

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет имени Александра
Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Ю. А. Орлов, Е. П. Мельникова, Д. Ю. Орлов, Е. В. Арефьев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ:

«Метрология, стандартизация и сертификация»

Учебное электронное издание

ВЛАДИМИР 2014

Аннотация

Методические указания содержат 9 лабораторных работ. Включают линейные измерения, измерения формы и расположения поверхностей, контроль и измерение шероховатости поверхности, измерения зубчатых колес, измерения с помощью цифровых и лазерных приборов, справочные данные по основам стандартизации, взаимозаменяемости изделий, метрологии, управления качеством в соответствии с образовательными стандартами, утвержденными Министерством образования и науки РФ согласно ФГОС-3.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа №1. Выбор методов и средств измерений линейных размеров.....	4
Лабораторная работа №2. Поверка микрометра.....	15
Лабораторная работа №3. Контроль размеров цилиндрических деталей.....	25
Лабораторная работа №4. Исследование шероховатости поверхности.....	35
Лабораторная работа №5. Измерение калибра-пробки на универсальной пружинной головке.....	45
Лабораторная работа №6. Исследование качества изготовления гладких цилиндрических соединений.....	53
Лабораторная работа №7. Исследование качества изготовления зубчатых колес по показателям длины общей нормали и радиального биения зубчатого венца.....	59
Лабораторная работа №8. Исследование параметров помещения с помощью ультразвукового измерителя объема и длины.....	64
Лабораторная работа №9. Исследование возможности точного горизонтального позиционирования с помощью лазерного измерительного прибора.....	67
Приложение 1. Метрологическая карта.....	71
Приложение 2. Допустимые отклонения линейных размеров 0 до 500 мм по ГОСТ 8.051-81.....	72
Приложение 3. Метрологические характеристики средств измерения.....	73
Приложение 4. Допуски гладких рабочих калибров для отверстий и валов с размерами до 500 мм (ГОСТ 24853-81).....	74

Лабораторная работа №1

ВЫБОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

Цель работы:

- учебная – получить навыки работы с нормативными документами для выбора методов и средств измерений линейных размеров;
- практическая – выбрать для измерения линейных размеров детали, выданной руководителем в соответствии с номером подгруппы, соответствующие универсальные измерительные средства и указать их метрологические характеристики.

1. Общие сведения

1.1 Условия, определяющие выбор измерительных средств

В отраслях машиностроения и приборостроения, а также при ремонте до 70...80% всех видов измерений составляют линейные измерения. Любой линейный размер может быть измерен различными измерительными средствами, обеспечивающими разную точность измерения. В каждом конкретном случае точность измерения зависит от принципа действия, конструкции и точности изготовления измерительного прибора, а также от условий его настройки и применения.

Требуемая точность измерения может быть получена только при правильном выборе средств, условий и методики измерения, качественной подготовке их к работе и правильному их использованию.

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 потребуются большое количество калибров различных типов размеров.

При выборе и назначении средств измерения необходимо одновременно стремиться к более жесткому ограничению действительных размеров предельными размерами, предписанными стандартами, и к возможно большему расширению производственных допусков, остающихся за вычетом погрешности измерения.

В практике метрологического обеспечения производства существует правило «средство измерения должно быть оптимальным», т.е. 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.

Правильность выбора измерительного средства определяется отношением величины погрешности измерения, к величине допуска на обработку в процентах, поскольку действительный размер - это размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Выбор измерительных средств с учетом допускаемых погрешностей измерений до 500 мм регламентирует ГОСТ 8.051-81. Допускаемые значения случайной погрешности измерения приняты при доверительной вероятности 0,954 ($\pm 2\sigma$, где σ – среднее квадратическое отклонение погрешности измерения), исходя из предположения, что закон распределения погрешностей – нормальный. Случайная составляющая может быть уменьшена за счет многократности наблюдений, при которых она уменьшается в \sqrt{n} раз, где n – число наблюдений.

Значения предельных погрешностей измерений выбираемых средств измерений (СИ) приведены в РД 50-98-86. Для оценки пригодности выбираемого средства измерения сопоставляют величину наибольшей предельной погрешности измерения СИ со случайной составляющей погрешности измерения. Если наибольшая предельная погрешность измерения выбранного средства измерения не превышает случайной составляющей погрешности измерения при оценке годности данного размера, то данное средство можно применить для заданного измерения.

1.2. Нормальные условия измерений

Реальные условия выполнения линейных измерений, как правило, не совпадают с нормальными условиями, которые должны обеспечиваться с целью исключения дополнительных погрешностей.

Нормальные условия выполнения линейных измерений регламентирует ГОСТ 8.050-73: температура окружающей среды 20°C; атмосферное давление 101324,72 Па (760 мм рт. ст.); относительная влажность воздуха 58% и др., по которым приводятся допускаемые от них отклонения.

2. Методика выбора средств измерения

Для выбора средств измерения применяют три методики:

2.1. Приближенная

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

2.1.1. Определяется допуск размера детали.

Допуск размера детали ($T_{дет}$) выбирается в зависимости от заданного качества точности по ГОСТ 25347-81 и ГОСТ 25346-81.

2.1.2. Рассчитывается допускаемая погрешность измерения: Допускаемая погрешность измерения принимается 25% от величины допуска на размер, то есть

$$\sigma_{изм} = 0,25 \cdot T_{дет}$$

2.1.3. Рассчитывается случайная составляющая допускаемой погрешности измерения.

Допускаемая погрешность измерения в целом является комплексной погрешностью и включает погрешность измерительных средств, погрешность метода измерений и ряд других погрешностей, зависящих от температуры, базирования, измерительного усилия и пр. Наилучшее соотношение между погрешностью самого средства измерения $\sigma_{си}$ и остальными погрешностями $\sigma_{доп}$ будет при $\sigma_{си} \approx \sigma_{доп}$.

Допускаемые погрешности измерения $\sigma_{изм}$ определяют случайные и неучтенные систематические составляющие погрешности измерения. При этом случайная составляющая погрешности измерения $\sigma_{си}$ должна быть на 25...30% ниже, чем $\sigma_{изм}$ (т.е. $\sigma_{си} = 0,7 \cdot \sigma_{изм}$). В этом случае оптимальное значение коэффициента

$$K = \sigma_{си} / \sigma_{изм} = 0,7$$

при $\sigma_{изм} = \sqrt{\sigma_{си}^2 + \sigma_{доп}^2}$. Обычно выбирают $K = 0,6...0,8$.

Случайную составляющую можно выявить практически при всех видах

измерений. Однако эту часть погрешности иногда принимают за всю предельную погрешность измерения. Ограничивать неучтенную систематическую погрешность измерения не представляется возможным, поскольку для ее непосредственного определения необходимо иметь рабочие эталоны, что особенно при точных измерениях практически сделать невозможно.

2.1.4. По справочным таблицам выбирается средство измерения в зависимости от детали (вал или отверстие).

Выбор измерительного средства заключается в том, чтобы наибольшая предельная погрешность ($\pm \Delta_{limСИ}$), являющаяся нормированным метрологическим показателем данного измерительного средства, не превышала случайной составляющей допускаемой погрешности измерения, т.е. при этом должно выполняться условие: $\pm \Delta_{limСИ} \leq (0,6 \dots 0,8) \sigma_{изм}$.

2.1.5. В метрологическую карту (см. Приложение 1) заносятся метрологические характеристики выбранного средства измерения.

2.2. Расчетная

Данная 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.

2.2.1. Определяется допуск размера детали.

Допуск размера детали ($T_{дет}$) выбирается в зависимости от заданного качества точности по ГОСТ 25347-81 и ГОСТ 25346-81.

2.2.2. Определяется расчетная допускаемая погрешность измерения. При расчете по данной методике необходимо пользоваться таблицей процентного соотношения допускаемой погрешности измерения и допусков деталей для различных качеств точности (табл. 1).

Таблица 1

Процентное соотношение допускаемой погрешности измерения в зависимости от точности объекта измерения

Квалитет точности объекта измерения по ГОСТ 25347-81	Предельная погрешность измерения, % от допуска
Валы 5-го квалитета	35
Отверстия и валы 6-го и 7-го квалитетов Отверстия 5-го квалитета	30
Отверстия 8-го и 9-го квалитетов Валы 8-го квалитета	25
Отверстия 10-16-го квалитетов Валы 9-16-го квалитетов	20

В соответствии с табл. 1, определяют расчетную допускаемую погрешность измерения из выражения

$$\frac{\delta_{\text{изм.расч.}}}{T_{\text{дет}}} 100\% \leq \text{табличной величины}$$

2.2.3. Рассчитывается случайная составляющая допускаемой погрешности измерения (аналогично п. 2.1.3.)

2.2.4. По справочным таблицам выбирается средство измерения в зависимости от детали (вал или отверстие) при условии

$$\pm \Delta_{\text{limСИ}} \leq (0,6 \dots 0,8) \sigma_{\text{изм. расч}}$$

2.2.5. В метрологическую карту (прил.1) заносятся метрологические характеристики выбранного средства измерения.

2.3. Табличная

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

2.3.1. Определяется допуск размера детали.

Допуск размера детали ($T_{\text{дет}}$) выбирается в зависимости от заданного качества точности по ГОСТ 25347-81 и ГОСТ 25346-81.

2.3.2. Определяется допускаемая погрешность измерения.

В основе табличной методики лежит ГОСТ 8.051-81 «Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм». Данный стандарт устанавливает значения допускаемых погрешностей измерения $\sigma_{\text{изм}}$ в зависимости от допуска IT и 13 основных интервалов номинальных размеров для 2... 17-го качества, которые приведены в данных методических указаниях в Приложении 2. Значение $\sigma_{\text{изм}}$ определяют для любых значений допуска. При допусках, не соответствующих значениям, указанным в Приложении 2, допускаемая погрешность выбирается по ближайшему меньшему значению допуска для соответствующего размера.

2.3.3. Рассчитывается случайная составляющая допускаемая погрешность измерения (аналогично п. 2.1.3.)

2.3.4. По справочным таблицам выбирается средство измерения в зависимости от детали (вал или отверстие) при условии

$$\pm \Delta_{\text{limСИ}} \leq (0,6 \dots 0,8) \sigma_{\text{изм.}}$$

2.2.4. В метрологическую карту (см. Приложение 1) заносятся метрологические характеристики выбранного средства измерения.

Следует помнить, что наименования средств измерений выбираются из специальных таблиц предельных погрешностей измерений РД 50-98-86. Метрологические характеристики некоторых широко распространенных средств измерений приводятся в Приложении 3 данных методических указаний.

3. Выбор метода измерений

Выбранное средство измерений линейных размеров, его конструкция определяют метод измерений.

Метод измерений представляет собой прием или совокупность приемов применения средств измерений и характеризуется совокупностью тех физических явлений, на которых основаны измерения.

По способу получения и характеру результатов измерения разделяют соответственно на прямые, косвенные, абсолютные и относительные. Данные виды измерений линейных размеров представлены в табл. 2.

Таблица 2

Виды измерений линейных величин

Измерение	Определение	Примеры измерения
Прямое	Измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных	Измерение глубины линейкой глубиномера штангенциркуля; измерение диаметра вала микрометром
Косвенное	Измерение, при котором искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подверженными прямым измерениям	Измерение среднего диаметра методом трех проволочек, устанавливаемых во впадины резьбы
Абсолютное	Измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант	Измерение линейных размеров штангенциркулем, микрометром, глубиномером, на инструментальном микроскопе и т.д.
Относительное	Измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную	Измерение диаметра отверстия индикаторным нутромером, настроенным по концевым мерам; диаметра вала – рычажной скобой

В производственных условиях наиболее широко применяются методы прямых измерений: метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

При методе непосредственной оценки значение измеряемой величины получают непосредственно по отсчетному устройству средства измерений, например штангенциркуля, микрометра и т.д. Кроме того, этот метод по характеру результата измерений является абсолютным, так как весь измеряемый параметр фиксируется непосредственно средством измерения.

Метод прост, не требует особых действий оператора и дополнительных вычислений. Особое внимание при измерениях этим методом уделяется используемым средствам измерений, так как они служат основными источниками погрешности измерений. Это обуславливает необходимость тщательного выбора средств измерений, обеспечивающих высокую точность. При методе сравнения с мерой измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. В литературе этот метод называется также относительным, так как средство измерения фиксирует лишь отклонение параметра от установочного значения.

Метод используют при проведении более точных измерений. Погрешность метода характеризуется в основном погрешностью используемой высокоточной меры.

Мера – средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. Примерами используемых мер являются плоскопараллельные концевые меры и штриховые меры.

Метод сравнения с мерой при линейных измерениях реализуется в следующих разновидностях, среди которых различают:

- дифференциальный метод;
- метод совпадений.

Дифференциальный (нулевой) метод измерений – метод сравнения с мерой, в котором на измерительный прибор воздействует разность измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой. Так, диаметр отверстия измеряют индикаторным нутромером, предварительно настроенным на размер с помощью концевых мер длины. Наружные размеры измеряют рычажными и индикаторными скобами. Рычажные скобы имеют большую жесткость по сравнению с индикаторными и как следствие меньшую предельную погрешность измерения.

Метод совпадений – метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины оценивают, используя совпадение ее с величиной, воспроизводимой мерой (т. е. с фиксированной отметкой на шкале физической величины). К примеру, при измерении длины штангенциркулем, наблюдают совпадение отметок на шкалах штангенциркуля и нониуса.

Если рассмотренные методы прямых измерений не позволяют решить измерительную задачу, прибегают к косвенным измерениям, что значительно расширяет диапазон измеряемых величин и возможности измерений.

4. Порядок выполнения работы

1. Освоить табличную методику выбора универсальных измерительных средств, которая рекомендуется для серийного, крупносерийного и массового производства.

2. По чертежу детали (см. рис. 1) определить заданные контролируемые размеры согласно своего варианта (табл. 3).

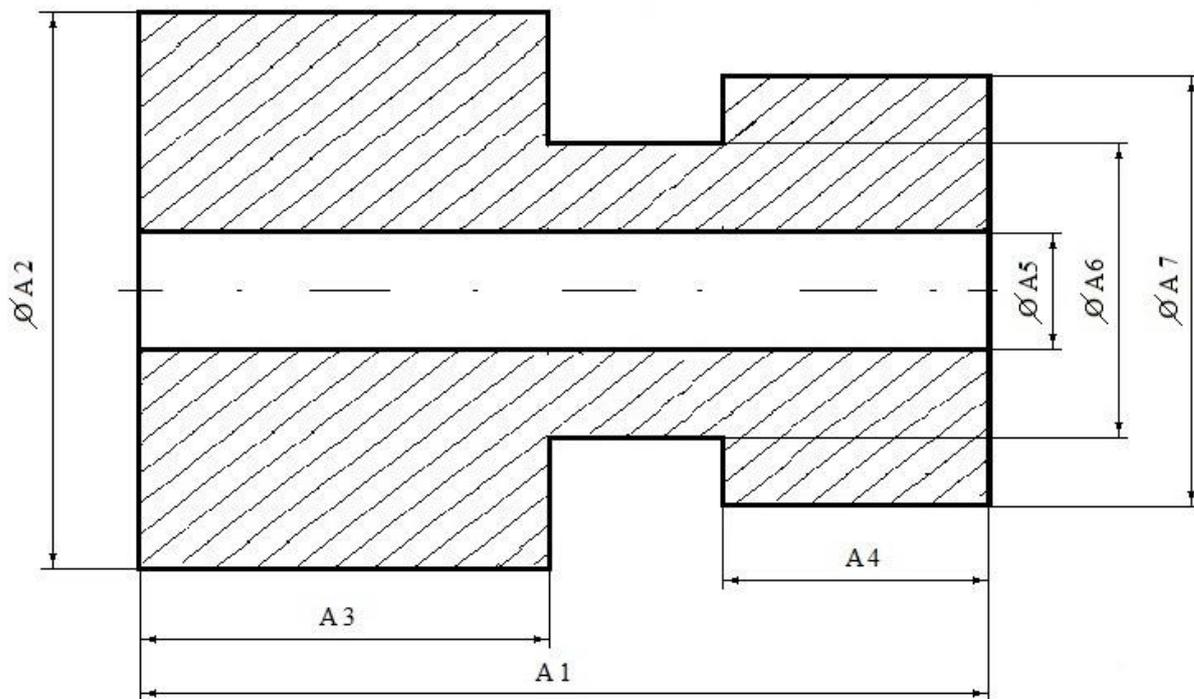


Рис. 1. Чертеж детали

Таблица 3

Варианты заданий

Номер образцов	Контролируемые параметры детали						
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
1	$130 \pm \frac{IT15}{2}$	40a11	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	18,5H9	32h12	34h8
2	$130 \pm \frac{IT15}{2}$	39,5h9	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	18,5D10	32h12	34h8
3	$140 \pm \frac{IT15}{2}$	42h9	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5D10	34h12	36h8
4	$140 \pm \frac{IT15}{2}$	42h9	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5D10	34h12	36h8

5	$150 \pm \frac{IT15}{2}$	43,5h9	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	22,5D10	36h12	38u8
6	$150 \pm \frac{IT15}{2}$	43,5h9	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	$40,5 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5Js10	36js10	38u8
7	$160 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	24,5Js10	38h12	40h8
8	$160 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	24,5Js10	38h12	40h8
9	$170 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	26,5D10	40h12	42u8

Заданные контролируемые размеры представлены в следующем виде:

$$130 \pm \frac{IT15}{2} ; 40a11; 20,5D10, \text{ где:}$$

130, 40 и 20,5 – номинальный (теоретический) размер данного параметра детали,

IT , a и D – характеристика вида параметра детали (линейный размер, внутренний или внешний диаметры соответственно),

15, 11 и 10 – квалитет – характеристика класса точности изготовления данного размера.

3. Определить номинальный размер, квалитет, предельные отклонения элемента детали, используя ГОСТ 25347-81, ГОСТ 25346- 81.

Для чего:

в соответствии с буквенной частью условного обозначения допустимых предельных отклонений (IT , a , h или D , H) определить ГОСТ, из которого следует выбирать численные значения предельных отклонений:

- IT – линейные размеры – ГОСТ 8.051-81
- a , h – внешние диаметры – ГОСТ 25347-81
- D , H – внутренние диаметры – ГОСТ 25346- 81.

