25	6,3	
8	0,63	3,2	0,25
9	0,32	1,6	
10	0,16	0,8	
11	0,08	0,4	
12	0,04	0,2	
13	0,02	0,1	0,08
14	0,01	0,05	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
ПРОТОКОЛЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.
И.Т.ТРУБИЛИНА»
Факультет механизации
Кафедра ремонта машин и материаловедения

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Протоколы лабораторных работ

Выполнил

Студент _____

Группа _____

Принял

Краснодар
КубГАУ
2016

Протокол лабораторной работы № 1

**ПЕРЕВОД НАЦИОНАЛЬНЫХ НЕМЕТРИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ
В ЕДИНИЦЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ СИ**

1.1 Цель работы:

1.2 Задание

Выразить в соответствующих единицах значения физических величин (согласно варианту).

1.3 Выполнение работы

Таблица 1.1 – Решение заданий

Вариант _____	
Задание	Ответ

Выполнил _____

Проверил _____

ВЫБОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

2.1 Цель работы:

2.2 Задание

Выбрать для измерения линейных размеров детали соответствующие универсальные измерительные средства и указать их метрологические характеристики (согласно варианту).

Таблица 2.1 – Размеры деталей

Вариант _____		
Объект измерения	Номинальный размер, мм	Квалитет
Вал		
Отверстие		
Уступ		

2.3 Выполнение работы

Таблица 2.2 – Выбор средств измерения

Объект измерения	Номинальный размер, мм	Допуск размера IT, мм	Допускаемая погрешность, мм	Интервал измерения, мм	Интервал шкалы, мм	Суммарная погрешность измерения, мм	Инструмент для измерения	Выбранный инструмент
Приближенная методика выбора средств измерения								
Вал								
Отверстие								
Уступ								

Продолжение таблицы 2.2

Объект измерения	Номинальный размер, мм	Допуск размера IT, мм	Допускаемая погрешность, мм	Интервал измерения, мм	Интервал шкалы, мм	Суммарная погрешность измерения, мм	Инструмент для измерения	Выбранный инструмент
Расчетная методика выбора средств измерения								
Вал								
Отверстие								
Уступ								
Табличная методика выбора средств измерения								
Вал								
Отверстие								
Уступ								

ВЫВОД:

Выполнил _____

Проверил _____

ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ МЕРЫ ДЛИНЫ

3.1 Цель работы:

3.2 Задание

Изучить назначение, устройство плоскопараллельных концевых мер длины, составить блоки плиток концевых мер по заданным размерам.

Таблица 3.1 – Размеры деталей

Вариант _____			
Размеры			№ набора мер

1.3 Выполнение работы

Таблица 3.2 – Результаты подбора плиток

Размер, мм	Размер плитки	Методика расчета	Погрешность меры, мкм	Погрешность блока концевых мер $\Delta_{lim,k}$, мкм

ВЫВОД:

Выполнил _____

Проверил _____

ИЗМЕРЕНИЯ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТОМ

4.1 Цель работы:

4.2 Задание

- 1 Изучить устройство штангенинструментов, их метрологические характеристики и область применения.
- 2 Овладеть приёмами измерения штангенинструментом.
- 3 Провести измерения внутренних и наружных диаметров штангенциркулем.
- 4 Измерить штангенглубиномером глубину внутренней проточки детали.
- 5 Определить высоту детали штангенрейсмасом
- 6 По полученным результатам измерений сделать вывод о годности детали.

4.3 Оборудование рабочего места

- 1 Штангенциркуль.
- 2 Штангенглубиномер.
- 3 Штангенрейсмас.
- 4 Деталь № ____.

