ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СТАНДАРТОВ
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ВНЕДРЕНИЮ ГОСТ 8.051—73 «ПОГРЕШНОСТИ, ДОПУСКАЕМЫЕ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ОТ 1 ДО 500 ММ»

РДМУ 98—77

ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва — 1977

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНЫ И ВНЕСЕНЫ Бюро взаимозаменяемости Министерства станкостроительной и инструментальной промышленности СССР

Директор А. Т. Драудин
Руководитель темы Н. Н. Марков
Исполнители: Н. Н. Марков, П. А. Сацердотов, Г. Б. Кайнер,

УТВЕРЖДЕНЫ Государственным комитетом стандартов Совета Министров СССР 9 февраля 1977 г. (протокол № 17)

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания регламентируют вопросы выбора универсальных средств измерений линейных размеров в диапазоне от 1 до 500 мм. Методические указания содержат все необходимые данные для выбора измерительных средств и назначения условий их использования, обеспечивающих измерения с погрешностью, не превышающей величин, допускаемых в соответствии с ГОСТ 8.051—73.

©Издательство стандартов, 1977

УДК 531.717.088 : 006

Глава I. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ ГОСТ 8.051—73 «ПОГРЕШНОСТИ, ДОПУСКАЕМЫЕ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ от 1 до 500 мм»

В ГОСТ 8.051—73 установлены:

а) значения пределов допускаемых погрешностей измерения;

б) приемочные границы с учетом нормируемых пределов допускаемых погрешностей измерения.

Значения пределов допускаемых погрешностей измерения

В стандарте содержатся 15 рядов пределов допускаемых погрешностей измерения, установленных в зависимости от номинальных размеров и допусков на изготовление. Величины допускаемых погрешностей измерения приняты равными от 20 (для грубых допусков) до 35% значений допусков с соответствующими округлениями [2], учитывающими реальные значения погрешностей измерения существующими измерительными средствами. В стандарте величины допускаемых погрешностей установлены для значений допусков, которые содержатся в различных классах точности и посадках отечественной системы, а также по квалитетам в системе ИСО. При допусках на изготовление, отличающихся от приведенных в стандарте, допускаемую погрешность измерения следует принимать по ближайшему меньшему значению допуска для соответствующего номинального размера.

Пределы допускаемых погрешностей измерения, установленные стандартом, охватывают не только погрешности измерительных средств, но и составляющие от других источников погрешности, оказывающих влияние на погрешность измерения (установочные меры, базирование, температурные деформации и т. д.).

Допускаемые погрешности измерения относятся к случайным и неучтенным систематическим погрешностям измерения. Случайную составляющую погрешности можно выявить практически при всех видах измерений. Однако в теоретических разработках и в практической деятельности эту часть погрешности иногда принимают за всю погреность измерения. Вот почему в стандарте было признано необходимым отдельно указать, что случайная часть погрешности измерения не должна превышать 0,6 от нормируемого предела допускаемой погрешности измерения. Ограничивать неучтенную систематическую погрешность измерения не представляется возможным, поскольку для ее непосредственного определения необходимо иметь образцовые меры, что, особенно при точных измерениях, практически невозможно сделать.

Допускаемые значения случайной погрешности измерения, установленные в стандарте, приняты при доверительной вероятности 0,95 (исходя из предположения, что она распределяется по нормальному закону), т. е. равными $\pm 2\sigma$.

Значение предельной случайной погрешности, равное $\pm 3\sigma$ обычно принимают (исходя из нормального закона распределения) с вероятностью, равной 0,9973. Для производственных измерений нет необходимости в такой степени вероятности, и случайная погрешность измерения не всегда распределяется по нормальному закону [3].

В международной практике значение предельной случайной погрешности измерения также принимают в основном равным $\pm 2\sigma$. Это значение включено в рекомендацию ИСО 1938—71.

Допускаемые погрешности измерения нормируются вне зависимости от способа измерения размеров диаметров и длин при приемочном контроле. Однако в стандарте учтена особенность автоматических и полуавтоматических измерительных средств, которая в частности заключается в том, что этими измерительными средствами, как правило, измерения выполняют с более высокой точностью по сравнению с универсальными средствами. Это достигается благодаря более стабильным условиям измерения, уменьшению влияния субъективных факторов и специальным измерительным позициям, разрабатываемым чаще всего для деталей конкретных типоразмеров.