по номеру квалитета в соответствующем ГОСТе выбрать таблицу для определения предельных отклонений,

по условному обозначению предельных отклонений ($\pm \frac{IT15}{2}$, $a11$ и $D10$) и

номинальному размеру (130, 40 и 20,5) из таблицы выбрать численные значения допустимых предельных отклонений на изготовление заданного размера (максимальное – верхнее число и минимальное – нижнее, в мкм).

4. Рассчитать предельно допустимую погрешность средства измерения.

Для чего:

определить допуск на изготовление заданного размера T , который равен

$$T = \Delta H_{max} - \Delta H_{min}$$

с учетом знаков.

рассчитать предельную погрешность измерения данного параметра

$$\sigma_{\text{изм}} = (0,2 \dots 0,3) \cdot T$$

Величину коэффициента выбирают в зависимости от важности объекта, в который входит данная деталь. Чем ответственнее объект, тем меньше численное значение коэффициента.

рассчитать значение предельно-допустимой погрешности СИ, которое может быть использовано для контроля качества изготовления заданного размера детали

$$\pm \Delta_{\text{lim СИ}} \leq (0,6 \dots 0,8) \sigma_{\text{изм}}$$

Величину коэффициента выбирают в зависимости от квалификации человека, который будет использовать СИ. Чем выше квалификация, тем большую погрешность может иметь СИ.

5. Выбрать средства измерения для контроля параметров детали (штангенциркуль, микрометр, рычажная скоба, индикаторный нутромер) и указать их метрологические характеристики (предел измерения, цену деления и предельную погрешность СИ).

Средство измерения выбирается исходя из анализа его метрологических характеристик, указанных в паспорте (технической документации, справочнике) и сравнения их с размером измеряемого параметра и предельно-допустимой погрешностью, определенной в п. 4, причем:

- измеряемый (номинальный) размер должен входить в предел измерения выбираемого СИ (0,7 – 0,8 от предела измерений),
- предельная погрешность выбираемого СИ должна быть меньше предельно допустимой погрешности, определенной в п. 4.

В работе метрологические характеристики СИ линейных размеров приведены в таблице Приложения 3. Для входа в таблицу сначала определяется интервал размеров, в который входит измеряемый. Затем по этому столбцу опускаются до строки, в которой указана предельная погрешность СИ, способного измерять данный параметр, меньшая, чем допустимая. После этого в данной строке таблицы определяют вид СИ и его метрологические характеристики, которые заносят в метрологическую карту (характеристика объекта измерения; метрологические характеристики выбранных СИ), (Приложение 1).

6. Сделать соответствующие выводы по выбранным средствам измерения.

5. Форма отчета

1. Наименование, цель работы и краткая теория.
2. Чертеж детали и исходные данные по заданному варианту.
3. Данные расчетов и выбора СИ для каждого размера.
4. Метрологическая карта.
5. Вывод о работе.

6. Контрольные вопросы

1. Что является основой методик выбора средств измерений?
2. Что такое допускаемая погрешность измерения?
3. Как определяется предельная погрешность средств измерений?
4. Какие условия влияют на выбор средств измерения?
5. Какие факторы учитывают при выборе средств измерений линейных размеров?
6. Какие существуют виды средств измерений?
7. Какие методы прямых измерений вы знаете?
8. Какая величина является основополагающей при выборе средств измерений?
9. Как влияет допуск на обеспечение функциональной взаимозаменяемости?
10. Каков порядок действий при выборе средств для измерения линейных размеров?
11. Какие способы нанесения требований на линейные размеры в рабочих чертежах вы знаете?
12. Каким образом может быть уменьшена случайная составляющая погрешности измерения?
13. Какие нормативные документы используют при выборе средств измерений линейных размеров?
14. В чем заключается сущность дифференциального (нулевого) метода измерения линейных размеров?
15. Какие вы знаете метрологические характеристики средств измерений?

Лабораторная работа №2

ПОВЕРКА МИКРОМЕТРА

Цель работы:

- изучить устройство и принцип действия микрометра;
- получить первичные практические навыки в выполнении поверки СИ,
- осуществить поверку микрометра,
- определить пригодность микрометра к использованию.

Поверкой называется комплекс мероприятий (проверок) по определению пригодности СИ к использованию путем определения фактических (полученных путем измерений) метрологических характеристик и сравнения их с допустимыми (взятыми из нормативных документов).

1. Общие сведения

1.1. Устройство и принцип действия микрометра

Микрометр относится к классу микрометрических измерительных инструментов, принцип действия которых основан на использовании винтовой пары (винт – гайка), позволяющей преобразовать вращательное движение микровинта в поступательное.

Приборостроительная промышленность изготавливает микрометры в соответствии с требованиями ГОСТ 6507-90 с пределами измерений от 0 до 300 мм с интервалом 25 мм. (0-25, 25-50 и т. д. до 275-300). При необходимости микрометры могут быть укомплектованы специальной стойкой с зажимом, позволяющей исключить дополнительную погрешность из-за нарушения температурных условий измерений.

Устройство микрометра изображено на рис. 1.

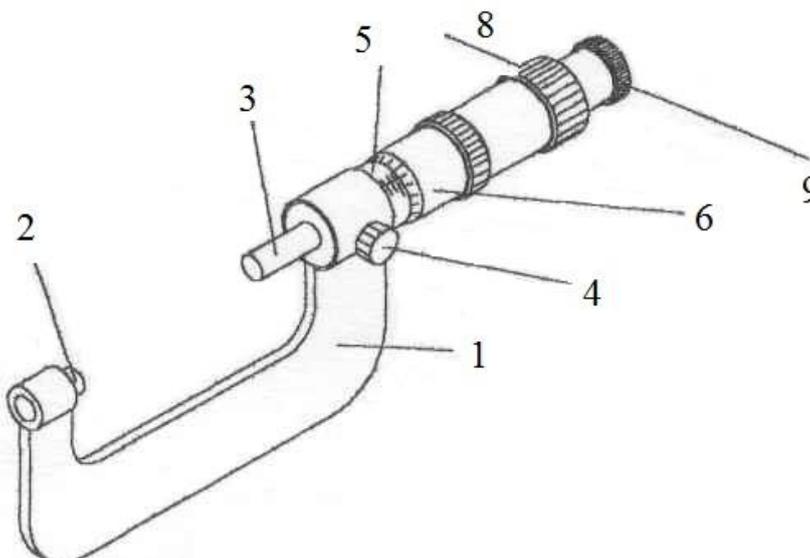


Рис. 1. Устройство микрометра с диапазоном измерения от 25 до 50 мм

Основанием микрометра является скоба 1, а передаточным механизмом служит винтовая пара, состоящая из микрометрического винта 3 и микрометрической гайки, расположенной в стебле 5. В скобу 1 запрессована пятка 2 и стержень 5. Измеряемая деталь охватывается измерительными поверхностями микровинта и пятки. Барабан 6 присоединен к микровинту установочным колпачком 8. Вращение барабана должно осуществляться с помощью трещотки 9 для создания одинакового калибровочного и измерительного усилия, которое для микровинта равно $F = 7 \pm 2\text{Н}$. Превышение измерительного усилия ограничивается трещоткой. Закрепляют микровинт в требуемом положении стопорным винтом 4. Накатной выступ 7 служит для удобства работы с микрометром.

Отсчетное устройство микрометра состоит из двух шкал (рис. 2):

- продольной (на стебле измерительной системы) и
- круговой (на круговой поверхности барабана).

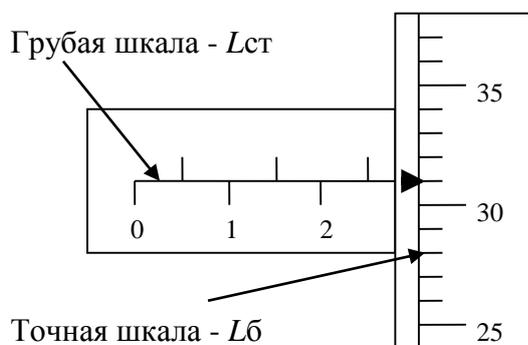


Рис. 2. Шкалы микрометра

Продольная (грубого отсчета) 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. Отсчет снимается по последнему делению, которое видно.

Круговая (точного отсчета) шкала имеет 50 делений с ценой деления 0,01 мм (при шаге винта $S = 0,5$ мм), нанесенных на поверхности барабана по окружности. Индексом для снятия отсчета служит продольная линия грубой шкалы. По продольной шкале отсчитывают число целых миллиметров и 0,5 мм, по круговой - десятые и сотые доли миллиметра. Третий десятичный знак отсчитывают приближенно, зрительно интерполируя цену деления шкалы барабана до 0,1 деления (до 0,001 мм).

Результат получают суммированием отсчетов по шкале стебля и отсчета по шкале барабана.

Например, на рис. 2 полный отсчет показания микрометра равен:

$$L_m = L_{CT} + L_b = 2,5 + 0,31 = 2,81 \text{ мм.}$$

Для обеспечения нормированной точности использования СИ необходимо проведение поверочных (калибровочных) работ, содержащих ряд отдельных проверок и регулировок. Любое СИ имеет общие для всех средств проверки (регулировки) и индивидуальные для каждого конкретного типа СИ.

Из числа общих для микрометра относятся:

- установка (проверка) прибора на нуль (начало отсчета) и
- определение инструментальных погрешностей.

К индивидуальной – проверка параллельности (непараллельности) измерительных поверхностей.

2. Методика поверки микрометра

Поверка – это совокупность действий, выполняемых для определения или оценки погрешностей средств измерений и установления их пригодности к применению.

2.1. Операции поверки

При проведении Поверки микрометра должны быть выполнены следующие операции:

- внешний осмотр;
- опробование;
- установка шкалы микрометра на нуль,
- определение (контроль) метрологических характеристик (определение погрешности шага и профиля микровинта;
- определение отклонения от параллельности и плоскостности измерительных поверхностей; погрешности расположения штрихов измерительных шкал; погрешности деформации скобы, возникающей под действием измерительного усилия и т.д.).

Микрометры, находящиеся в эксплуатации, поверяются по погрешностям показаний и по отклонениям от параллельности измерительных плоскостей.

2.2. Условия поверки и подготовка к ней

На правильность поверки микрометров влияет температурный режим, при котором проводится поверка. Допустимые по ГОСТ 6507-90 отклонения температуры от 20 градусов при поверке микрометров приведены в табл. 1.

Микрометр и установочные меры, подлежащие поверке, выдерживаются в помещении, где проводится поверка не менее 3 часов.

Допустимые отклонения температуры от 20°C

Поверяемое СИ	Пределы измерения, мм		
	До 150	Свыше 150 до 500	Свыше 500 до 600
Микрометр	4	3	2
Установочные меры	3	2	1

2.3. Проведение поверки

2.3.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие микрометра требованиям ГОСТ 6507-90 в части формы измерительных поверхностей микрометра и установочной меры, качества поверхностей, оцифровки и штрихов шкал, комплектности. Измерительные поверхности микрометра необходимо очистить от смазки.

2.3.2. Опробование

При опробовании проверяют плавность перемещения барабана микрометра вдоль стебля; отсутствие вращения микрометрического винта, закрепленного стопорным устройством, обеспечивающим измерительное усилие (при этом показания микрометра не должны изменяться); неизменность положения закрепленной пятки.

2.3.3. Установка микрометра на нуль

Микрометр устанавливается на нуль или соответствующее начальное показание шкалы 25 мм, 50 мм и т.д. с помощью установочных мер в зависимости от интервалов измерений микрометра

В положении плотного соприкосновения измерительных поверхностей микрометра (измерительного винта и пятки) или измерительных поверхностей с установочной мерой, соответствующей начальному показанию шкалы (25 мм, 50 мм и т.д.) закрепить стопор микровинта вращением винта стопора по часовой стрелке до прочного зажатия (рис.3).

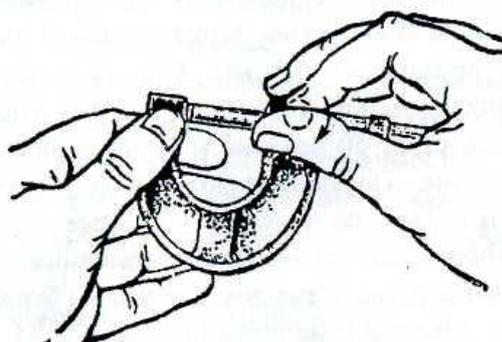


Рис. 3. Закрепление винтового стопора гладкого микрометра

Разъединить барабан и микровинт, для чего охватить левой рукой барабан за накатный выступ, а правой установочный колпачок повернуть против часовой стрелки (на себя) до появления осевого люфта барабана на микровинте (рис. 4).

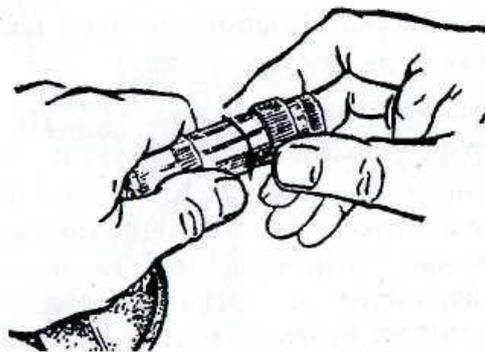


Рис. 4. Освобождение барабана микрометра

Совместить нулевой штрих шкалы барабана с продольным штрихом шкалы стебля, для чего скобу микрометра охватить левой рукой, как показано на (рис. 5), причем пальцами левой руки удерживать барабан в положении совпадения нулевых штрихов, а правой вращать установочный колпачок по часовой стрелке до полного закрепления барабана на микровинте.

Освободить стопор микровинта, вращая его против часовой стрелки.

Проверить правильность выполненной установки микрометра, для этого отвести микровинт от пятки, вращая его за трещотку против часовой стрелки на 3 – 4 оборота и затем вращая измерительный барабан за трещотку снова подвести микровинт к пятке. В этом положении нулевой штрих шкалы барабана должен совпасть с продольным штрихом шкалы стебля, а срез барабана должен находиться над нулевым штрихом шкалы стебля. Погрешность установки (отсчет по точной шкале) не должна превышать одного деления точной шкалы (10 мкм).

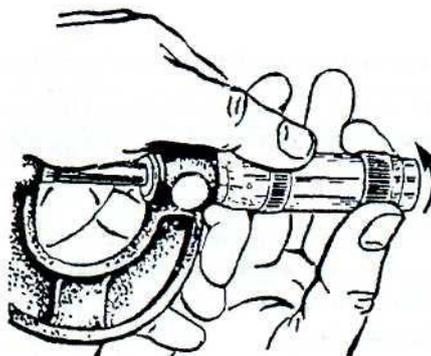


Рис. 5. Закрепление барабана микрометра установочным колпачком

Если установка с первого раза не удалась, то ее повторяют до тех пор, пока не будет достигнута необходимая точность совпадения нулевых штрихов. Если погрешность установки не будет обеспечена, то микрометр считается не пригодным к использованию.

2.3.4. Определение инструментальных погрешностей

В основе измерительной системы микрометра лежат винт с гайкой. Гайка соединена со скобой, а винт с измерительным барабаном. Качество измерительной системы зависит от точности изготовления резьбы на гайке и винте и их сопряжения. Так как изготовить резьбу с высокой точностью на всей длине измерительной системы невозможно, то погрешности микрометра на разных участках предела измерения будут разные. Поэтому оценки погрешностей (систематической и случайных), определенные в какой-то определенной точке диапазона измерений не будут соответствовать погрешностям в других точках диапазона. В следствии этого для качественной оценки пригодности микрометра необходимо определить погрешности через некоторые интервалы по всему диапазону измерения.

Для этого назначаются размеры, по которым будет проведена поверка микрометра. Число поверяемых точек должно быть не менее шести, и располагаться они должны равномерно по шкале. Например, если микрометр имеет диапазон измерения от 0 до 25 мм, то в качестве поверяемых точек можно выбрать 0, 5, 10, 15, 20 и 25 мм.

Показания микрометра поверяются по каждому контролируемому размеру. Соответствующие размеры устанавливаются с помощью плоскопараллельных мер длины (плиток). Для получения более достоверных результатов измерений каждое измерение повторяют 10 раз. Среднее арифметическое значение повторных измерений снижает влияние случайных погрешностей измерений.

Так как целью работы является определение погрешностей, то в качестве результата измерений можно определять не численное значение результата измерения размера плоскопараллельных мер длины, а значение погрешности, снимаемое по точной шкале. Это уменьшит время работы и упростит расчеты.

Значение погрешности снимается со шкалы микрометра следующим образом (рис. 6):

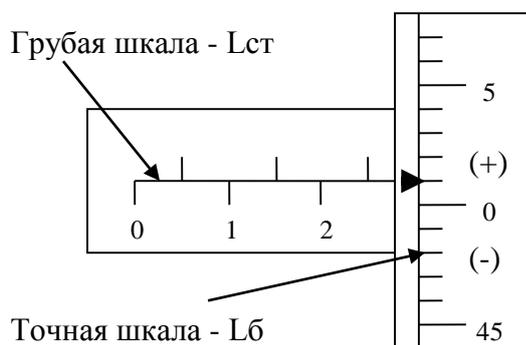


Рис.6. Определение погрешности

- если осевая линия грубой шкалы выше нулевой риски на шкале барабана, то погрешность имеет положительное значение, а если ниже – то отрицательное.
 - величина погрешности определяется в микрометрах.
- Например, на рис. 6. погрешность микрометра равна $\delta = + 10$ мкм.

Результаты измерений заносятся в табл. 2.

Таблица 2

Результаты измерений погрешности показаний микрометра

Результаты измерений										\bar{X}	σ	ΔX	X_1	X_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					

Обработка результатов измерений

Пользуясь статистическими методами обработки результатов, определим погрешности измерения для каждой исследуемой точки шкалы следующим образом:

а) вычисляется среднее арифметическое значение измерений

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \text{ где} \quad (1)$$

n – число измерений;

X_i – значение каждого измерения (случайная величина);

б) вычисляется среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (2)$$

в) выбирается уровень надежности (доверительная вероятность) результатов измерений: $P = 0,90$; $P = 0,95$; $P = 0,99$. По табл. 4 находим коэффициент Стьюдента $t_p(n)$ для выбранной вероятности P и числа измерений n ;

Таблица 4

Значения коэффициента $t_p(n)$ для выбранной вероятности P и числа измерений n

Число измерений, n	При доверительной вероятности, P		
	0,90	0,95	0,99
5	2,13	2,77	4,60
6	2,02	2,57	4,03
7	1,94	2,45	3,71
8	1,89	2,36	3,50
9	1,86	2,31	3,36
10	1,83	2,26	3,25
11	1,81	2,23	3,17
12	1,80	2,20	3,11
13	1,78	2,18	3,06
14	1,77	2,16	2,98
15	1,76	2,14	2,95

г) рассчитываются предельные значения абсолютных погрешностей измерений

$$\Delta X = t_p(n) \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

и определяются границы доверительного интервала

$$X_{1,2} = \bar{X} \pm \Delta X \quad (4)$$

Значения вычисленных величин \bar{X} и $X_{1,2}$ заносятся в табл. 2 и наносятся на график погрешностей микрометра (рис. 6).