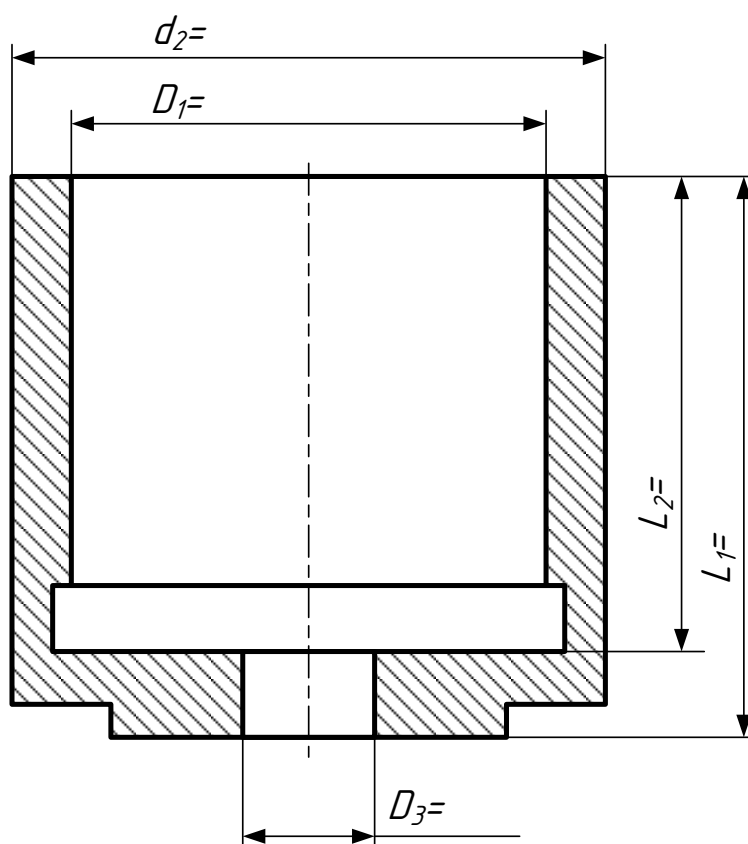


Рисунок 4.1 – Эскиз измеряемой детали № _____

4.4 Выполнение работы

Таблица 4.1 – Взаимосвязь измеряемого размера и метрологической характеристикой инструмента

Наименование инструмента	Размер на чертеже	Номинальный размер, мм	Допуск размера, мкм	Допускаемая погрешность измерения δ , мкм	Суммарная погрешность измерения Δ_{lim} , мкм	Интервал измерения, мм	Интервал шкалы, мм.	Пригодность инструмента к измерению
Штангенциркуль	D_1							
	d_2							
	D_3							
Штангенрейсмас	L_1							
Штангенглубиномер	L_2							

Таблица 4.2 – Измерение штангенциркулем диаметров D_1 , d_2 , D_3

Обозначение размера	Величина размера при измерениях, мм			Величина действительного размера
	1	2	3	
D_1				
d_2				
D_3				

Примечания.
 1 Измерение размеров проводить в трёхкратной повторности в одной плоскости примерно через 120° .
 2 Величина действительного размера определяется как среднеарифметическое значение по результатам измерений.

Таблица 4.3 – Измерение штангенрейсмасом высоты детали

Обозначение размера	Величина размера при измерениях, мм			Величина действительного размера, мм
	1	2	3	
L_1				

Примечания.
 1 Измерение размера проводить в трёхкратной повторности в одной плоскости примерно через 120° .
 2 Величина действительного размера определяется как среднеарифметическое значение по результатам измерений.

Таблица 4.4 – Измерение штангенглубиномером длины внутренней проточки в детали

Обозначение размера	Величина размера при измерениях, мм			Величина действительного размера, мм
	1	2	3	
L_2				
Примечания. 1 Измерение размера проводить в трёхкратной повторности в одной плоскости примерно через 120° . 2 Величина действительного размера определяется как среднеарифметическое значение по результатам измерений.				

Таблица 4.5 – Результаты измерения размеров детали

Обозначение размера	Размер по чертежу с отклонениями, мм	Величина действительного размера, мм	Величина и знак действительного отклонения, мм	Заключение о годности
D_1				
d_2				
D_3				
L_1				
L_2				
Примечание – Величина действительного отклонения равна разности действительного и номинального размеров				

ВЫВОД:

Выполнил _____

Проверил _____

ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОМЕТРИЧЕСКИМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ

5.1 Цель работы:

5.2 Задание

- 1 Изучить устройство микрометрических инструментов, их метрологические характеристики и область применения.
- 2 Овладеть приёмами измерения микрометрическими инструментами.
- 3 Провести измерения наружного диаметра детали микрометром.
- 4 Измерить микрометрическим глубиномером глубину внутренней проточки детали.
- 5 Провести измерения внутреннего диаметра детали микрометрическим нутромером.
- 6 По полученным результатам измерений сделать вывод о годности детали.