Распределение погрешностей измерения автоматическими измерительными средствами, как правило, происходит по закону, более близкому к закону равной вероятности, чем при измерении неавтоматизированными измерительными средствами, когда погрешности измерения распределяются по закону, близкому к закону нормального распределения. Исходя из этого, в стандарте рекомендуется принимать допускаемую погрешность для автоматических измерительных средств на один ряд точнее по сравнению с нормируемыми.

Погрешности измерения, приведенные в ГОСТ 8.051—73, являются наибольшими значениями, которые допускается использовать при измерении. Однако стандартом предусмотрены два случая, когда эти предельные значения могут быть увеличены.

В первом случае разрешается принимать предельную погрешность измерения больше, если уменьшается приемочный допуск. Такое разрешение дает возможность во многих случаях использовать имеющиеся измерительные средства вместо разработки или приобретения новых, а также расширить область применения простейших измерительных средств (например, штангенциркулей, обладающих большой абсолютной, но малой относительной погрешностью).

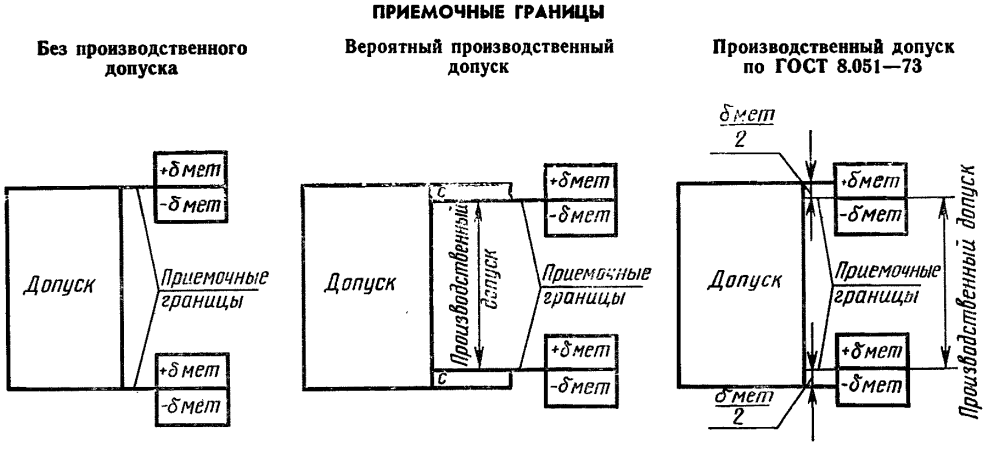
Второй случай, когда разрешается превышение предела допускаемой погрешности, имеет место, если измерения выполняются с разделением годных деталей на размерные группы для селективной сборки. В этом случае часто размер группы (его можно условно принять за допуск контролируемого изделия) берется близким или даже равным погрешности измерения с тем, чтобы в группах ограничить разноразмерность деталей. Для этого случая нецелесообразно нормировать более жесткие требования к погрешности измерения.

Приемочные границы с учетом нормируемых пределов допускаемых погрешностей измерения

Приемочные границы, т. е. значения размеров, по которым производится приемка изделий, следует в соответствии со стандартом устанавливать с учетом влияния предельной допускаемой погрешности измерения. В связи с этим при назначении допуска на изготовление необходимо учитывать не только эксплуатационные условия работы и возможности технологического процесса обработки в отношении точности, но и возможные погрешности измерения. Другими словами, допуск на размер следует рассматривать как допуск на сумму погрешностей технологического процесса, которые не дают возможность получить абсолютно точное значение размера, в том числе и из-за погрешности измерения.

Влияние погрешности измерения на результаты разбраковки рассмотрено в приложении 1 к стандарту, где даны графики, позволяющие определять вероятное количество неправильно принимаемых и неправильно бракуемых деталей, а также выход за границу допуска размера у неправильно принимаемых деталей. Кроме того, приведена таблица экстремальных значений этих параметров, зависящих только от погрешности измерения. Этих данных вполне достаточно конструктору для того, чтобы оценить, в какой мере допускаемая погрешность измерения, в случае проявления ее предельным значением, может исказить характер сопряжения и повлиять на эксплуатационные свойства детали. Более подробно участие конструктора в выборе измерительных средств рассмотрено в гл. IV, а технико-экономические расчеты, связанные с влиянием погрешности измерения — в гл. V.