2.3.5. Определение отклонения от параллельности измерительных поверхностей микрометра

Отклонения от параллельности измерительных поверхностей микрометра измеряются в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Разность размеров в двух противоположных точках будет характеризовать непараллельность рабочих плоскостей. Для измерения составляется блок концевых мер, равный примерно среднеарифметическому размеру между наибольшим и наименьшим размерами, измеряемыми микрометром. Например, для микрометра с пределами измерений 0 – 25 рекомендуется для проверки непараллельности брать размер 12...13 мм. При составлении блока концевых мер измерительные поверхности должны быть обезжирены, протерты с помощью замшевого материала и тщательно притерты друг к другу.

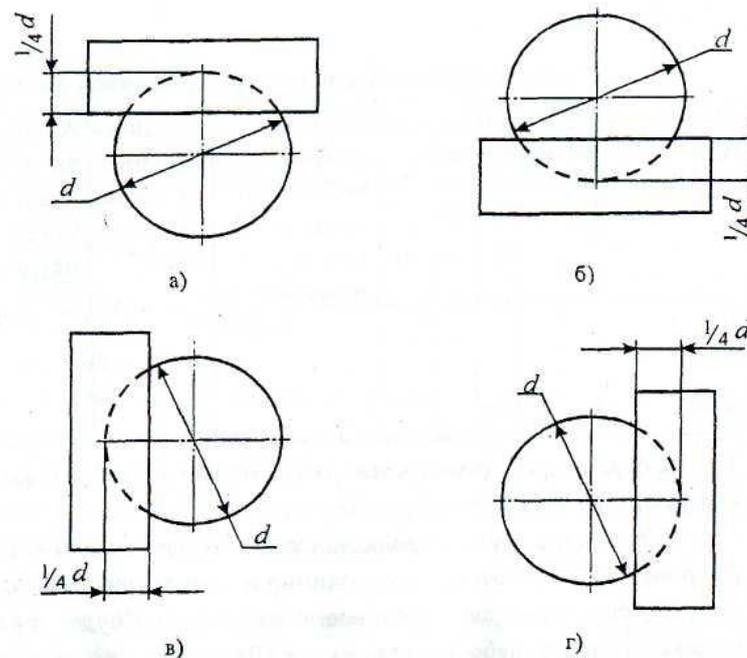


Рис. 5. Касание измерительной поверхности микроинвнта с концевой мерой при проверке микрометра:
а – сверху; б – снизу; в – спереди; г – сзади

Измерение и отсчет аналогичны методу определения погрешности показаний микрометра, только касание измерительных поверхностей микрометра с блоком плиток ограничивается сегментом высотой приблизительно 1/4 диаметра микрометра. Схема расположения концевой меры при поверке микрометра с измерительной поверхностью микровинта представлена на рис.5. Для повышения точности отсчета показаний следует пользоваться увеличительным стеклом, позволяющим определить значение с погрешностью до 25 % от цены деления шкалы. Результаты измерений и расчетов оформляются в соответствии с табл. 3.

Таблица 3

Результаты измерений отклонения от параллельности измерительных поверхностей

Результаты измерений	Рис. 5а	Рис. 5б	Рис. 5в	Рис. 5г
1				
2				
3				
4				
5				
\bar{X}				
σ				
ΔX				
X_1				
X_2				

4. Заключение о годности микрометра

Микрометр считается годным для работы, если ни одно отклонение не превышает допустимых по ГОСТ 6507-90. Допустимые погрешности микрометра даны в табл. 5.

Таблица 5

Допустимые погрешности микрометра по ГОСТ 6507-90

Верхний предел измерений, мм	Допустимая погрешность микрометра, мкм	Допустимая непараллельность измерительных поверхностей, мкм
5, 10, 25	±4	±2
50	±4	±2,5
75, 100	±5	±3
125, 200	±5	±4
225, 250, 300	±5	±6

Если отклонение превышает допустимое, но имеет один знак, микрометр следует настроить, и заключение давать с учетом перенастройки. Если настройкой добиться показаний микрометра в пределах допустимых отклонений не удастся, микрометр подлежит браковке.

Если отклонения от параллельности измерительных поверхностей превышают допустимые по ГОСТ 6507-90, а погрешности показаний микрометра удовлетворяют требованиям ГОСТ 6507-90 или этим требованиям не могут удовлетворять после перенастройки, следует дать заключение, что требуется исправление (доводка) измерительных поверхностей.

Таким образом, сравнивая результаты эксперимента с нормами допустимых отклонений по ГОСТ 6507-90, дается заключение о годности микрометра.

5. Форма отчета

1. Наименование, цель работы и краткая теория (рис. 1).
2. Сводные таблицы по результатам измерения, расчетные формулы.
3. Выводы о работе.

6. Контрольные вопросы

1. Что означает понятие «поверка» средств измерения?
2. Чем вызвана необходимость периодической поверки средств измерения?
3. На чем основан принцип работы микрометра?
4. Из каких основных частей состоит микрометр?
5. Какие шкалы используются в микрометре? Как устроено отсчетное устройство микрометра?
6. Как определяется цена деления шкалы?
7. Какое значение имеет температура при поверке микрометра?
8. Как будет деформироваться скоба микрометра при возрастании температуры?
9. Как осуществляется поверка микрометра?
10. Что является результатом поверки?
11. Какому ГОСТу должен удовлетворять исследуемый микрометр?

Лабораторная работа №3

КОНТРОЛЬ РАЗМЕРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы:

- приобрести первичные практические навыки в выполнении измерений с помощью различных универсальных измерительных средств,
- приобрести навыки в оценке годности детали по линейным размерам.

1. Перечень вопросов, требующих изучения для выполнения работы

- определения номинального, действительного, предельного размеров, отклонений размеров, допуска и поля допуска на размер;
- основного отклонения и качества точности;
- обозначение предельных размеров на чертежах;
- методику выбора универсальных измерительных средств в зависимости от точности изделий (лабораторная работа №1).

2. Содержание работы

1. Освоить методику выбора универсальных измерительных средств в зависимости от точности изготовления деталей (лаб. работа №1).
 2. Ознакомиться с конструкцией и работой простейших универсальных измерительных средств (штангенинструмента, микрометра, индикаторного нутромера, рычажной скобы).
 3. Подготовить таблицу для фиксирования результатов работы (табл. 1).
 4. В соответствии со своим вариантом выполненной лабораторной работы №1 заполнить 1-6 столбцы таблицы 1.
 4. С помощью выбранных универсальных измерительных средств определить действительные размеры проверяемой детали, результаты занести в столбцы таблицы 1 и дать заключение о ее годности.
- В качестве объекта измерения предусмотрена деталь (рис. 1) с заданными размерами (табл. 2) в соответствии с вариантом лабораторной работы №1.

Таблица 1

Результаты контроля размеров цилиндрической детали

Условное обозначение размера	Предельные размеры по чертежу		Наименование средства измерения	Метрологические характеристики измерительного средства		Результаты измерения, мм					Заключение о годности
	<i>min</i>	<i>max</i>		Цена деления	Погрешность прибора	1	2	3	4	5	

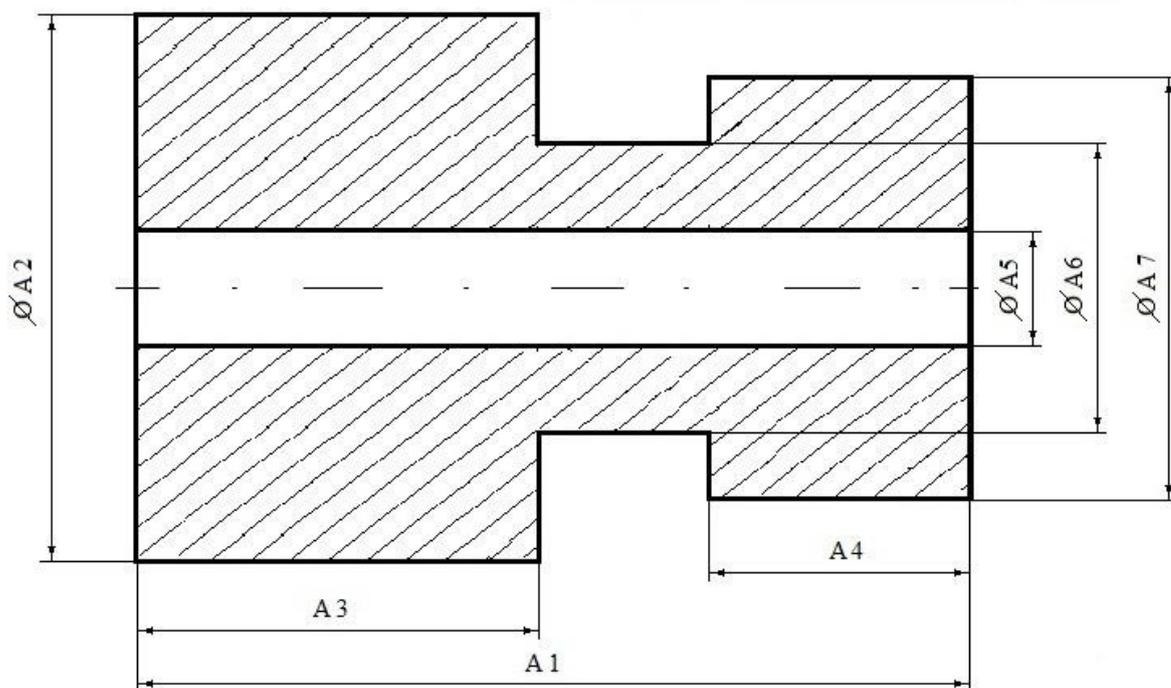


Рис. 1. Чертеж детали

Таблица 2

Варианты заданий

Номер образцов	Контролируемые параметры детали						
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
1	$130 \pm \frac{IT15}{2}$	40a11	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	18,5H9	32h12	34h8
2	$130 \pm \frac{IT15}{2}$	39,5h9	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	18,5D10	32h12	34h8
3	$140 \pm \frac{IT15}{2}$	42h9	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5D10	34h12	36h8
4	$140 \pm \frac{IT15}{2}$	42h9	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5D10	34h12	36h8
5	$150 \pm \frac{IT15}{2}$	43,5h9	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	22,5D10	36h12	38u8
6	$150 \pm \frac{IT15}{2}$	43,5h9	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	$40,5 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5Js10	36js10	38u8
7	$160 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	24,5Js10	38h12	40h8
8	$160 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	24,5Js10	38h12	40h8
9	$170 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	26,5D10	40h12	42u8

3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с объектом измерения и измерительными приборами на рабочем месте. Установить предельные размеры согласно чертежу, записать их в табл.1 и представить схемы расположения полей допусков. Выбрать для контроля соответствующие универсальные измерительные средства и указать их метрологические характеристики.

2. Краткие сведения об универсальных измерительных средствах и работе с ними.

Штангенциркуль – предназначен для измерения линейных размеров, внешних и внутренних диаметров.

Штангенциркуль (рис. 2) состоит из штанги 2, выполненной из одного с неподвижными губками 1 и 8, рамки 4 с подвижными губками 3 и 7 – используется для измерений наружных и внутренних линейных размеров. На штанге нанесена основная миллиметровая шкала 5 с делениями, а на скосе рамки - дополнительная шкала 6 (нониус).

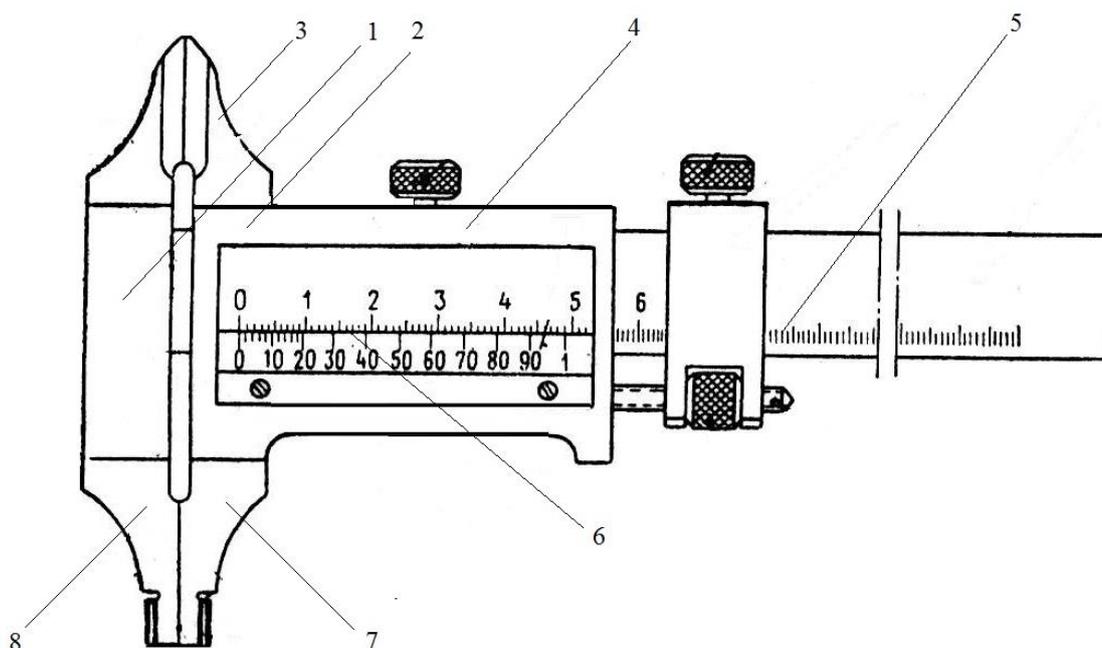


Рис. 2. Конструкция штангенциркуля

Отсчетное приспособление в виде дополнительной шкалы - нониуса позволяет определять дробные доли деления основной шкалы. При сведенных губках нулевой штрих шкалы нониуса также совпадает со штрихом основной шкалы, определяющим длину шкалы нониуса.

При измерении шкала нониуса, как правило, смещается относительно основной шкалы. Если нулевой штрих нониуса располагается между штрихами основной шкалы, то следующие за ними штрихи нониуса также занимают промежуточные положения между штрихами основной шкалы. В этом случае отсчёт измеряемой величины A по шкале с нониусом

складывается из отсчета полных значений N по основной шкале и отсчета дробной части делений по шкале нониуса, т.е.

$$A = N + KC,$$

где K – порядковый номер штриха нониуса, совпадавший со штрихом основной шкалы; C – цена деления нониуса.

Например, при $C = 0,1$ мм нулевой штрих нониуса находится между двадцатым и двадцать первой штрихом основной шкалы, совпадает пятый штрих нониуса, отсчет будет составлять $20 + 0,1 \times 5 = 20,5$ мм.

Штангенциркули выпускаются с ценой деления 0,1; 0,05; 0,02 мм.

С помощью выбранного штангенциркуля произвести 6 измерений контролируемого параметра в разных сечениях и направлениях, в соответствии с рис. 3.

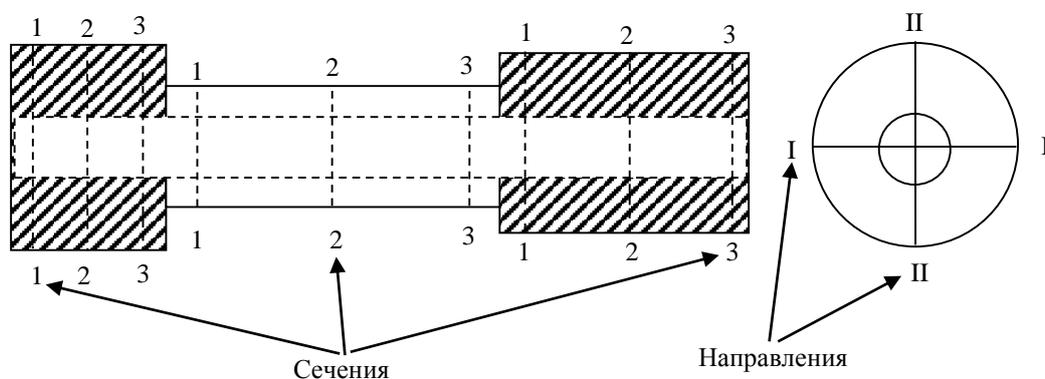


Рис. 3. Схема измерения размеров детали

Микрометр – предназначен для измерения внешних диаметров.

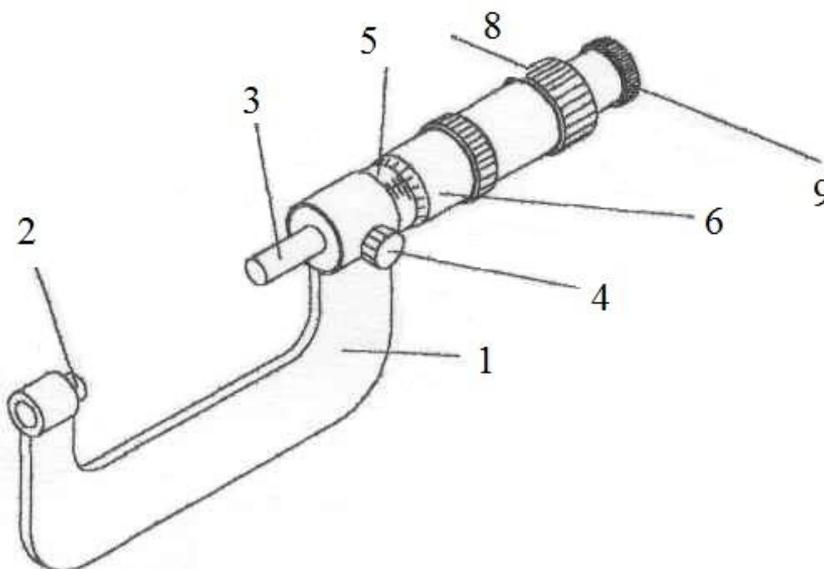


Рис. 4. Устройство микрометра

Основанием микрометра является скоба 1, а передаточным механизмом служит винтовая пара, состоящая из микрометрического винта 3 и микрометрической гайки, расположенной в стебле 5. В скобу 1 запрессована

пятка 2 и стемель 5. Измеряемая деталь охватывается измерительными поверхностями микровинта и пятки. Барабан 6 присоединен к микровинту установочным колпачком 8. Вращение барабана осуществляется трещоткой 9 для создания постоянного калибровочного усилия, которое для микровинта равно $F = 7 \pm 2\text{Н}$. Превышение измерительного усилия ограничивается трещоткой. Закрепляют микровинт в требуемом положении стопорным винтом 4. Накатной выступ 7 служит для удобства работы с микрометром.