5.3 Оборудование рабочего места

- 1 Микрометр.
- 2 Микрометрический глубиномер.
- 3 Микрометрический нутромер.
- 4 Деталь № ____.

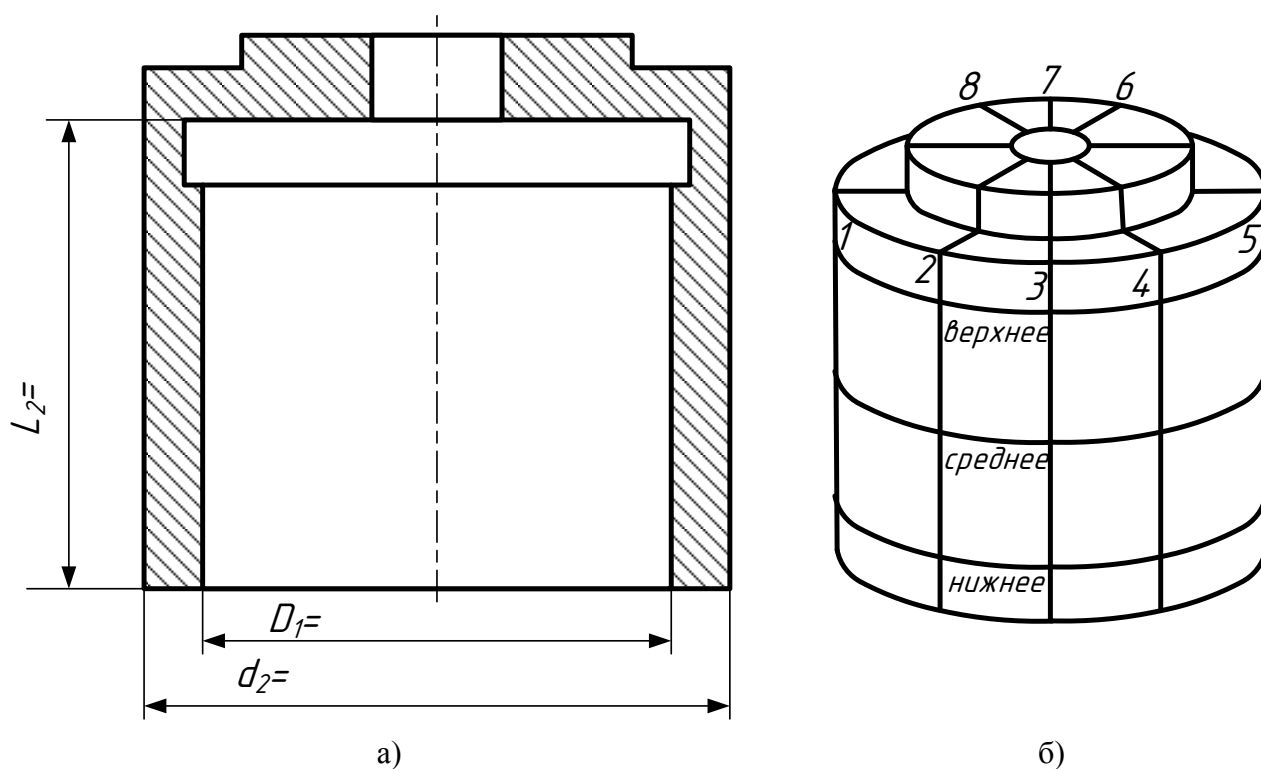


Рисунок 5.1 – Эскиз измеряемой детали № _____ и схема разбивки детали на сектора

5.4 Выполнение работы

Таблица 5.1 – Взаимосвязь измеряемого размера и метрологической характеристикой инструмента

Наименование инструмента	Размер на чертеже	Номинальный размер, мм	Допуск размера, мкм	Допускаемая погрешность измерения δ , мкм	Суммарная погрешность измерения Δ_{lim} , мкм	Интервал измерения, мм	Интервал шкалы, мм.	Пригодность инструмента к измерению
Микрометр	d_2							
Микрометрический глубиномер	L_2							
Микрометрический нутромер	D_1							

