

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 потребуется 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 $\sigma_{си} \sim \sigma_{доп}$.

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 классов, 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).

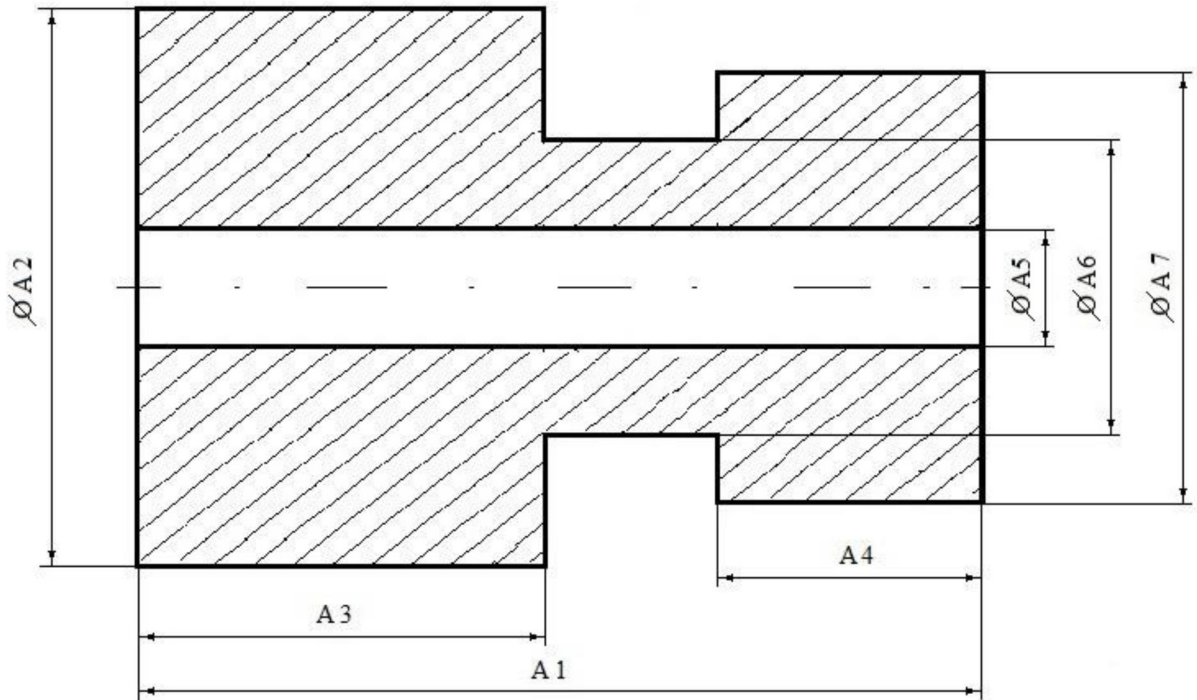


Рис. 1. Чертеж детали

Таблица 3

Варианты заданий

Номер образцов	Контролируемые параметры детали						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
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?

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