Отсчетное устройство микрометра состоит из двух шкал:

- продольной,
- круговой.

Продольная (грубого отсчета) 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 (точного отсчета) шкала имеет 50 делений (при шаге винта $S = 0,5$), нанесенных на торце барабана.

По продольной шкале отсчитывают число целых миллиметров и 0,5 мм, по круговой - десятые и сотые доли миллиметра. Третий десятичный шаг отсчитывают приближенно, интерполируя цену деления шкалы барабана с точностью до десятых долей деления (микрометров). Цена деления шкалы барабана равна отношению шага S к числу делений n на торце барабана

$$C = \frac{S}{n} = \frac{0,5}{50} = 0,01$$

Результат получают суммированием отсчетов по шкале стебля и отсчета по шкале барабана.

Например, на рис. 4 полный отсчет показания микрометра

$$L_m = L_{СТ} + L_6 = 8,45 \text{ мм.}$$

Перед началом измерений с помощью концевых мер необходимо произвести установку (проверку) нуля (начала шкалы) микрометра.

В соответствии с выводами лабораторной работы №1 (для своего варианта) произвести измерения соответствующих параметров (внешних диаметров) детали в трех равноотстоящих сечениях и в двух взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 3). Результаты занести в 7-12 столбцы таблицы 1.

Рычажная скоба – предназначена для измерения внешних диаметров. В рычажных скобах (рис. 5) в процессе измерения подвижная пятка 9, перемещаясь, воздействует на измерительный рычаг 11, зубчатый сектор которого поворачивает зубчатое колесо 4 и стрелку 1, неподвижно закрепленную на его оси. Спиральная пружина 3 постоянно прижимает зубчатое колесо к зубчатому сектору, устраняя таким образом зазор. Микровинт для настройки 8 служит для установки прибора на нуль по блоку концевых мер. Промышленность выпускает также рычажные скобы с цифровым отсчетом измеряемой величины в миллиметрах, десятых и сотых

долях миллиметра.

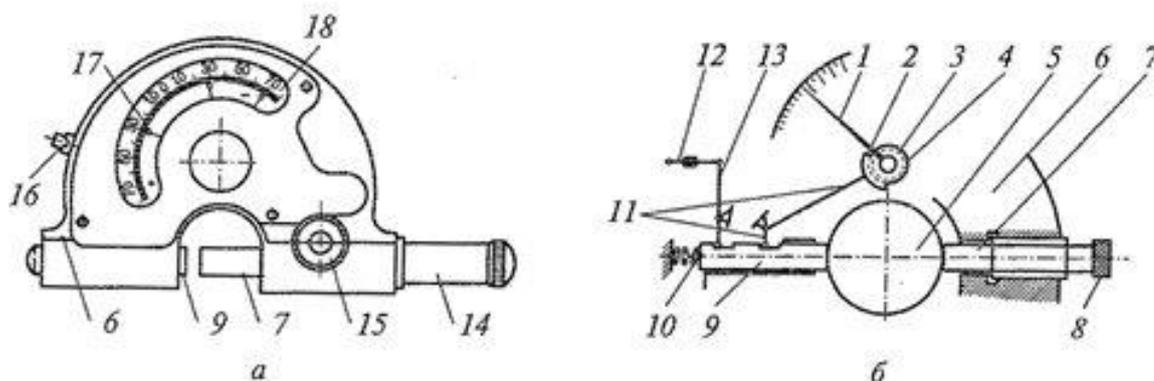


Рис. 5. Рычажная скоба-пассаметр (а) и ее схема (б):

1 – стрелка; 2 – зубчатый сектор; 3 – спиральная пружина; 4 – зубчатое колесо; 5 – объект измерения; 6 – корпус; 7 – неподвижная (регулируемая) пятка; 8 – микровинт для настройки; 9 – подвижная пятка; 10 – пружина;

11 – измерительный рычаг; 12 – стержень арретира; 13 – рычаг арретира; 14 – предохранительный чехол; 15 – гайка фиксатора; 16 – кнопка арретира; 17 – шкала; 18 – указатель предела действительных отклонений

Рычажные микрометры аналогичны рычажным скобам и отличаются от них лишь наличием микрометрической головки для отсчета измеряемой величины в миллиметрах, десятых и сотых долей миллиметра. Для измерения наружных размеров до 100 мм предусмотрены микрометры типа МР с отсчетным устройством, встроенным в корпус. Микрометры типа МРЗ предназначены для измерения длины общей нормали зубчатых колес, а микрометры типа МРИ – для измерения наружных размеров свыше 100 и до 2000 мм.

Измерительные пружинные головки (рис. 6) 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 показаний по слишком тонкой стрелке и наличие вибраций стрелки, что увеличивает ошибки измерений. В измерительной пружинной головке пружинная бронзовая лента 1 относительно стрелки 8 закручена в разные стороны и правым концом прикреплена к пружинному угольнику 2, а левым концом – к плоской пружине 7.

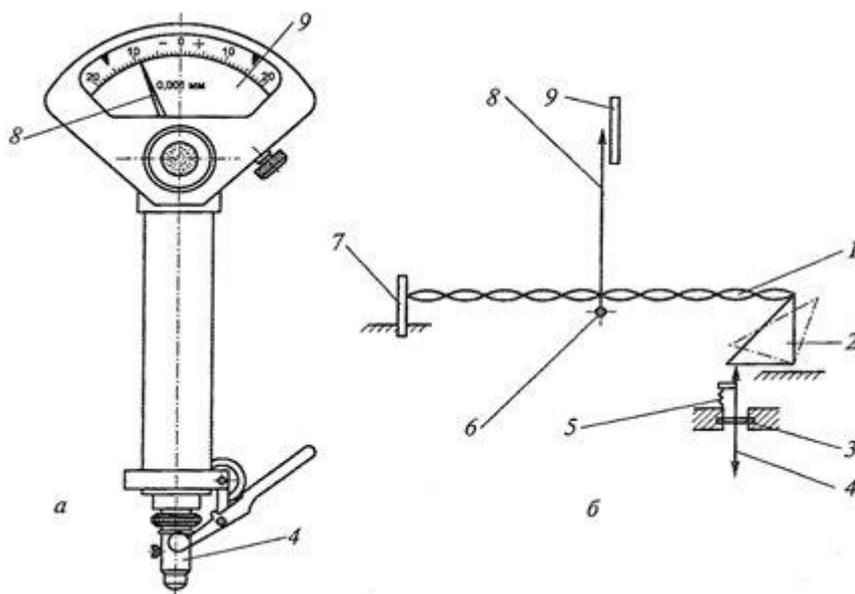


Рис. 6. Измерительная пружинная головка и ее схема (б):

1 – пружинная бронзовая лента; 2 – пружинный угольник; 3 – мембрана; 4 – измерительный стержень; 5 – пружина; 6 – противовес; 7 – плоская пружина; 8 – стрелка; 9 – шкала

При перемещении измерительного стержня 4 поворачивается угольник 2, что приводит к растяжению пружинной бронзовой ленты 1 и повороту прикрепленной к ней в середине стрелки относительно шкалы 9. Стрелка сбалансирована с помощью противовеса 6. Сила измерения создается пружиной 5. Измерительный стержень 4 подвешен к корпусу головки на мембране 3 и пружинном угольнике 2.

Измерительные пружинные головки изготавливают в следующих исполнениях: ИГП – с нормальным измерительным усилием, ИГПУ – с уменьшенным измерительным усилием, ИГПР – с регулируемым измерительным усилием, ИГПГ – герметизированные, ИГПВ – виброустойчивые.

Нутромер индикаторный (рис. 7) – предназначен для измерения внутренних диаметров. Индикаторный нутромер реализует относительный метод измерения. Данный прибор широко применяется для замеров внутренних размеров изделий. Нутромеры индикаторного вида выпускают со стандартизованными пределами измерений (6-10 мм, 10-18 мм, и др.). К прибору прилагаются сменные стержни и шайбы, устанавливающиеся в отверстие тройника головки нутромера. Они отличаются друг от друга на величину в 1 мм или 5 мм.

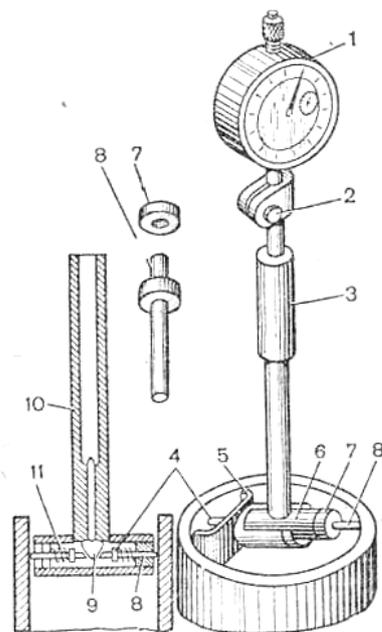


Рис. 7. Устройство индикаторного нутромера

Основным элементом индикаторного нутромера является направляющая втулка (на рисунке она обозначена цифрой 3). В её верхней части закреплён винтом (2) часовой индикатор (1) – на нём отображается результат измерения. Внутри втулки располагается длинный стержень, соприкасающийся со стержнем меньшего размера (10). Короткий стержень упирается в грибок (9) тройника головки прибора (6). В тройнике расположен закреплённый гайкой (7) сменный измерительный стержень (8) и движок (4). Для установки головки индикатора в соответствии с диаметром измеряемого отверстия на тройнике имеется центрирующий мостик (5).

Перед выполнением измерений нутромер устанавливается на номинальный размер при помощи блока плиток или кольца. При замере движок нутромера со спиральной пружиной (11) через грибок, короткий и длинный стержень (4, 9 и 10 соответственно) передаёт движение на индикатор, по перемещению стрелки которого и определяется отклонение размера.

Микрометрический нутромер (рис. 8) реализует абсолютный метод измерения. Прибор предназначен для высокоточного измерения (абсолютная погрешность не превышает 0,01 мм) диаметра отверстий. Нутромер данного вида производят со стандартизованными пределами измерений, позволяющими выполнить замеры отверстий, диаметр которых составляет более 50 мм. При проведении измерений используют калиброванные удлинительные стержни, имеющие номерное обозначение, соответствующие их длине.

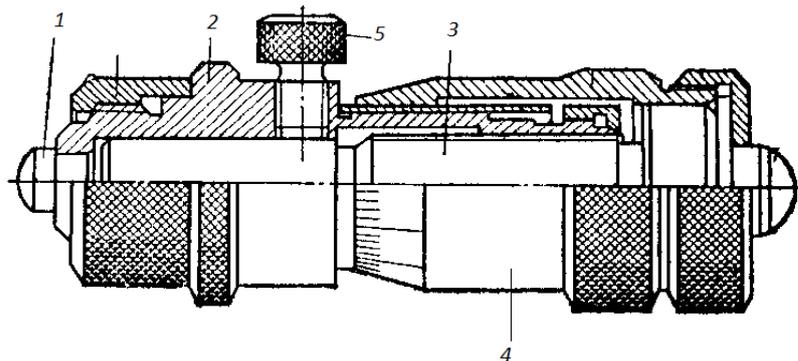


Рис. 8. Устройство микрометрического нутромера

Микрометрический нутромер по устройству напоминает микрометр. Прибор состоит из стебля (2). В него запрессован сферический измерительный наконечник (1), микрометрический винт (3), барабан (4), стопор (5) и предохранительный наконечник. Микрометрический винт имеет резьбу с шагом 0,5 мм. При его перемещении в стебле уменьшается или увеличивается расстояние между измерительными головками.

При проведении замера один измерительный наконечник нутромера устанавливается на поверхность отверстия перпендикулярно его оси. Другой наконечник с помощью винта перемещают в диаметральной плоскости до соприкосновения с поверхностью.

Перед проведением измерений необходимо выполнить настройку инструмента и проверить правильность установки нуля.

3. Полученные при измерениях действительны размеры сопоставляются с заданными предельными размерами проверяемой детали по чертежу и делается вывод о ее годности. Обработка и форма представления результатов измерений производится в соответствии с указаниями ГОСТ 8.011-72.

4. Форма отчета

1. Наименование, цель и содержание работы;
2. Эскиз детали, схемы, таблицы, вывод о работе.

5. Контрольные вопросы

1. Принцип измерения штангенциркулем.
2. Принцип измерения микрометром.
3. Подготовка рычажной скобы к измерениям и определение размера детали.
4. Подготовка индикаторного нутромера к измерениям и определение размера детали.
5. В чем заключается сущность общей методики оценки годности детали по линейным чертежам?

Лабораторная работа №4

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Цель работы: приобрести навыки в оценке параметров шероховатости поверхности.

1. Содержание работы

В данной лабораторной работе с помощью профилометра «АБРИС ПМ7М» необходимо определить параметры шероховатости заданной детали.

2. Объекты исследования, измерительные приборы

Измерительные средства: профилометр «АБРИС ПМ7М» (см. рис. 1);
Объекты исследования: заданная деталь и профилограмма к исследованию параметров шероховатости.



Рис. 1. Профилометр АБРИС ПМ7М

Профилометр АБРИС ПМ-7М предназначен для измерения шероховатости поверхностей деталей машин и приборов в заводских и полевых условиях.

Принцип действия прибора основан на ощупывании неровностей измеряемой поверхности алмазной иглой и преобразовании колебаний щупа датчика в колебания электрического напряжения, пропорциональные этим колебаниям.

Комплектность

- Профилометр «АБРИС ПМ7М»;
- Образец шероховатости тип D;
- Блок питания IB6-500S;
- Элемент питания тип ААА – 1,5В;
- Укладочный ящик (кейс).

Технические характеристики

- Измеряемые поверхности – плоские, цилиндрические и конические, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию;
- Минимальный размер открытого измеряемого участка в направлении перемещения щупа – 5 мм;
- Минимальный размер ограниченного с одной стороны измеряемого участка в направлении перемещения щупа – 7 мм;
- Минимальный диаметр измеряемого отверстия / наибольшая глубина измерения – 6 / 20 мм;
- Определяемые параметры – R_a , R_z , R_{max} ;
- Диапазоны измерения по параметрам:
 R_a – 0,04 ... 12,5 мкм
 R_z , R_{max} – 0,16 ... 50 мкм
- Отсечка шага – 0,25; 0,8; 2,5 мм
- Длина трассы ощупывания – 0,25 ... 7,5 мм
- Степень точности по ГОСТ 19300-86 – 1
- Масса со стойкой (без компьютера и принтера) – 9 кг

Выносной малогабаритный первичный преобразователь позволяет измерять шероховатость труднодоступных поверхностей в любом пространственном положении, в том числе вертикально и потолочно расположенных.

Устройство и работа

Профилометр ПМ7М состоит из отсчетного устройства и датчика соединенных кабелем. Отсчетное устройство выполнено в пластмассовом корпусе с встроенным батарейным отсеком и окном для дисплея. Общий вид устройства показан на рис. 2. Датчик показан на рис. 3. Управление прибором осуществляется при помощи трех кнопок. Кнопка поз. 4 – «ВЫБОР», кнопка поз. 3 – «ИЗМЕРЕНИЕ», кнопка поз. 2 – «ПУСК/СБРОС». Переключатель поз. 10 обеспечивает включение питания, в положении «СЕТЬ» от сети, в положении «БАТ» от батареи. Гнездо поз. 7 предназначено для подключения сетевого источника питания.

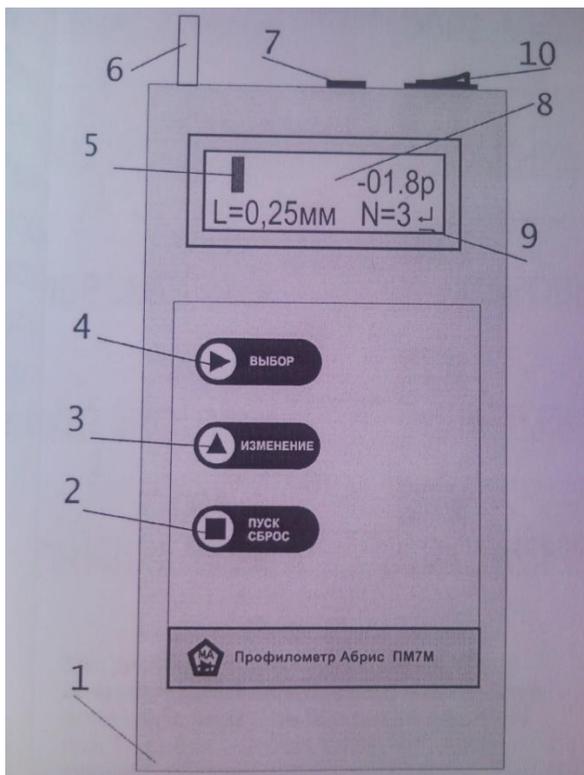


Рис. 2. Общий вид устройства

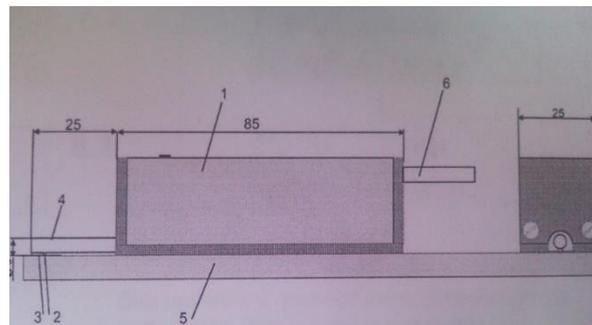


Рис. 3 Общий вид датчика

1. Корпус датчика
2. Игла измерительная
3. Опора измерительная
4. Измерительный щуп
5. Деталь с измеряемой поверхностью
6. Кабель для соединения с отсчетным устройством

Соединение отсчетного устройства к датчику шероховатости осуществляется кабелем поз. 6. Информация о положении измерительной плиты, выбранном режиме работы, состоянии батареи и результатах измерений выводится на двухстрочный жидко-кристаллический дисплей (ЖКИ) поз. 8.