Таблица 5.2 – Результаты измерения диаметра d_2

Размер по чертежу	Горизонтальное сечение	Результаты измерений, мм					Отклонение от круглости 	Величина действительного размера, мм
		1	2	3	4			
$d_2 =$	верхнее							
	среднее							
	нижнее							
Отклонение профиля продольного сечения по чертежу 								

Таблица 5.3 – Расчет отклонения от цилиндричности по диаметру d_2


Отклонение от цилиндричности по чертежу, мм 	d_{2max} , мм	d_{2min} , мм	Расчетное отклонение от цилиндричности, мм	Заключение о годности

Таблица 5.4 – Измерения микрометрическим нутромером размера D_1

Размер D_1 по чертежу, мм	Результаты измерений, мм			Величина действительного размера, мм
	1	2	3	
$D_1 =$				
Примечания. 1 Измерение размера проводить в трёхкратной повторности в одной плоскости примерно через 120° . 2 Величина действительного размера определяется как среднеарифметическое значение по результатам измерений.				

Таблица 5.5 – Измерения микрометрическим глубиномером высоты отверстия в детали L_2

Размер L_2 по чертежу, мм	Результаты измерений, мм				Величина действительного размера, мм
	1	2	3	4	
$L_2 =$					
Отклонение от параллельности измеряемых поверхностей размера L_2 по чертежу 			Действительное отклонение от параллельности измеряемых поверхностей размера L_2 		

Таблица 5.6 – Результаты измерения размеров детали

Размер по чертежу, мм	Величина действительного размера, мм	Величина и знак действительного отклонения, мм	Заключение о годности
D_1			
d_2			
L_2			
○			
⊥			
≡			
//			

ВЫВОД:

Выполнил _____

Проверил _____

ИЗМЕРЕНИЯ ИНДИКАТОРНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ

6.1 Цель работы:

6.2 Задание

- 1 Изучить устройство индикаторных инструментов, их метрологические характеристики и область применения.
- 2 Овладеть приёмами измерения индикаторными инструментами.
- 3 Провести измерения внутреннего диаметра детали индикаторным нутромером.
- 4 Провести измерения наружного диаметра детали индикатором часового типа на стойке.
- 5 По полученным результатам измерений сделать вывод о годности детали.

6.3 Оборудование рабочего места

- 1 Индикаторный нутромер.
- 2 Индикатор часового типа.
- 3 Стойка.
- 4 Набор плоскопараллельных концевых мер длины.
- 5 Принадлежности к плоскопараллельным концевым мерам длины.
- 6 Деталь № ____.

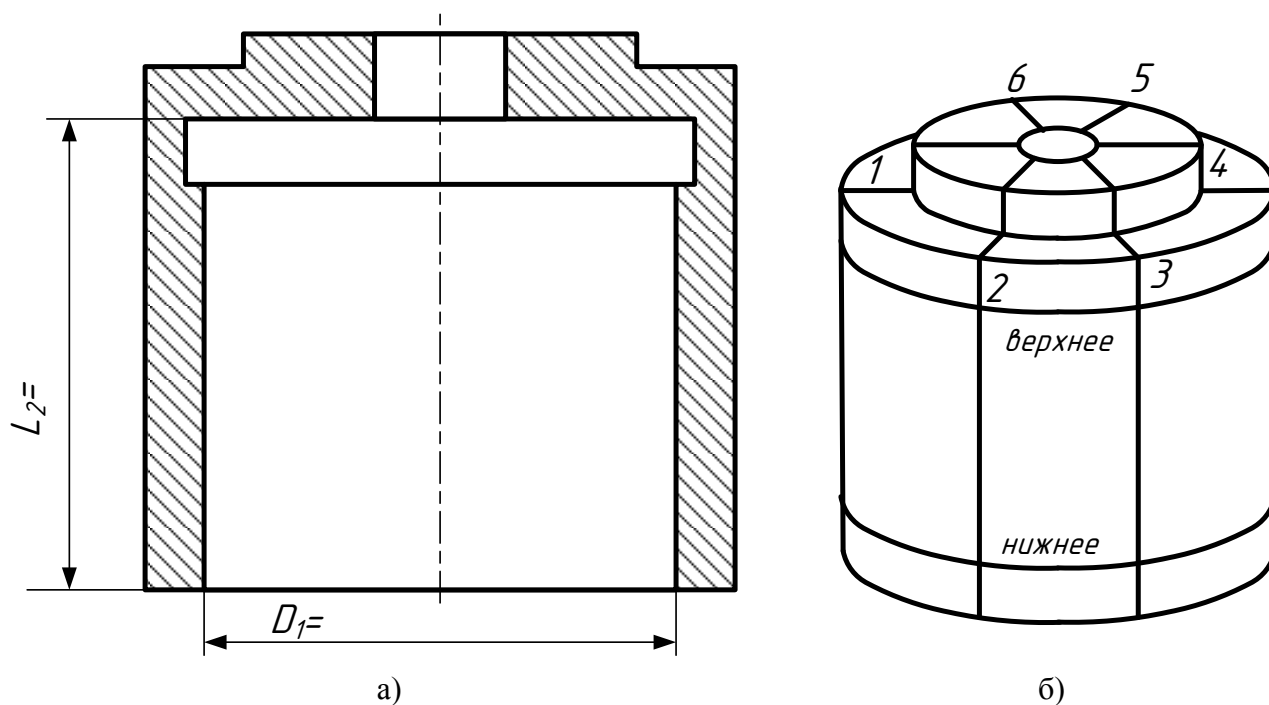


Рисунок 6.1 – Эскиз измеряемой детали № ____ и схема разбивки детали на сектора

6.4 Выполнение работы

Таблица 6.1 – Взаимосвязь измеряемого размера и метрологической характеристикой инструмента

Наименование инструмента	Размер на чертеже	Номинальный размер, мм	Допуск размера, мкм	Допускаемая погрешность измерения δ , мкм	Суммарная погрешность измерения $\Delta_{\text{итп}}$, мкм	Интервал измерения, мм	Интервал шкалы, мм.	Пригодность инструмента к измерению
Индикаторный нутромер	D_1							
Индикатор на стойке	L_2							

Таблица 6.2 – Измерения индикаторным нутромером размера D_1

Размер D_1 по чертежу, мм	Величина и знак показаний индикатора, мм						Величина действительного размера, мм
	Положение измерения	1	2	3	Действительное отклонение	Отклонение от круглости 	
$D_1 =$	Верхнее сечение						
	Нижнее сечение						

Примечание – Величины действительных отклонений и действительного размера определяются как среднеарифметическое значение по результатам измерений.

Таблица 6.3 – Расчет отклонения от цилиндричности по диаметру D_1

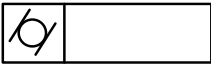
Отклонение от цилиндричности по чертежу, мм	D_{1max} , мм	D_{1min} , мм	Расчетное отклонение от цилиндричности, мм	Заключение о годности
				

Таблица 6.4 – Измерения индикатором на стойке высоты отверстия в детали L_2



Размер L_2 по чертежу, мм	Величина и знак показаний индикатора, мм				Величина действительного размера, мм
	1	2	3	Действительное отклонение	
$L_2 =$					
Отклонение от параллельности измеряемых поверхностей размера L_2 по чертежу			Действительное отклонение от параллельности измеряемых поверхностей размера L_2		
					

Таблица 6.5 – Результаты измерения размеров детали

Размер по чертежу, мм	Величина действительного размера, мм	Величина и знак действительного отклонения, мм	Заключение о годности
D_1			
L_2			
○			
ϕ			
//			

ВЫВОД:

Выполнил _____

Проверил _____

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕТРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ

7.1 Цель работы:

7.2 Задание

- 1 Изучить методы оценки точности резьбы.
- 2 Провести измерения резьбы с помощью резьбового микрометра и методом трех проволок.
- 3 По полученным результатам измерений сделать вывод о годности детали.