Управление отсчетным устройством осуществляется следующим образом. Кнопкой «ВЫБОР» обеспечивается перемещение курсора поз. 9 на рис. 2 под параметр, значение которого необходимо изменить.

Кнопкой «ИЗМЕНЕНИЕ» изменяется значение параметра, под которым установлен курсор. Если курсор находится под символом «>» и нажата кнопка «ИЗМЕНЕНИЕ», то во второй строке дисплея выводятся другие параметры в соответствии с рис. 3. После включения питания на дисплей выводятся параметры в соответствии с позицией 1 на рис. 3. Кнопкой «ПУСК/СБРОС» осуществляется запуск измерений. После выведения на дисплей результатов измерений нажатие кнопки приводит к возврату в исходное положение поз. 1 на рис. 3. Результаты измерений выводятся на дисплей в соответствии с рис. 4.



Рис. 3. Вид дисплея в различных режимах

- Поз. 1 – окно установки базовой длины и количества длин L и N ;
- Поз. 2 – выбор диапазона по R_a ;
- Поз. 3 – выбор датчика;
- Поз. 4, 4.1 – ввод значения образца шероховатости;
- Поз. 5 – задание движения;
- Поз. 6, 6.1 – выбор режима калибровки;
- Поз. 7, 7.1 – окно отключения фильтра;
- Поз. 8, 8.1 – выбор режима сохранения параметров.

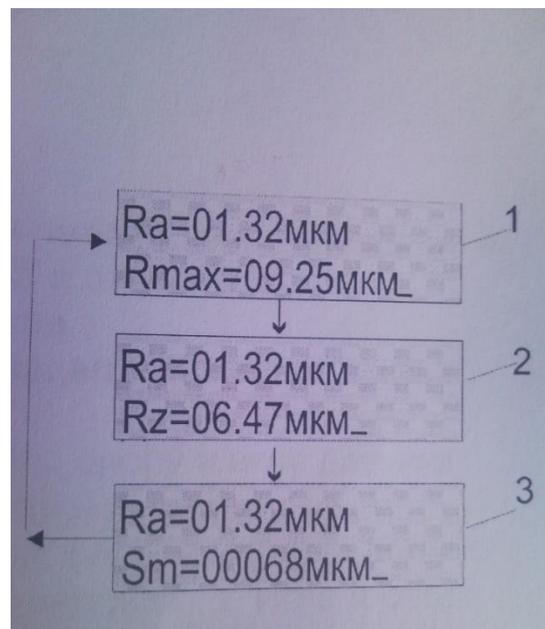


Рис. 4. Вид дисплея в режиме вывода результатов измерения.

- Поз. 1 – вывод значения параметров R_a и R_{max} ;
- Поз. 2 – вывод параметров R_a и R_z ;
- Поз. 3 – вывод параметров R_a и S_m .

После включения питания на дисплее должно быть изображение в соответствии с позицией 1 на рис. 3. Кнопкой «ПУСК» осуществляется включение привода перемещения щупа. Щуп совершает перемещение по измеряемой поверхности, после чего на дисплей выводятся результаты измерений в соответствии с рис. 4.

После выведения на дисплей результатов измерений нажатие кнопки «ПУСК» приводит к возврату изображения на дисплее в исходное положение поз. 1 рис. 3.

Питание прибора возможно от сетевого источника и от батареи. Батареи установлены в батарейном отсеке. Подключение питания от сетевого источника и от батареи производится через гнездо питания, показанное на рис. 2 поз. 10.

3. Общие положения

3.1 Шероховатость и параметры её оценки

Шероховатость поверхности согласно ГОСТ 2789-73 определяется следующими основными параметрами (рис. 4):

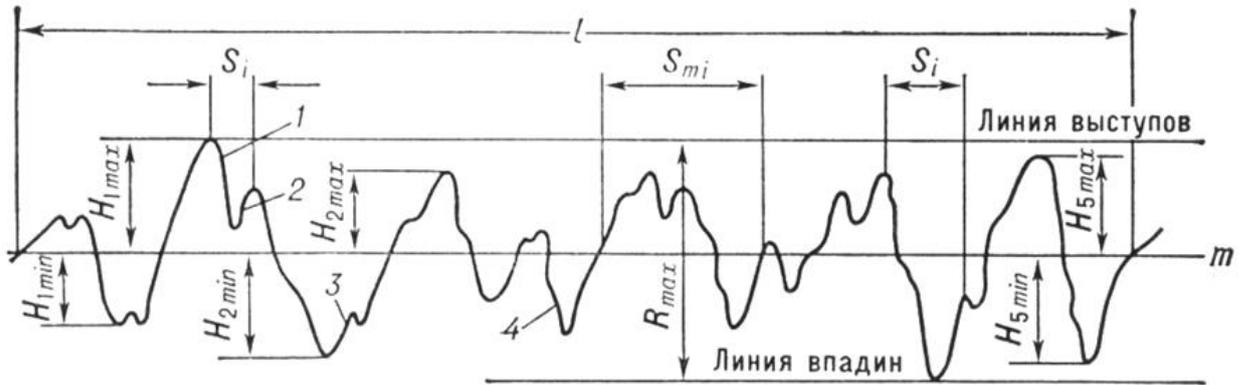


Рис. 4. Профилограмма к определению параметров шероховатости поверхности

а) средним арифметическим отклонением профиля R_a :

$$R_a = \frac{1}{l} \cdot \int_0^l |y(z)| dx \approx \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (1)$$

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a – это среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля y_i от средней линии m в пределах базовой длины

б) высотой неровностей профиля по десяти точкам R_z :

$$R_z = \frac{1}{5} \cdot \left(\sum_{i=1}^5 |H|_{i \max} + \sum_{i=1}^5 |H|_{i \min} \right), \text{ где} \quad (2)$$

$|H|_{i \max}$ и $|H|_{i \min}$ определяются относительно средней линии;

Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z – является суммой средних абсолютных значений высот точек пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин в пределах базовой длины.

в) наибольшей высотой неровностей профиля R_{max} – расстояние между линией выступов и линией впадин профиля в пределах базовой длины;

г) средним шагом неровностей профиля S_m :

$$S_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_m \quad (3)$$

д) средним шагом неровностей профиля по вершинам S :

$$S = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_i \quad (4)$$

е) относительной опорной длиной профиля t_p , которая определяется как отношение опорной длины профиля η_p на данном уровне сечение ρ к базовой длине:

$$t_p = \left(\frac{\eta_p}{l} \right) \cdot 100\% = \frac{1}{l} \cdot \left(\sum_{i=1}^n B_i \right) \cdot 100\% \quad (5)$$

Уровня сечения ρ обычно выражают в процентах от R_{max} .

3.2. Выбор параметров шероховатости

В отдельных случаях требования к шероховатости поверхности в виде наиболее грубого предела допускаемых значений высотных параметров шероховатости устанавливается в зависимости от допуска размера и формы, в частности, из следующих исходных условий:

- при допуске формы 60 % от допуска T :

$$R_a \leq 0,05 \cdot T \quad (6)$$

- при допуске формы 40 % от допуска T :

$$R_a \leq 0,025 \cdot T \quad (7)$$

- при допуске формы 25 % от допуска T :

$$R_a \leq 0,012 \cdot T \quad (8)$$

Соотношения между допусками и размера, и формы, принятые для формул (6) – (8), соответствует относительной геометрической точности Н, П и В по табл. 1.

При необходимости нормировать параметр R_z для условий, соответствующих формулам (6) – (8), следует принимать:

$$R_z \leq 0,2 \cdot T \quad (9)$$

$$R_z \leq 0,1 \cdot T \quad (10)$$

$$R_z \leq 0,05 \cdot T \quad (11)$$

Таблица 1

Относительная геометрическая точность	Среднее соотношение допусков формы и размера ($2 \cdot T_f / T_d$) · 100%	Примеры применения
Нормальная (Н)	60	Поверхности в подвижных соединениях при небольших скоростях относительных перемещений и нагрузках, если не предъявляются особые требования к плавности хода или минимальному трению. Измерительные поверхности калибров.
Повышенная (П)	40	Поверхности в подвижных соединениях при средних скоростях относительных перемещений и нагрузках, при повышенных требованиях к плавности хода и герметичности соединений
Высокая (В)	25	Поверхности в подвижных соединениях при высоких скоростях и нагрузках, высоких требованиях к плавности хода, снижению трения, герметичности уплотнения

4. Порядок выполнения работы

1. В соответствии с исходными данными установить для рабочих калибров наиболее грубые предел допускаемых значений высотных параметров шероховатости. Для этого необходимо:

- в соответствии с рекомендациями, указанными в табл. 1, определить среднее соотношение допусков формы и размера исследуемой поверхности калибров;
- согласно стандарту на гладкие калибры ГОСТ 24853-81 (ОТ СЭВ 157-75) установить допуски на размеры рабочих поверхностей и затем по выражениям (6) – (11) определить для исследуемых поверхностей наиболее грубый предел допускаемых значений R_a и R_z . Результаты показаний представить в табл. 2.

Таблица 2

Номер обозначений образца (калибра пробки)	Номинальный размер контролируемого изделия, мм	Квалитет точности контролируемого изделия	Допуск на размер калибра, мм	Допуск на отклонение формы калибра	Наиболее грубый предел допускаемых значений высотных параметров	
					R_a	R_z

2. Проверить точность измерительных средств и результаты занести в табл. 3.

Таблица 3

Наименование измерительного средства	Погрешность измерений, %
Профилометр АБРИС ПМ7М	

3. Измерить параметры шероховатости исследуемых поверхностей и результаты измерений занести в табл. 4.

4. Снять с исследуемой поверхности при принятом вертикальном и горизонтальном увеличениях профилограмму и провести ее обработку, а результаты занести в табл. 4. Для этого необходимо:

а) установить базовую длину l (обычно для поверхностей после шлифования, полирования, она принимается равной 2,5 мм);

б) провести среднюю линию профиля $m - m$ (рис. 1)

в) разбить среднюю линию, т.е. ось абсцисс на n ($n \geq 15$) равных интервалов и установить для них значения ординат, а затем согласно (1) определить R_a ;

г) выбрать на данной базовой длине пять наибольших впадин и пять выступов относительно средней линии и согласно (2) определить R_z ;

д) провести линию выступов и линию впадин и определить R_{max} как расстояние между этими линиями;

е) в соответствии с (3) – (4) определить средний шаг неровностей S_m и средний шаг неровностей профиля по вершинам S ;

5. По результатам измерений сделать вывод о годности калибров к эксплуатации.

6. Исследовать характер изменения относительной опорной длины профиля t_p в зависимости от уровня сечения ρ при данном методе обработки рабочей поверхности калибра. Определить t_p согласно (5), а числовые значения уровня сечения профиля ρ выбрать из ряда: 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 % от R_{max} . По результатам исследований представить зависимость $t_p = f(\rho)$.

Результаты измерения параметров шероховатости

Номер образцов	Метод обработки рабочей поверхности	Результаты измерений параметров шероховатости			
		Профилометр АБРИС ПМ7М			
		R_a , МКМ	R_z , МКМ	R_{max} , МКМ	S_m , МКМ
1					
2					
3					
4					
5					

5. Форма отчета

1. Наименование, цель и краткое содержание работы.
2. Краткая характеристика приборов, точность измерения.
3. Методика проведения измерений
4. Результаты исследований, выводы о работе.

6. Контрольные вопросы

1. Как влияет шероховатость на качество поверхности?
2. Какие существуют методы измерения шероховатости поверхности?
3. На каких принципах работают щуповые и оптические приборы?
4. Каковы способы нанесения обозначений шероховатости на чертежах
5. Какова методика выбора числовых параметров шероховатости поверхности?

Лабораторная работа №5

ИЗМЕРЕНИЕ КАЛИБРА-ПРОБКИ НА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПРУЖИННОЙ ГОЛОВКЕ

Цель работы – изучить назначение, принцип действия, устройство и методы измерения цилиндрических деталей на пружинной головке. Измерить на пружинной головке цилиндрические гладкие пробки ПР и НЕ.

Оснащение рабочего места – пружинные головки типа ИГП и ИПМ, калибры-пробки ПР и НЕ, набор плоскопараллельных концевых мер.

1. Назначение, принцип действия и устройство пружинной измерительной головки

Пружинные измерительные головки в настоящее время являются наиболее распространенными механическими приборами для относительных измерений линейные размеры, отклонений расположения и формы. Они обеспечивают сравнительно высокую точность измерения ввиду отсутствия трения, мертвых ходов, малого износа и достаточную надежность в работе. Отечественная промышленность выпускает несколько разновидностей пружинных головок.

В работе используются пружинные головки типа ИГП (измерительная головка пружинная), или микрокатор типа ИГПМ (измерительная головка пружинная малогабаритная), или микатор.

Основным преобразовательным элементом пружинных головок является закрученная в разные стороны от середины плоская пружина 2 (рис. 1) из бериллиевой бронзы, закрепленная одним концом на регулировочном упругом элементе 1 (в схеме микрокатора, рис. 1б для регулировки элемента 2 служит винт 12), а другим – на упругом рычаге 5, связанном с измерительным стержнем 7. В середине закрученной пружины 2 перемещение стержня 7 при измерении объекта 11 вызывает поворот среднего сечения этой пружины и тем самым перемещение стрелки 3 вдоль шкалы 4, расположенной в плоскости, перпендикулярной к оси пружины 2. Измерительный стержень 7 подвешен в корпусе 8 микатора (рис. 1а) на плоских пружинах 6 и 9, причем последняя выполнена в виде круглой мембраны с кольцевыми вырезами. Корпуса микрокатора и микатора крепятся на стойке 10. У микрокатора рычаг 5, подвешенный на плоской пружине 6, шарнирно подбирает измерительный стержень 7, перемещающийся на шариковых направляющих 9.

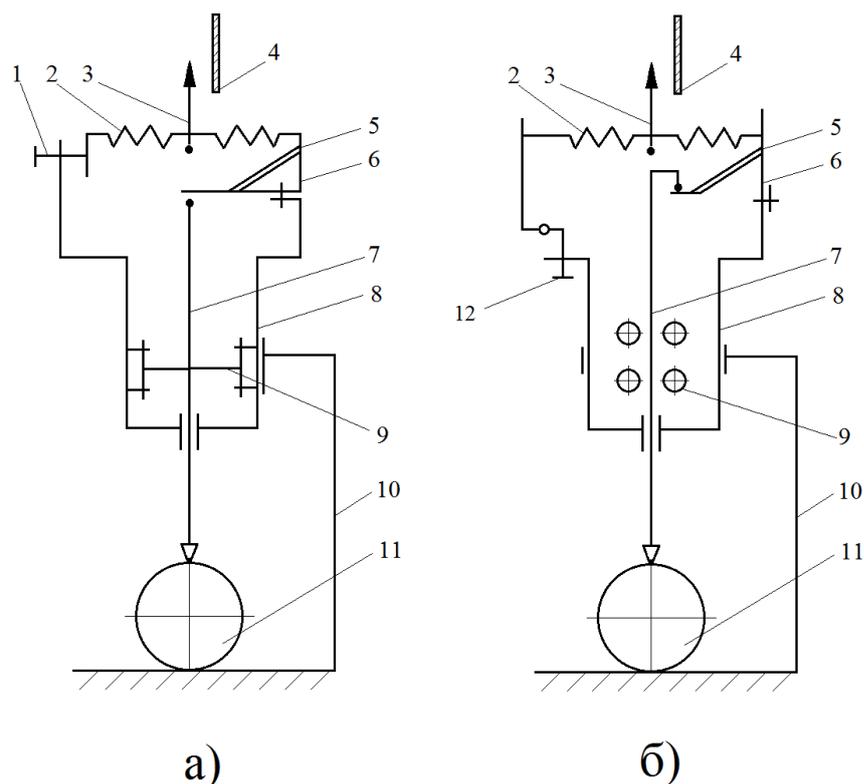


Рис. 1. Пружинные измерительные головки (схемы)

2. Установка измерительной головки на нуль и работа с ней

Пружинные головки используются для относительных измерений, поэтому перед измерением их необходимо установить на 0 в следующем порядке.

По чертежу измеряемого объекта или по маркировке на нём (либо непосредственно измерением микрометром) определяется его номинальный и предельный размеры и подсчитывается блок из концевых мер, по которому прибор должен быть установлен на нуль. При подсчёте размера блока необходимо учитывать знаки и величину допустимых отклонений, а также пределы измерений по шкале.

Так, например при измерении валов $\text{Ø}40_{u7} \left(\begin{smallmatrix} +0.085 \\ +0.060 \end{smallmatrix} \right)$ микатор с ценой деления 1 мкм может устанавливаться на нуль по блоку размером 40,000 мм, но в этом случае за нулевой штрих следует принять, скажем, штрих – 40 мкм. Тогда при измерении отклонения размера, равного +0,060 мм, прибор покажет +20 мкм, а при измерении отклонения +0,085 мм показание будет +45 мкм. Если же размер блока плиток взять равным 40,070 мм, то за нулевой штрих при настройке можно принять собственный нуль шкалы (среднее деление). Тогда при измерении отклонения +0,060 мм показание прибора будет 10 мкм, а при измерении отклонения +0,085 мм показание прибора составит +15 мкм.

Блок притирается одной из своих измерительных поверхностей к столику прибора. При установке блока плиток кронштейн с измерительной головкой должен быть поднят настолько, чтобы блок свободно проходил

между измерительным наконечником и столиком. После притирки блока плиток к столику плавно опускают кронштейн с головкой до тех пор, пока измерительный наконечник не коснется свободной измерительной поверхности блока. В момент касания наконечника стрелка головки начнет перемещаться вправо. Постепенно вращением гайки настройки или механизмом управления столиком доводят стрелку до положения, условно принятого за нулевое.