7.3 Оборудование рабочего места

- 1 Резьбовой микрометр.
- 2 Микрометр.
- 3 Резьбовой шаблон (резьбомер).
- 4 Комплект проволок
- 5 Стойка.
- 6 Деталь.

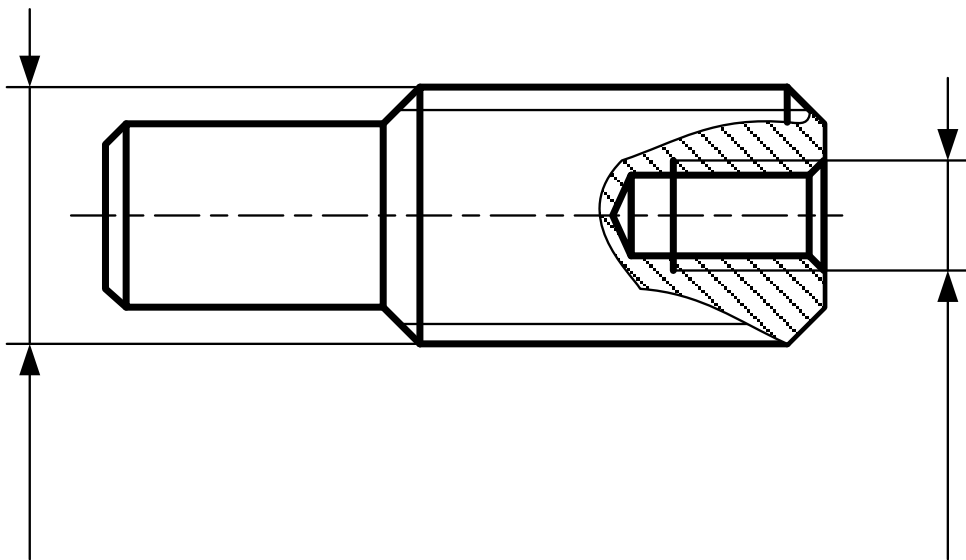


Рисунок 7.1 – Эскиз измеряемой детали

7.4 Выполнение работы

Таблица 7.1 – Параметры резьбы

В миллиметрах

Резьба		$d (D)$	$d_1 (D_1)$	$d_2 (D_2)$	P
Винт					
Гайка					
$d_1 =$		$D_1 =$			
$d_2 =$		$D_2 =$			

Таблица 7.2 – Определение шага наружной резьбы P

В миллиметрах

По чертежу	Резьбовым шаблоном	Штангенциркулем			
		M	n , шт.	$P_{расч}$	P

Таблица 7.3 – Измерение наружного диаметра d гладким микрометром

Размер по чертежу	Результаты измерения			Величина действительного размера, мм	Годеи, больше, меньше
	1	2	3		

Таблица 7.4 – Измерение среднего диаметра d_2 наружной резьбы резьбовым микрометром

Размер по чертежу	Результаты измерения			Величина действительного размера, мм	Годеи, больше, меньше
	1	2	3		

Таблица 7.5 – Измерение среднего диаметра d_2 наружной резьбы методом трех проволок

d_2 по чертежу, мм	
Диаметр проволок для измерения шага $P =$ мм	
Величина M , мм	
$d_2 = M - 3d_n + 0,866P$	
ВЫВОД:	

Выполнил _____

Проверил _____

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

8.1 Цель работы:

8.2 Задание

- 1 Изучить методы измерения шероховатости поверхности.
- 2 Определить методом визуального сличения действительные параметры шероховатости по образцам.
- 3 Определить действительную величину R_z микроскопом МИС-11.
- 4 По полученной профилограмме определить следующие параметры шероховатости:
 - наибольшую высоту неровностей профиля R_{max} ;
 - высоту неровностей профиля по десяти точкам R_z ;
 - средний шаг неровностей профиля S_m ;
 - средний шаг местных выступов профиля S ;
 - относительную опорную длину t_p (принять уровень сечения $p = 30\%$).

8.3 Оборудование рабочего места

- 1 Образцы шероховатости поверхности.
- 2 Двойной микроскоп Линника МИС-11.
- 3 Профилометр.
- 4 Деталь.

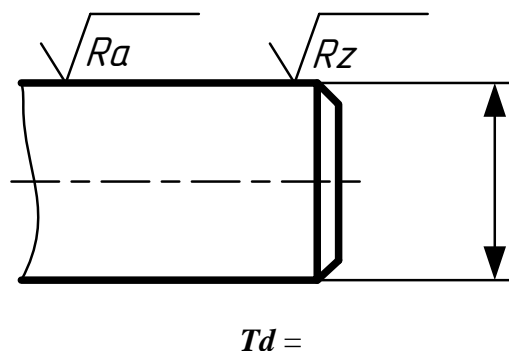


Рисунок 8.1 – Эскиз детали

Таблица 8.1 – Результаты измерения шероховатости поверхности сличением с образцами шероховатости (визуально)

Обязательные параметры характеристики, по которым производилось сличение	Характеристика шероховатости, заданная чертежом	Характеристика шероховатости, полученная методом сличения
Материал		
Способ обработки		
Шероховатость R_a , мкм		
Шероховатость R_z , мкм		
ВЫВОД:		

Таблица 8.2 – Величина перемещения визирного перекрестия А (в делениях шкалы) микроскопа МИС – 11

Шифр объектива:	Фокусное расстояние $F =$		Поправочный коэффициент $E =$	
Показание шкалы окулярного микрометра	на 1 участке	на 2 участке	на 3 участке	Средняя величина А
При положении линии на гребнях				
При положении линии на впадинах				
Перемещение визирного перекрестия А				
Определение действительной величины $R_z = 10 E A =$ мкм				

Таблица 8.3 – Результаты определения шероховатости поверхности детали

Заданная чертежом величина R_z , мкм	
Действительная величина R_z по образцам, мкм	
Действительная величина R_z по результатам определения на микроскопе МИС-11, мкм	

Таблица 8.4 – Расчет R_{max} на профилограмме

Наибольшая высота неровностей профиля R_{max}^n , измеренная на профилограмме, мм	
Коэффициент вертикального увеличения Y_B	2000
Параметр шероховатости R_{max} , мкм	$R_{max} = \frac{1000 R_{max}^n}{Y_B} =$

Таблица 8.5 – Расчет R_z на профилограмме

Измеренные расстояния на профилограмме									
Высота наибольших выступов профиля y_p^n , мм					Глубины наибольших впадин профиля y_v^n , мм				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Коэффициент вертикального увеличения Y_B					2000				
Параметр шероховатости R_z , мкм									
$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 y_{pi}^n + \sum_{i=1}^5 y_{vi}^n }{5 Y_B} 1000 =$									

Таблица 8.6 – Расчет относительной опорной длины профиля t_p на профилограмме (уровень $p = 30\%$)

$p^n = R_{max}^n p =$													
Измеренные отрезки b_i^n													
Номер отрезка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
b_i^n , мм													
Измеренная базовая длина l^n , мм													
Относительная опорная длина профиля t_p , %													
$t_{30} = \frac{\sum_{i=1}^n b_i^n}{l^n} 100\% =$													

Таблица 8.7 – Расчет среднего шага неровностей S_m на профилограмме

Длина отрезка средней линии $l_{om}^n =$	
Число пересечений профиля k со средней линией на длине l_{om}^n	
Коэффициент вертикального увеличения Y_B	2000
Средний шаг неровностей S_m , мм	
$S_m = \frac{2l_{om}^n}{(k-1)Y_B} =$	

Таблица 8.8 – Расчет среднего шага местных выступов профиля S на профилограмме

Длина отрезка средней линии $l_o^n =$	
Число местных выступов профиля n на длине l_o^n	
Коэффициент вертикального увеличения Y_B	2000
Средний шаг местных выступов профиля S , мм	
$S = \frac{l_o^n}{nY_B} =$	

Выполнил _____

Проверил _____

ИЗМЕРЕНИЕ ПРИБОРАМИ, ОСНАЩЕННЫМИ РЫЧАЖНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ГОЛОВКАМИ

9.1 Цель работы:

9.2 Задание

- 1 Изучить назначение, устройство и принцип действия микрокатера.
- 2 Изучить методику и порядок проведения настройки и измерений микрокатером.
- 3 Изучить назначение, устройство и принцип действия скобы рычажной.
- 4 Определить величину действительного отклонения при измерении детали микрокатером и скобой рычажной.