После этого стопорными винтами (при их наличии) закрепляют положение кронштейна с головкой и столиком. Нулевую установку следует проверить, приподнимая и опуская 2–3 раза наконечник прибора при помощи арретира. Если при этом стрелка не будет возвращаться в исходное положение, следует отстопорить соответствующий винт и снова установить прибор на нуль.

Окончательно установив прибор на нуль, приподнимают при помощи арретира наконечник прибора и, удалив со столика блок концевых мер, помещают на его место объект измерений. Если последний имеет цилиндрическую форму, то его следует во избежание перекоса при измерении плотно прижать к столику и, слегка прокатывая под измерительным наконечником, следить за движением стрелки.

Показание прибора может быть положительным или отрицательным соответственно тому, сместится ли стрелка от нулевого деления вправо или влево.

После окончания измерений проверяют, сохранилась ли нулевая установка прибора. Для этого под измерительный наконечник снова устанавливают блок концевых мер. Отклонение в положении стрелки не должно превышать одного деления шкалы, а в противном случае измерение считается недействительным, то есть снова проверяется нулевое показание прибора, а затем проводится измерение.

3. Измерение гладкого предельного калибра-пробки

Перед началом установки прибора на нуль определяют по маркировке на калибре, для проверки какого отверстия предназначается данная пробка. Затем, пользуясь таблицами ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75), находят предельные отклонения определяемого отверстия. Строят схему расположения полей допусков проверяемого отверстия и проходной и непроходной рабочих пробок.

Положение полей допусков проходного ПР и непроходного НЕ калибров-пробок относительно предельных размеров проверяемого отверстия регламентируется ГОСТ 24853-81 (СТ СЭВ 157-75) (рис 2). При этом предельные размеры контролируемого отверстия принимаются за номинальные размеры соответствующих калибров. Поле допуска калибра НЕ располагается симметрично относительно наибольшего предельного размера проверяемого отверстия. Ширина поля допуска (допуск на изготовление

калибра) равна H . Поле допуска калибра ПР располагается симметрично относительно линии, превышающей меньший предельный размер проверяемого отверстия на величину Z . Ширина поля допуска равна H . Поскольку калибр ПР в процессе многократного использования изнашивается, то ГОСТ предусматривает допуск калибра на износ. Граница износа характеризуется координатой Y . Численные значения величин Z , Y , H для 6.....17 квалитетов приведены в ГОСТ 24853-81 (см. Приложение 4).

На чертежах калибров проставляются не номинальные, а исполнительные размеры, которые выбираются так, чтобы допуск на изготовление шёл в тело калибра. У калибров-пробок за исполнительные размеры принимаются наибольшие предельные размеры этих калибров:

$$d_{max}^{HE} = d_{исп}^{HE} = D_n + ES + H/2, \quad (1)$$

$$d_{max}^{IP} = d_{исп}^{IP} = D_n + EI + Z + H/2, \quad (2)$$

где D_n , ES , EI – соответственно номинальный диаметр, верхнее и нижнее отклонения проверяемого отверстия.

Наименьший предельный размер изношенной проходной пробки:

$$d_{изн}^{IP} = D_n + EI - Y, \quad (3)$$

Наименьший предельный размер непроходной пробки:

$$d_{min}^{HE} = D_n + ES - H/2, \quad (4)$$

Наименьший предельный размер новой проходной пробки:

$$d_{min}^{IP} = D_n + EI + Z - H/2, \quad (5)$$

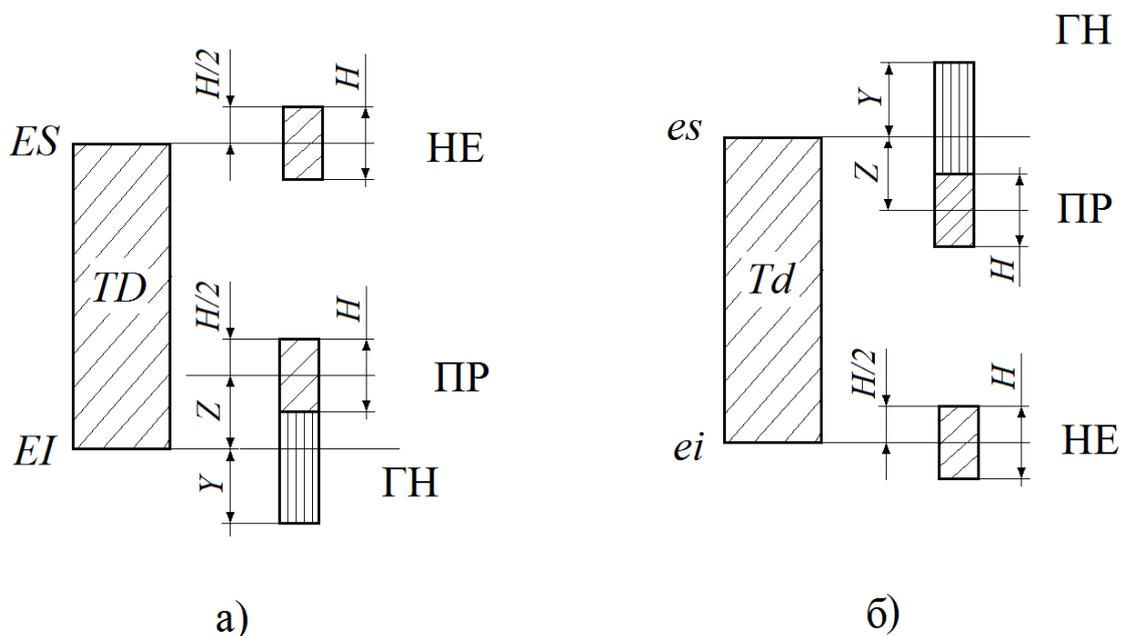


Рис. 2. Схема расположения полей допусков для размеров до 180 мм:
а – калибров-пробок, б – калибров-скоб

При расчете размеров калибров в квалитетах с 6 по 14 округление следует производить до величины, кратной 0,5 мкм, при этом допуск на калибры должен сохраняться.

Размеры, оканчивающиеся на 0,5 мкм в сторону сокращения производственного допуска изделия. Исходя из найденных размеров калибров, подсчитывают размера блока плиток для измерения проходной и непроходной частей пробки. Диаметр проходной пробки должен измеряться в трех сечениях.

Все полученные показания прибора заносятся в таблицу исходных данных. Затем, учитывая размер блока концевых мер, подсчитывают размеры диаметра пробки в различных сечениях ее и отклонения формы, а именно: овальность, конусность или бочкообразность. Непроходную сторону пробки измеряют аналогичным способом.

Сравнивая полученные при измерении размеры проходной и непроходной стороны пробки с соответствующими рассчитанными предельными размерами по ГОСТ 24853-81 (СТ СЭВ 157-75), а полученные отклонения формы с допуском на форму калибра, дают заключение о годности каждой стороны отдельно. Пробка считается годной, если ни один из ее проверочных размеров в сечениях и в любом направлении, а также отклонения формы не выходят из установленных пределов.

4. Порядок выполнения работы

1. Ввести в табл. 1 исходных данных маркировку калибра. Маркировку должна отражать номинальный размер, систему посадки и квалитет.
2. По таблицам ГОСТ 24853-81 (СТ СЭВ 144-75) определить предельные

отклонения контролируемого отверстия и подсчитать предельные размеры проходной и непроходной пробки и внести в табл. 1. Внести в табл. 2 подсчитанные размеры блока концевых мер для проходной ПР и непроходной НЕ пробок.

Таблица 1

Исходные данные

Размер отверстия с отклонениями	Обозначение калибра	Система	Квалитет
Предельные размеры калибра ГОСТ 24853-81			
Наибольший	Наименьший	Изношенный	Сторона
			ПР
			НЕ

3. Установить пружинную головку на нуль для измерения калибра ПР. Данные установки занести в табл. 2.

4. Измерить калибр ПР. Показания пружинной головки (отклонения со знаком) занести в табл. 3. Проверить настройку головки на нуль после проведенных измерений. Результат занести в табл. 2. Смещение настройки не должно превышать одного деления шкалы.

Таблица 2

Данные установки

Действительный размер блока по аттестату	Показания измерительной головки		Среднее значение настройки
	По шкале при настройке	При проверке после измерения	

Показания измерительной головки при измерении

Показания измерительной головки при измерении				
Сечения	Сторона	Пояс А	Пояс Б	Пояс В
1-1	ПР			
2-2				
1-1	НЕ			
2-2				
Действительные размеры калибра				
Сторона	Наибольший	Наименьший	Отклонение формы	

5. Установить пружинную головку на нуль для измерения калибра НЕ. Измерить калибр НЕ. Проверить настройку головки на нуль аналогично п. 4.
6. Подсчитать действительные размеры калибров НЕ и ПР с учетом поправки на размер блока концевых мер по аттестату.
7. Подсчитать отклонения формы каждого из калибров и дать заключение о годности каждой из сторон калибра, сравнивая действительные размеры калибров и отклонения их формы с предельно допустимыми.

5. Форма отчета

1. Наименование, цель работы и содержание.
2. Таблицы экспериментальных данных (табл. 1, 2,3).
3. Схема расположения полей допуска калибров.
4. Выводы.

6. Контрольные вопросы

1. Как устроен и работает микрокатор (микатор)? Объясните их работу при измерении объекта.
2. Как проводится установка на нуль в пружинной головке?
3. Какие основные метрологические характеристики пружинных головок?
4. Что называется исполнительным размером калибра? Как определяются продольные размеры калибра?
5. Как выявить характер отклонений формы калибра в поперечном и продольном сечениях?
6. Как определяются годность калибра по результатам измерений?

Лабораторная работа №6

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы: изучить методы обработки результатов измерений действительных размеров деталей с применением методов математической статистики.

1. Объект и средства измерений

Объектом исследования является 35 валов и втулок диаметром 40 мм. В качестве средств измерения используются:

- стойка типа С-III с круглым столиком;
- первичный индуктивный преобразователь модели 214 в сочетании с аналого-цифровым преобразователем L 305 и IBM PC (возможно использование скобы рычажной);
- цифровой штангенциркуль ШЦ-01 (возможно использование нутромера с многооборотным индикатором типа 2МИГ).

2. Общее сведения

2.1. Систематические и случайные погрешности

В процессе изготовления большого количества деталей имеет место рассеивание их действительных размеров, определяемое измерением. Причинами являются несовершенство оборудования, оснастки, режущего и измерительного инструмента, колебание режимов резания, ошибки оператора и т.д. В результате действительный размер изготовленной детали, полученный измерением, является случайной величиной.

Все погрешности можно разбить на систематические, случайные и грубые ошибки (промахи).

Систематические погрешности постоянны по величине и знаку или изменяются по определенному закону в зависимости от характера неслучайных факторов, их вызвавших.

Постоянные систематические погрешности являются следствием неточной настройки оборудования, измерительных приборов или условий измерения (изменения температуры от нормальной, деформаций от действий усилий, погрешность схемы измерительного прибора).

Переменные систематические погрешности являются, например, следствием износа режущего инструмента, изменения во времени нормальной температуры, радиального биения и т.п. Во многих случаях систематические погрешности могут быть сведены к нулю за счет тщательной организации и планирования измерений.

Случайные погрешности не постоянны по величине и знаку, они непредсказуемы, но на основании предыдущих данных с помощью теории вероятности и математической статистики можно оценить пределы, в которых изменяются значения случайной суммарной погрешности.

Причинами случайных погрешностей могут быть:

- непостоянство припуска на механическую обработку,
- изменение механических свойств материала,
- погрешности базирования при установке деталей для измерения.

В результате случайных погрешностей однотипные детали имеют в одном и том же сечении отклонения формы и шероховатости поверхностей.

Грубые ошибки не влияют на процесс изготовления деталей. Их можно исключить точной настройкой станка, устранением ошибок измерения путем правильной обработки результатов измерения. Поэтому в данной лабораторной работе они не рассматриваются.

2.2 Основные понятие о вероятности

Обработку результатов измерений часто с применением методов теории вероятностей. Отношение числа n случаев появления события A и N произведенных испытаний, при котором это событие могло появиться, называют частотой W события A .

Если число измерений N достаточно большое, то частота появления события становится устойчивой и значение $W(A)$ будет колебаться около некоторого числа.

Это число является вероятностью P появления события A :

$$P(A) \approx W(A) = \frac{n}{N}. \quad (1)$$

2.3 Законы распределения случайной величины

Случайная величина при измерении характеризуется законом распределения (функцией плотности вероятности).

Плотность распределения вероятности $P(X)$ является пределом отношения приращения вероятности попадания случайной величины X в некоторой интервал к величине этого интервала при его неограниченном уменьшении.

Характеристиками случайных величин является также математическое ожидание (или центр распределения) α и дисперсия D . Величина α характеризует среднее значение, а D – разброс случайного значения.

Величину $\sigma = \sqrt{D}$ называют средним квадратичным отклонением (СКО). Из числа теоретических законов распределения эмпирических законов распределения случайной величины наиболее часто встречается закон нормального распределения (закон Гаусса).

Известно, что данному закону подчиняются случайные величины, на

которые оказывает влияние большое число факторов, причем ни один из них не является доминирующим и играет малую роль в общей совокупности.

Кривые нормального распределения описываются уравнением:

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

где $P(X)$ – плотность распределения вероятности;

a – центр распределения;

σ – среднее квадратическое отклонение;

X – аргумент функции плотности вероятности.

Размеры множества деталей, получаемых путем обработки на предварительно настроенных станках, хорошо согласуются с законом Гаусса.

На практике мы имеем дело с конечным числом деталей в партии. Поэтому для математической обработки результатов измерений используют приближенные значения a и σ . Причем $a \approx \bar{X}$ рассчитывается по формуле:

$$\bar{X} = \frac{X_1 n_1 + X_2 n_2 + \dots + X_k n_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \sum_{i=1}^k X_i \frac{n_i}{N}; \quad (3)$$

а среднее значение объема выборки как:

$$\bar{S}_x = \sqrt{\sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^2 \frac{n_i}{N}}, \quad (4)$$

где k – число равных интервалов, на которые разбита вся зона измерения действительных размеров в партии (рекомендуется принимать $k = 8 \dots 15$);

x_i – значение, соответствующее середине i -го интервала;

N – число измерений.

Полученное путем измерения значения \bar{S}_x позволят определить наибольшее рассеивание размеров.

Для закона нормального распределения граница поля рассеивания 99,73% деталей лежит в пределах $\pm 3\bar{S}_x$. С уменьшением полученного значения \bar{S}_x действительная точность изготовления детали возрастает.

Характер рассеивания случайной величины можно представить в виде гистограммы, состоящей из прямоугольников (см. рисунок). Через их центры можно провести экспериментальную кривую, которую называют полигоном распределения. По оси абсцисс откладываются интервалы действительных размеров в миллиметрах, а по оси ординат – высота прямоугольников, величины которых пропорциональны отношению n/N .

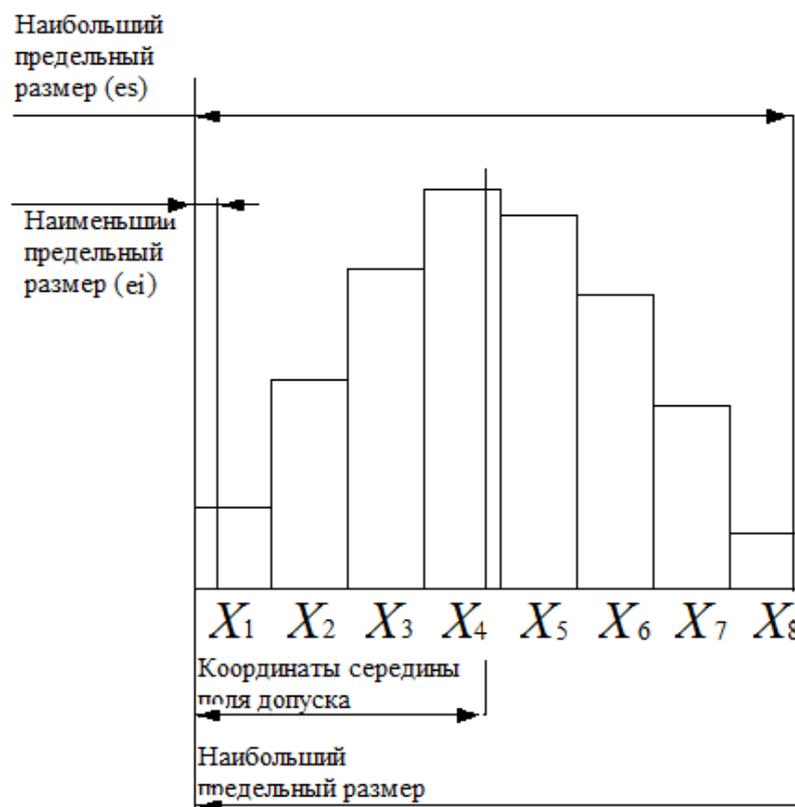


Рис. 1. Гистограмма рассеивания случайной величины

3. Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя партию из 25 сопряжений вал - втулка и измерили диаметры валов с помощью индуктивного преобразователя модели 214, АЦП L305 и компьютера, а втулок – нутромером. Измерение проводили в двух взаимно перпендикулярных осевых плоскостях с точностью половины цены деления прибора. Результаты измерений занесли в таблицу, расположив их в возрастающем порядке.
2. Определить величину зоны рассеивания результатов измерений диаметров валов и втулок (разность между наибольшим и наименьшим измерениями).
3. Разделить зону рассеивания результатов на 8 интервалов и записали в таблицу границы интервалов, их середину и количество размеров деталей, входящих в каждый интервал.
4. Вычислить частоту попадания размеров каждого интервала.
5. Построить гистограмму распределения действительных размеров в партии (см. рисунок), откладывая по оси ординат n/N значения, а по оси абсцисс – интервалы, на которые разбита зона рассеивания размеров валов. Аналогичные построения выполнить для втулок.

Результаты измерений и их математическая обработка

Номер интервалов рассеивания вала и втулки	Границы интервалов зоны рассеивания		Середина интервала X_i , мм	Частота проявления n_i	Частотность n_i/N	Отклонение от ср. значения $X_i - \bar{X}$
	Свыше	До / включ.				
ВАЛ	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
ВТУЛКА	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					

6. Построить эмпирические кривые распределения, приняв за экспериментальные точки, соответствующие середине интервалов X_i .

7. Провести обработку результатов измерений с помощью компьютера. Вычислить эмпирические средние размеры \bar{X} вала и втулки, эмпирические дисперсии σ и эмпирические средние квадратические отклонения \bar{S}_x .

8. Построить график зависимостей

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}$$

для валов и втулок, считая, что $a \approx \bar{X}$, $\sigma \approx \bar{S}_x$, $\sigma^2 = S^2$.

9. Приняв целую часть наименьшего из действительных размеров за номинальный и считая, что величина 6σ равна допуску на изготовление детали по табл. 6 ГОСТ 25346-82, определить качество и выписать величину стандартного допуска каждой из деталей сопряжения.

10. Дать графическое изображение полей допусков посадки сопряжения с заключением о виде посадки.

6. Форма отчета

1. Наименование работы, цель, краткая теория.
2. Таблица результатов измерений и их математическая обработка.
3. График рассеивания случайной величины.
4. Выводы

7. Контрольные вопросы

1. Как классифицируются погрешности?
2. Каким образом записывается уравнение нормального закона распределения случайных погрешностей?
3. Что заложено в понятие гистограммы и полигона распределения случайной величины?
4. Какие объекты и средства измерений используются в данной лабораторной работе?

Лабораторная работа №7

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ДЛИНЫ ОБЩЕЙ НОРМАЛИ И РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА

Цель работы: изучить теоретические и экспериментальные методы определения длины общей нормали и радиального биения зубчатого венца с помощью нормалемера, прибора для автоматизированного контроля зубчатого колеса ЗИП – 1 и компьютерной системы обработки информации.

1. Краткая теория и расчетные зависимости

Общей нормалью называют прямую, соединяющую точки касания двух разноименных профилей с охватывающими их параллельными касательными к ним плоскостями.

Средняя длина общей нормали определяется как отношение среднего арифметического из всех действительных длин общей нормали W_i по зубчатому колесу к числу измерений (рис. 1).

$$W_m = \frac{(W_1 + W_2 + \dots + W_n)}{n}, \quad (1)$$

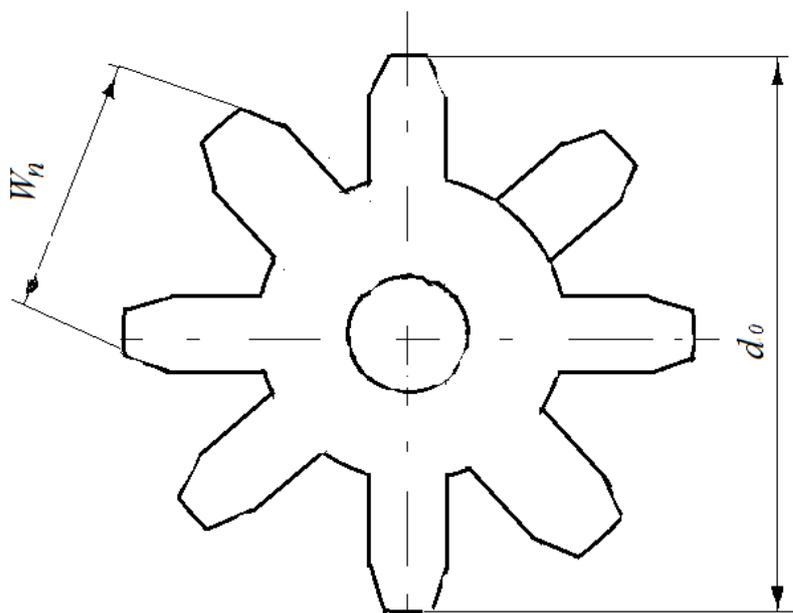


Рис. 1. Схема измерения средней нормали

Для того чтобы губки нормалемера касались в обоих случаях эвольвентных участков профилей, необходимо брать некоторые определения значения Z_n зубьев в охватываемой группе в зависимости от числа зубьев Z (см. табл. 1).

Зависимость охватываемых зубьев в группе от их общего числа

Z	12-18	19-27	28-36	37-45	46-54	55-63	64-72	73-81
Z_n	2	3	4	5	6	7	8	9

Теоретическая длина общей нормали для прямозубых колес может быть определена как:

$$W = m \cdot \cos \alpha \cdot [\pi \cdot (Z_n - 0,5) + 2x \cdot \operatorname{tg} \alpha + Z \cdot \operatorname{inv} \alpha], \quad (2)$$

где Z число зубьев колес;

X – коэффициент смещения исходного контура ($x = 0$);

Z_n – число зубьев, захватываемых при измерении;

α – угол зацепления (при стандартном угле зацепления $20^\circ \cos \alpha = 0,939693$, $\operatorname{inv} \alpha = \operatorname{inv} 20^\circ = 0,014904$).

Годность прямозубчатого некорректированного колеса по боковому зазору может быть установлено в соответствии ГОСТ 1643-81 по наименьшему отклонению длины общей нормали ($-E_{wms}$) и допуску на среднюю длину общей нормали T_{wm} .

Пример: имеется зубчатое колесо внешнего зацепления 8-В ГОСТ 1643-81 с делительным диаметром $d = 75$ мм и модулем $m = 3$ мм. По табл. 16. ГОСТ 1643-81 находим слагаемое I ($-E_{wms}$) = 100 мкм (для вида сопряжения В, 8-й степени точности и $d = 75$ мм).

Слагаемое II ($-E_{wms}$) находим по табл. 17 ГОСТ 1643-81. При $F_r = 45$ мкм – по табл. 6 ГОСТ 1643-81 для 8-й степени точности и $d = 75$ мм, оно равно 11 мкм. Следовательно, ($-E_{wms}$) = (100+11) = –111 мкм.

По табл. 18 ГОСТ 1643-81 находим допуск на среднюю длину общей нормали. Для сопряжения В и вида допуска (В) при $F_r = 45$ мкм допуск на длину общей нормали $T_{wm} = 70$ мкм допуск на длину общей нормали $T_{wm} = 70$ мкм. Откуда нижнее отклонение длины общей нормали равно $-111-70 = -181$ мкм.

$$\text{Длина общей нормали годного колеса } W_r = W_{-0,181}^{-0,111}.$$

2. Порядок выполнения работы

Измерение колебания длины общей нормали

1. Получить у преподавателя исследуемое зубчатое колесо и нормалеммер.
2. По формуле $m = \frac{d_0}{Z+2}$ определяем модуль зацепления m при измеренном диаметре вершин зубьев d_0 и числе зубьев Z .
3. Определить число групп зубьев Z_n , составляющих длину общей нормали, по табл. 1 или формуле $Z_n = 0,111Z + 0,5$.
4. Измерить длину общей нормали по всем группам зубьев. Результаты заносим в табл. 2.

Результаты измерения длины общей нормали

Номер группы	Длина общей нормали в группе W_i	Средняя длина общей нормали W_m
1		$W_m = \frac{(W_1 + W_2 + \dots + W_n)}{n}$
2		
3		
4		
5		

5. Рассчитать теоретическую длину общей нормали W по вышеприведенной формуле.

6. В соответствии с примером, указанным выше для степени точности колеса 8В ГОСТ 1643-81, сделать заключение о его годности по длине общей нормали.

Измерение радиального биения зубчатого венца

Контроль радиального биения F_r осуществляется с помощью прибора ЗИП-1, устройство которого представлено на рис. 2.

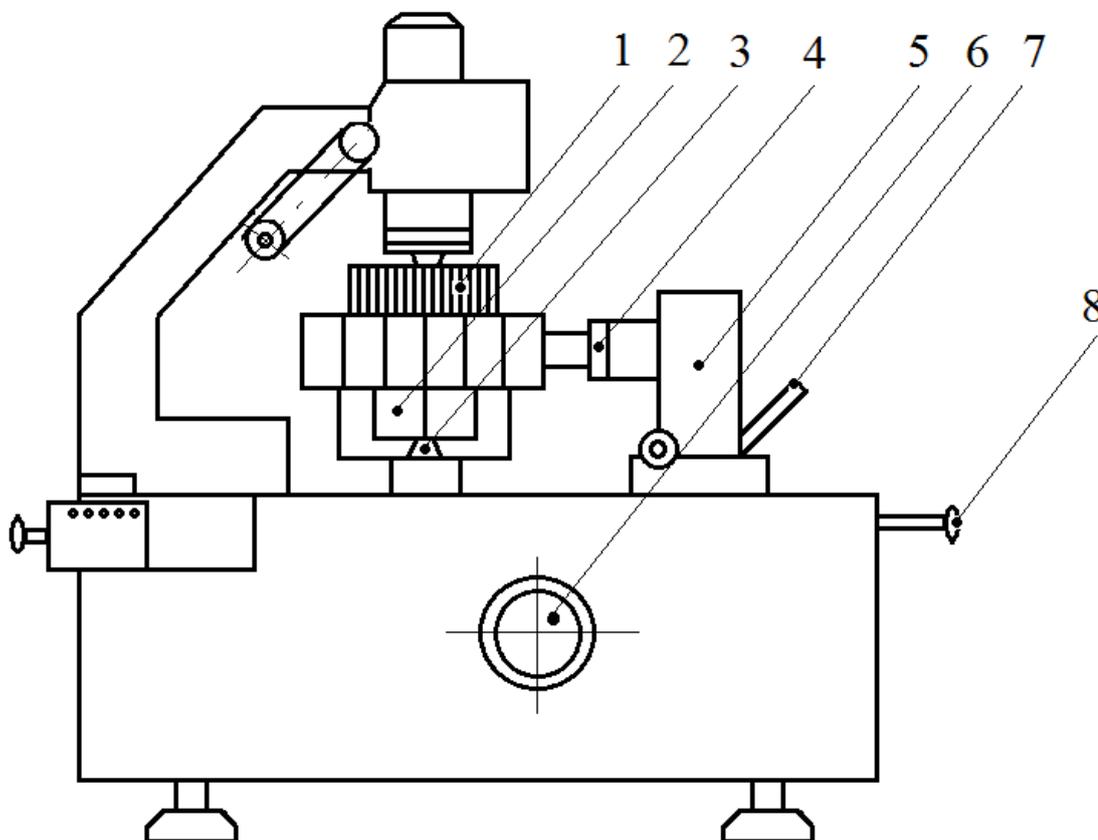


Рис. 2. Общий вид и схема измерений на приборе ЗИП-1

Работа на данном приборе начинается с установки контролируемого колеса 1 на оправку 2, которая располагается между центрами 3. В штوك наладки 4, сопряженной с вертикальной стойкой 5 устанавливается измерительный наконечник, соответствующий модулю контролируемого колеса. С помощью преподавателя отрегулировать поворот измеряемого колеса на один угловой шаг, а также ввод измерительного наконечника, его поджим и запас хода по впадине зуба колеса. Зафиксировать суппорт от перемещения рычагов 7. Рукоятки 6 и 8 служат для ручной настройки прибора.

Включить компьютер и вызвать управляющую программу для платы АЦП L-305. Включить прибор ЗИП-1 и измерить радиальное биение. Результаты измерения будут представлены в виде графика на рис. 3, который следует снять на миллиметровую бумагу с экрана монитора.

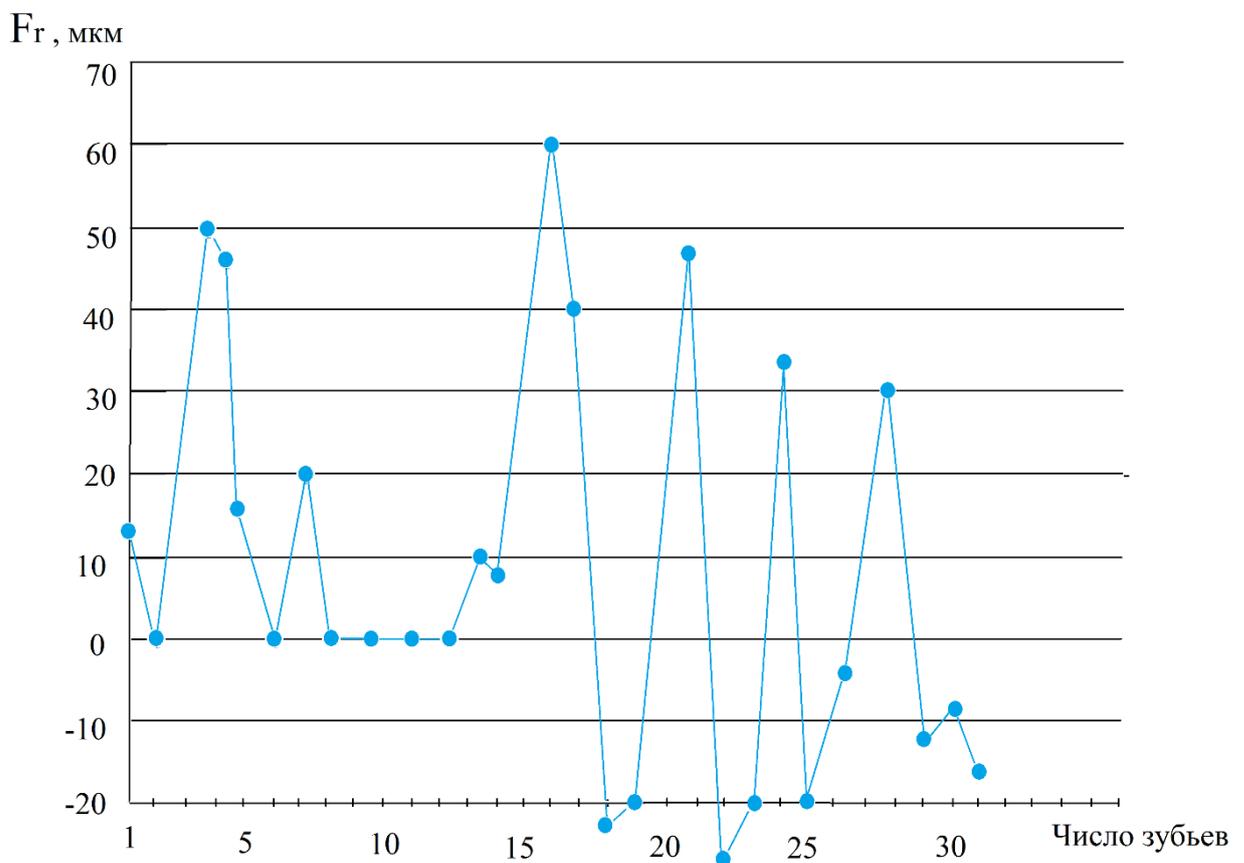


Рис. 3. График зависимости радиального биения от числа зубьев

3. Форма отчета

1. Наименования работы, цель, краткая теория, рис. 1 и 2.
2. Расчет теоретической длины общей нормали. Результаты измерения длины общей нормали. Заключение о годности колеса по степени точности 8-В.
3. График зависимости радиального биения от числа зубьев.
4. Выводы.

4. Контрольные вопросы

1. По какой методике проводится определение длины общей нормали?
2. Какими средствами измерений можно определить длину общей нормали?
3. Каковы методика определения и блок-схема измерительной системы радиального биения зубчатого венца?
4. Объяснить физические величины, входящие в расчетные формулы, содержащиеся в данной лабораторной работе.

Лабораторная работа №8

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОМЕЩЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ОБЪЕМА И ДЛИНЫ

Цель работы: получить практические навыки работы с ультразвуковым измерительным прибором.

1. Общие сведения

1.1. Устройство и принцип действия измерителя длины



Рис. 1. Общий вид
ультразвукового измерителя
объема и длины

Прибор (см. рис. 1) относится к классу средств измерения, действие которых основано на акустическом отражении ультразвуковой волны от плоской преграды. Прибор имеет кнопки включения и выключения питания on/off, режимы работы I, начала отсчета, сброса C/MC и вспомогательных функций MR и M+. При первом нажатии кнопки режима работы I прибор устанавливается на измерение длины, с появлением знака \boxed{M} . Повторное нажатие кнопки режима I переводит прибор на измерение площади помещения. При этом, на отсчетном устройстве появляется знак \boxed{M} . При троекратном нажатии кнопки работы, появляется знак \boxed{M} и прибор автоматически переводится на измерение объема.

Так как прибор имеет лазерный указатель места падения ультразвуковой волны, следует избегать попадания лазерного луча в органы зрения.

1.2. Краткая теория и расчетные зависимости

Так как измерения объема помещения производятся в разных точках, но несколько раз, различными операторами, то по условиям измерений такие измерения будут неравноточными. Известно, что за результат неравноточного многократного измерения принимается среднее взвешенное, \bar{V} . В таком случае, применительно к объему помещения \bar{V} , данная величина находится по формуле:

$$\bar{V}_n = \frac{\sum_{i=1}^n (V_i \cdot P_i)}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (1)$$

где \bar{V}_n – объем помещения, м³, как результат неравноточного измерения,
 P_i – вес i -го измерения данного ряда;

V_i – текущее значение объема в серии измерений, м³;

m – число измерений.

2. Порядок выполнения работы

Членами бригады, выполняющей лабораторную работу, выполняется до $n=40$ измерений объема заданного помещения в разных его точках. При измерении последовательно определяется высота помещения, его ширина и длина. После чего на отсчетном устройстве прибора появляется числовое значение объема помещения. Во время измерений следует избегать попадания семи светящихся лазерных точек, испускаемых прибором, на неровные поверхности и поверхности, обработанные звукопоглощающим материалом. Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты массива измеренных данных

Номер измерений	1	...	35
Объем V_i , м ³	140	...	141,1

Таблица 2

Результаты измерения и расчеты объема помещения

Номер интервалов рассеивания объема помещения	Границы интервала		Середина интервала \bar{V}_i , м	Частота проявления (число приемов), n_i	Частость $\frac{n_i}{N}$	Отклонение от среднего значения $V_i - \bar{V}$
	свыше	до/вкл.				
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Результаты неравноточных измерений

Число приёмов, n_i	Вес каждого приёма, P_i

3. Форма отчета

1. Наименование работы, цель, краткая теория.
2. Таблицы результатов измерений, гистограмма рассеивания случайной величины и таблицу с математической обработкой неравноточного измерения.
3. Расчетное значение объёма \bar{V}_n , как неравноточного измерения.
4. Выводы.

4. Контрольные вопросы

1. Что является результатом неравноточного измерения?
2. По какому закону изменяются результаты измерения объема помещения?
3. На каком принципе работы основан прибор для измерения объема?
4. Какой «вес» приписывают результату с наибольшей погрешностью?
5. Как находят «веса» каждой серии измерений?