9.3 Оборудование рабочего места

- 1 Микрокатер на стойке.
- 2 Рычажная скоба.
- 3 Плоскопараллельные концевые меры длины.
- 4 Деталь.

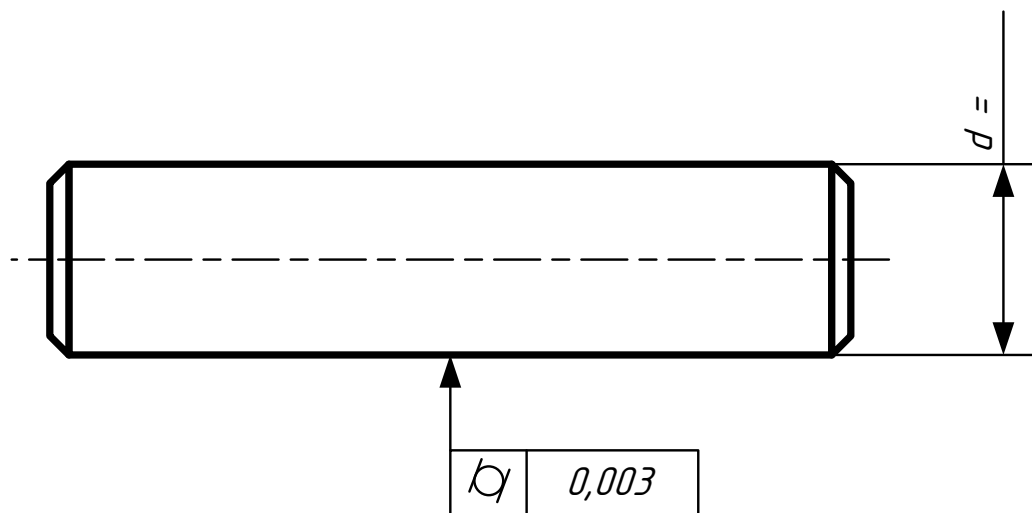


Рисунок 9.1 – Эскиз детали

Таблица 9.1 – Метрологическая характеристика измерительных средств

Наименование инструмента	Интервал измерения, мм	Интервал шкалы, мм	Цена деления шкалы, мм	Настроечная мера, мм	Погрешность показаний шкалы, мм	Суммарная погрешность измерения Δ_{lim} , мкм	Допускаемая погрешность измерения δ , мкм	Пригодность инструмента к измерению
Микрокатор (миниметр)								
Скоба рычажная								

Таблица 9.2 – Результаты измерения детали № _____ микрокатором (миниметром)

Сечение	Результаты измерений, мкм				Действительное отклонение, мкм	Величина действительного размера, мм	Размер по чертежу, мм
	1	2	3	4			
правое							
среднее							
левое							
Примечания. 1 Измерение размера проводить в четырехкратной повторности в одной плоскости примерно через 45°.							
2 Величина действительного размера определяется как среднеарифметическое значение по результатам измерений							

Таблица 9.3 – Результаты измерения детали № _____ скобой рычажной

Сечение	Результаты измерений, мкм				Действительное отклонение, мкм	Величина действительного размера, мм	Размер по чертежу, мм
	1	2	3	4			
правое							
среднее							
левое							
Примечания. 1 Измерение размера проводить в четырехкратной повторности в одной плоскости примерно через 45°.							
2 Величина действительного размера определяется как среднеарифметическое значение по результатам измерений							

Таблица 9.4 – Определение действительной величины действительного отклонения от цилиндричности

Наименование инструмента	Величина действительного отклонения от цилиндричности $\frac{d_{max} - d_{min}}{2}$, мм	Отклонения от цилиндричности по чертежу
Измерение микрокатером		0,003
Измерение скобой рычажной		

Таблица 9.5 – Заключение о годности детали

	Размеры по чертежу, мм	Величина и знак действительного отклонения, мм	Величина действительного размера, мм	Заключение о годности
Размер				
Отклонение от цилиндричности				

Выполнил _____

Проверил _____