Лабораторная работа №9

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТОЧНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

Цель работы: получить практические навыки измерения горизонтальной линии с помощью лазерного уровня типа УСЛ.

1. Общие сведения

При проведении строительных работ возникает необходимость проверки горизонтальности и вертикальности расположения поверхностей. Для этой цели применяют различные уровнемеры.

В данной работе используются лазерный уровень, схема которого показана на рис. 1.

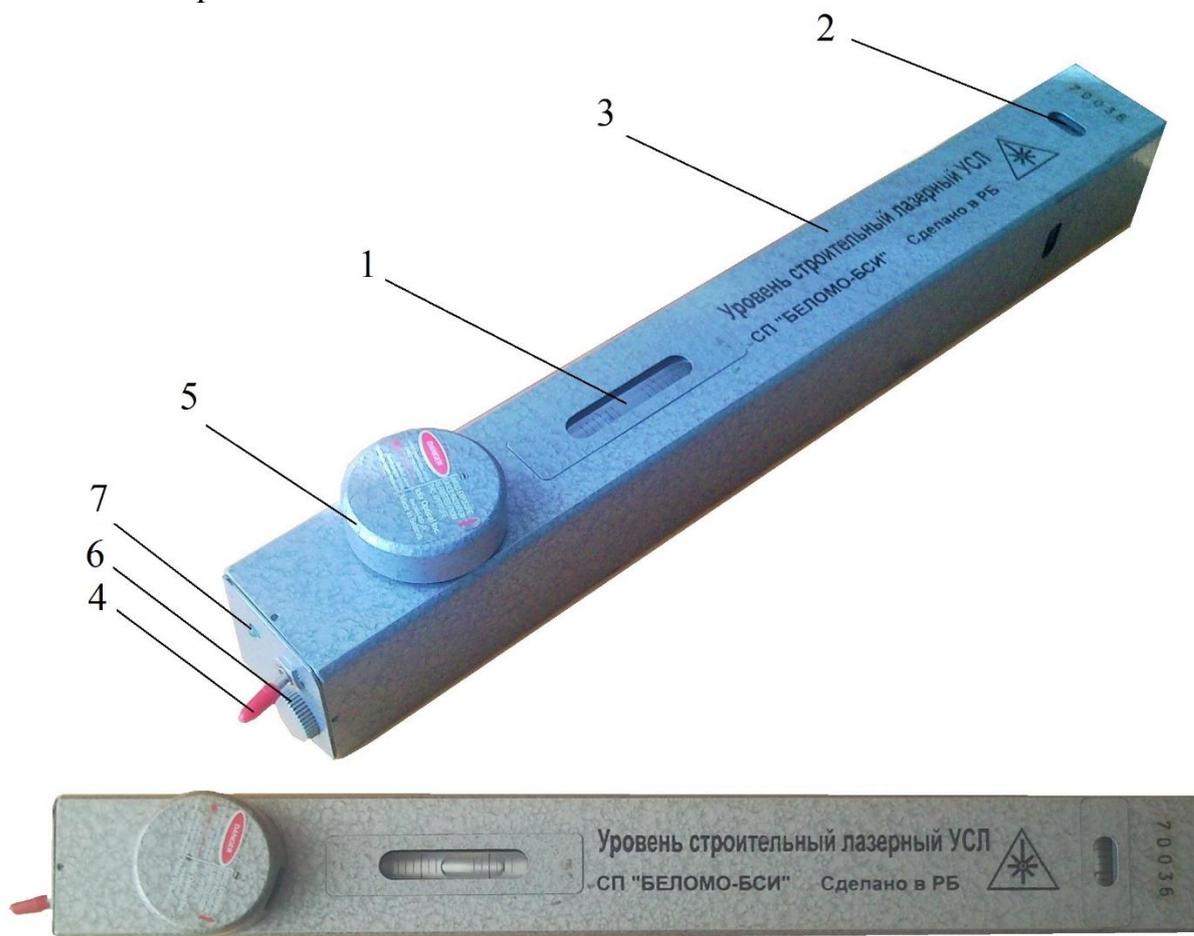


Рис. 1 Схема лазерного измерительного прибора (вид слева и вид сверху).

1 – мениск горизонтали; 2 – мениск вертикали; 3 – корпус; 4 – выключатель;
5 – лазерные головки; 6 – отсек питания; 7 – индикатор.

2. Применения лазерного уровня

Для точной юстировки уровень используется с дополнительными опорами поз.1

При контроле горизонтальности расположения поверхности регулировочные опоры поз. 1 завернуть в отверстия на плоскости А, в среднее положение по длине резьбы. Установить уровень на выворачивая опоры поз.1, воздушные пузырьки ампул поз 2, 3 установить между двумя большими штрихами. Включить тумблер поз. 5. При этом должен засветиться индикатор зеленого цвета поз. 8 и появится лазерный луч. Поворачивая подвижный блок поз. 6 лазерной головки вокруг своей оси на 300^0 произвести контроль отметки горизонтальной поверхности (линии) по лазерному лучу (отметку контролировать по центру пятна лазерного излучения). Выключить тумблер поз. 5. Свечение зеленого индикатора и лазерный луч должны исчезнуть. При необходимости контроля вертикальности расположения поверхности регулировочные опоры поз. 1 воздушный пузырек ампулы поз. 4 установить между двумя большими штрихами. Включить тумблер поз. 5. Поворачивая подвижный блок поз. 6 вокруг своей оси на 300^0 произвести отметку вертикальной плоскости по лазерному лучу. Выключить тумблер поз. 5.

3. Указания мер безопасности

Внимание! Не смотрите в почек лазерного излучения!

При работе с уровнем необходимо принимать меры, исключающие даже кратковременное попадания в глаза прямого или зеркального отраженного пучка лазерного излучения на расстоянии менее 40 м от уровня. Уровень следует содержать в чистоте и оберегать от механических повреждений, сырости, резких колебаний температуры, попадания на поверхность агрессивных сред.

4. Порядок выполнения работы

Получить у преподавателя задание на контролируемые по горизонтальной линии точки (4...5 точек лаборатории № 310). Поворачивая подвижный блок поз.6 вокруг своей оси на 300^0 , совместить центр пятна лазерного излучения с вертикальной линией проходящей через точку 1. С помощью линейки с ценой деления 1 мм, определить на какой высоте h_1 находится точка 1' от точки 1. Аналогичным образом выполнить измерения для точек 2, 3, 4 и 5. В каждой точке измерения выполняют не менее 5 раз. Результаты измерения занести в табл. 1.

Результаты измерения высоты

Номер исследуемой точки на горизонтальной линии	Показания лазерного прибора					Среднее арифметическое значение результат измерения \bar{h}	Абсолютная погрешность Δh	Границы доверительного интервала $h_{1,2}$
	1	2	3	4	5			
1								
2								
3								
4								
5								

После измерений выключить тумблер поз. 5. По результатам измерений горизонтальной линии сделать выводы.

5. Обработка результатов измерений

Пользуясь статистическими методами обработки результатов, определим погрешности измерения для каждой исследуемой точки шкалы следующим образом:

а) вычисляется среднее арифметическое значение измерений

$$\bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i, \quad (1)$$

где n – число измерений;

h_i – значение каждого измерения высоты h от лазерного пятна до исследуемой точки.

б) вычисляется среднее квадратическое отклонение

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2} \quad (2)$$

в) значение коэффициента Стьюдента $t_p(n)$ выбранной вероятности 0,9 принять равным 2,13;

г) рассчитать предельное значение абсолютных погрешностей измерений:

$$\Delta h = t_p(n) \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

и определить границы доверительного интервала:

$$h_{1,2} = \bar{h} \pm \Delta h. \quad (4)$$

Математическая обработка результатов измерений может быть произведена с помощью прикладной программы «Metrolog» на ЭВМ.
Результаты расчетов занести в таблицу.

6. Форма отчёта

1. Наименование работы, цель, краткая теория.
2. Таблицу результатов измерений.
3. Выводы.

7. Контрольные вопросы

1. Как настраивать лазерный уровень на горизонтальное положение?
2. Каким образом можно проконтролировать отметку горизонтальной и вертикальной линий по лазерному лучу?
3. Что является источником изучения в уровне?
4. Как рассчитывается абсолютная погрешность и граница доверительного интервала ?

Метрологическая карта

Контролируемые параметры детали	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
Характеристика объекта измерения							
Тип элемента детали							
Условное обозначение							
Обозначение на чертеже							
Номинальный размер							
Квалитет							
Допуск, мкм							
Допустимая погрешность измерения, мкм							
Предельная допустимая погрешность средства измерения							
Метрологические характеристики СИ							
Вид СИ							
Интервал измеряемых размеров, мм							
Предельная погрешность СИ, мкм							
Предел измерения, мм							
Цена деления шкалы, мкм							
Метод измерения							

Допустимые отклонения линейных размеров до 500 мм по ГОСТ 8.051-81, мкм

Интервалы номинальных размеров, мкм	Для квалитетов													
	2-го		3-го		4-го		5-го		6-го		7-го		8-го	
	<i>IT</i>	σ	<i>IT</i>	σ	<i>IT</i>	σ	<i>IT</i>	σ	<i>IT</i>	σ	<i>IT</i>	σ	<i>IT</i>	σ
До 3	1,2	0,4	2,0	0,8	3,0	1,0	4,0	1,4	6,0	1,8	10	3,0	14	3,0
Св. 3 до 6	1,5	0,6	2,5	1,0	4,0	1,4	5,0	1,6	8,0	2,0	12	3,0	18	4,0
Св. 6 до 10	1,5	0,6	2,5	1,0	4,0	1,4	6,0	2,0	9,0	2,0	15	4,0	22	5,0
Св. 10 до 18	2,0	0,8	3,0	1,2	5,0	1,6	8,0	2,8	11	3,0	18	5,0	27	7,0
Св. 18 до 30	2,5	1,0	4,0	1,4	6,0	2,0	9,0	3,0	13	4,0	21	6,0	33	8,0
Св. 30 до 50	2,5	1,0	4,0	1,4	7,0	2,4	11	4,0	16	5,0	25	7,0	39	10,0
Св. 50 до 80	3,0	1,2	5,0	1,8	8,0	2,8	13	4,0	19	5,0	30	9,0	46	12,0
Св. 80 до 120	4,0	1,6	6,0	2,0	10	3,3	15	5,0	22	6,0	35	10,0	54	12,0
Св. 120 до 180	5,0	2,0	8,0	2,8	12	4,0	18	6,0	25	7,0	40	12,0	63	16,0
Св. 180 до 250	7,0	2,8	10	4,0	14	5,0	20	7,0	29	8,0	46	12,0	72	18,0
Св. 250 до 315	8,0	3,0	12	4,0	16	5,0	23	8,0	32	10,0	52	14,0	81	20,0
Св. 315 до 400	9,0	3,0	13	5,0	18	6,0	25	9,0	36	10,0	57	16,0	89	24,0
Св. 400 до 500	10,0	4,0	15	5,0	20	6,0	27	9,0	40	12,0	63	18,0	97	26,0

Интервалы номинальных размеров, мкм	Для квалитетов													
	9-го		10-го		11-го		12-го		13-го		14-го		15-го	
	<i>IT</i>	σ	<i>IT</i>	σ	<i>IT</i>	σ	<i>IT</i>	σ	<i>IT</i>	σ	<i>IT</i>	σ	<i>IT</i>	σ
До 3	25	6	40	8	60	12	100	20	140	30	250	50	400	80
Св. 3 до 6	30	8	48	10	75	16	120	30	180	40	300	50	480	100
Св. 6 до 10	36	9	58	12	90	18	150	30	220	50	360	80	580	120
Св. 10 до 18	43	10	70	14	110	30	180	40	270	60	430	90	700	140
Св. 18 до 30	52	12	84	18	130	30	210	50	330	70	520	120	840	180
Св. 30 до 50	62	16	100	20	160	40	250	50	390	80	620	140	1000	200
Св. 50 до 80	74	18	120	30	190	40	300	60	460	100	740	160	1200	240
Св. 80 до 120	87	20	140	30	220	50	350	70	540	120	870	180	1400	280
Св. 120 до 180	100	30	160	40	250	50	400	80	630	140	1000	200	1600	320
Св. 180 до 250	115	30	185	40	290	60	460	100	720	160	1150	240	1850	380
Св. 250 до 315	130	30	210	50	320	70	520	120	810	180	1300	260	2100	440
Св. 315 до 400	140	40	230	50	360	80	570	120	890	180	1400	280	2300	460
Св. 400 до 500	155	40	250	50	400	80	630	140	970	200	1550	320	2500	500

Приложение 3

Метрологические характеристики средств измерения

Средство измерений	Условное обозначение	Цена деления шкалы, мкм	Предел измерения мм	Интервалы измеряемых размеров				
				До 10	10-50	50-80	80-120	120-180
				Предельная погрешность СИ, Δ, мкм				
Штангенинструмент								
Штангенциркуль (при измерении вала)	ШЦ	0,1	0-125	100	150	150	170	190
		0,1	0-160	100	150	150	170	190
		0,05	0-160	80	80	90	100	100
		0,02	0-250	40	40	45	45	45
Штангенциркуль (при измерении отверстий)	ШЦ	0,1	0-125	100	150	150	170	190
		0,1	0-160	100	150	150	170	190
		0,05	0-160	100	80	90	100	100
		0,02	0-250	100	40	45	45	45
Микрометрические инструменты								
Микрометры гладкие	МК 0-го кл.	0,01	0-25	4,5	5,5	–	–	–
	МК 1-го кл.	0,01	0-25 и более	7	8	9	10	12
	МК 2-го кл.	0,01	0-25 и более	12	13	14	15	18
Микрометрический глубиномер	МГ 1-го кл.	0,01	0-25 и более	14	16	18	22	30
	МГ 2-го кл.	0,01	0-25 и более	22	25	30	35	45
Микрометрический нутромер	МН 1-го кл.	0,01	25-75 и более	–	–	18	22	30
	МН 2-го кл.	0,01	25-75 и более	–	–	20	25	30
Рычажно-механические приборы								
Скоба индикаторная	СИ	0,1	0-50 и более	7	7	7,5	7,5	8
Скоба рычажная	СР 0-го кл.	0,002	0-25 и более	3	3	3,5	3,5	4
	СР 1-го кл.	0,002	0-25 и более	3	3,5	4	4,5	5
Микрометры рычажные	МР	0,02	0-25	3	4	–	–	–
	МРИ	0,02	100...125	–	–	–	–	5
Нутромер индикаторный с измерит. головкой типа ИГ	НИ	0,001	3-6	3	3	–	–	–
			6-10	–	–	–	–	–
			10-18	–	–	–	–	–
Нутромер индикаторный с измерит. головкой типа 2ИГ	НИ	0,002	18-50	3,5	4	4	–	–
Нутромер индикаторный с измерит. головкой типа ИЧ	НИ 0 кл.	0,01	18-50	5,5	5,5	–	–	–
	НИ 1 кл.	0,01	18-50	8	8	–	–	–
Глубиномер индикаторный с индикатором типа ИЧ	ГИ 0 кл. ГИ 1 кл.	0,01		11	11	12	12	13
		0,01		16	16	17	17	18

Приложение 4

Допуски гладких рабочих калибров для отверстий и валов (ГОСТ 24853-81)

Квалитеты допусков изделий	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм													Допуск на форму калибра
		до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500	
		Размеры и допуски, мкм													
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8	IT1 IT2 IT1
	Y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	
	Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7	
	H ₁ , H ₁	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
	H ₁ [*] , H _p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	6	8	10	12	15	
7	Z	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	IT2 IT1 IT1
	Y	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	7	
	Z ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
	Y ₁	—	—	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
	H ₁ , H ₁	—	—	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
	H ₁ [*] , H _p	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	
8	Z	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18	IT2 IT3 IT1
	Y	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	9	
	Z ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
	Y ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	H ₁ , H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	H ₁ [*] , H _p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
9	Z	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32	IT2 IT3 IT1
	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	9	
	Z ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
	Y ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	H ₁ , H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	H ₁ [*] , H _p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
10	Z	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37	IT2 IT3 IT1
	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	14	
	Z ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
	Y ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	H ₁ , H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	H ₁ [*] , H _p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
11	Z	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55	IT4 IT3 IT1
	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	20	
	Z ₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	
	Y ₁	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	H ₁ , H ₁	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	H ₁ [*] , H _p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
12	Z	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45	50	65	70	IT4 IT3 IT1
	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	35	
	Z ₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	
	Y ₁	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	H ₁ , H ₁	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	H ₁ [*] , H _p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	

Продолжение табл.

Квалитеты допусков и отклонений	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм													Допуск на форму калибра
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500	
		Размеры и допуски, мкм													
13	Z, Z ₁	20	24	28	32	36	42	48	54	60	80	90	100	110	IT5 IT5 IT2
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	35	45	55	
	H, H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
	H _s	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
	H _p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
14**	Z, Z ₁	20	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	145	IT5 IT5 IT2
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	55	70	90	
	H, H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
	H _s	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
	H _p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
15**	Z, Z ₁	40	48	56	64	72	80	90	100	110	170	190	210	240	IT5 IT5 IT2
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	90	110	140	
	H, H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
	H _s	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
	H _p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
16** 17	Z, Z ₁	40	48	56	64	72	80	90	100	110	210	240	280	320	IT5 IT5 IT2
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	140	180	220	
	H, H ₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
	H _s	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
	H _p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	

* Для размеров св. 6 мм.

** Для размеров св. 1 мм.

Примечания:

1. Числовые значения стандартных допусков — по ГОСТ 25347.
2. Исполнительные размеры рабочих калибров — по ГОСТ 21401.
3. С целью ограничения числа проходных калибров-пробок размерами до 180 мм с основным отклонением диаметра контролируемого отверстия *H* рекомендуется изготавливать их для отверстий:
 - 9 и 10 квалитета — по 9 квалитету;
 - 11 и 12 квалитета — по 11 квалитету;
 - 13 и 14 квалитета — по 13 квалитету;
 - 15, 16 и 17 квалитета — по 15 квалитету;
 с основным отклонением *D* для отверстий:
 - 9 и 10 квалитета — по 9 квалитету;
 с основным отклонением *B* для отверстий:
 - 11 и 12 квалитета — по 11 квалитету.