Для учета влияния погрешностей измерения стандартом предусмотрены два возможных варианта установления приемочных границ (черт. 1).



Черт. 1

При первом варианте приемочные границы устанавливают совпадающими с нормируемыми предельными значениями проверяемого изделия, т. е. возможное влияние погрешности измерения учитывается конструктором при выборе класса и вида посадки. Этот вариант в стандарте является основным и вполне соответствует принятой отечественной и международной практике.

При втором варианте приемочные границы устанавливают с введением производственного допуска, т. е. нормируемые предельные значения размера смещают внутрь допуска с учетом возможного влияния погрешности измерения.

Смещение не должно превышать половины нормируемой в стандарте допускаемой погрешности измерения (см. черт. 1). Этот вариант менее предпочтителен, поскольку вносит определенные затруднения при оформлении документации и приводит к забракованию части годной продукции. Этот способ, хотя и редко, но используют в отечественной практике. В приложении 2 к стандарту рекомендуется, если необходимо, вводить производственный допуск (см. черт. 1), смещать приемочные границы на значение возможного выхода размера за границу поля допусков в зависимости от точности технологического процесса и погрешности измерения. Значения этих величин можно определить по графикам, приведенным в приложении 1 к стандарту.

В зарубежных разработках [6] нередко указы ается на необходимость вводить производственный допуск для учета влияния погрешности изме ения. Однако, в настоящее время во всех странах и в документах ИСО отказались от ранее высказа ных рекомендаций по введению производственного допуска на полное значение погрешности.

В рекомендации ИСО 1938 предлагается смещать приемочные границы на значение среднеквадратической погрешности измерения. Вместе с тем практика многих стран показывает, что производственный допуск вводится редко [6], и выбор средства измерения, а с ним и погрешностей измерения часто не регламентируется и право выбора представляется непосредственному изготовителю детали, т. е. рабочему (за исключением случаев, когда требуются специальные измерительные средства).

Ввиду того, что в отечественной практике производственный допуск вводят редко, то размеры, по которым этот допуск вводится, на чертежах должны быть обозначены буквой, а текстом в технических требованиях указаны предельные значения размеров. Это требование заставляет конструктора, оценивать, в какой мере целесообразно вводить производственный допуск.

В стандарте нормированы требования к арбитражной перепроверке принятых деталей, при которой предусматривается выявление погрешности измерения. Арбитражная перепроверка принятых деталей должна осуществляться с погрешностью измерения, не превышающей 30% предельной погрешности измерения, допускаемой при приемке. При этом допускается обнаружение среди годных определенного количества деталей, размеры которых выходят за границы поля допуска, но не более чем на половину значения допускаемых погрешностей измерения. Таким образом, учитывают только возможное влияние допускаемой погрешности измерения, однако это не дает разрешения расширить допуск на изготовление, например, при меньшей погрешности измерения. Необходимо иметь в виду, что допускаемые погрешности измерения установлены исходя из факта неизбежности существования погрешности измерения и нецелесообра ности выявления размера с высокой степенью точности, когда сам размер задается в относительно широких пределах.

Глава II. ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Для проведения измерений с погрешностями, не превышающими допускаемые ГОСТ 8.051—73 значения, необходимо иметь сведения о значениях погрешностей измерительных средств в различных условиях их применения. Такие сведения о погрешностях измерения измерительными средствами, серийно выпускаемыми специализированными заводами, даны в табл. 1 и 2.

В табл. 1 приведены сведения о погрешностях измерения различными измерительными средствами наружных размеров, размеров уступов и величин биения, а в табл. 2 — сведения о погрешностях измерения внутренних размеров.

При разработке материалов, содержащихся в табл. 1 и 2, использованы два принципиальных положения:

измерительным средством одного вида можно выполнять измерения с различной погрешностью в зависимости от метода и условий проведений измерения;

для выбора измерительных средств и условий проведения измерений необходимо оценивать возможные пределы погрешности измерения. При этом имеется в виду, что используемое измерительное средство соответствует предъявляемым требованиям и используется оператором, имеющим навык в работе с ним.

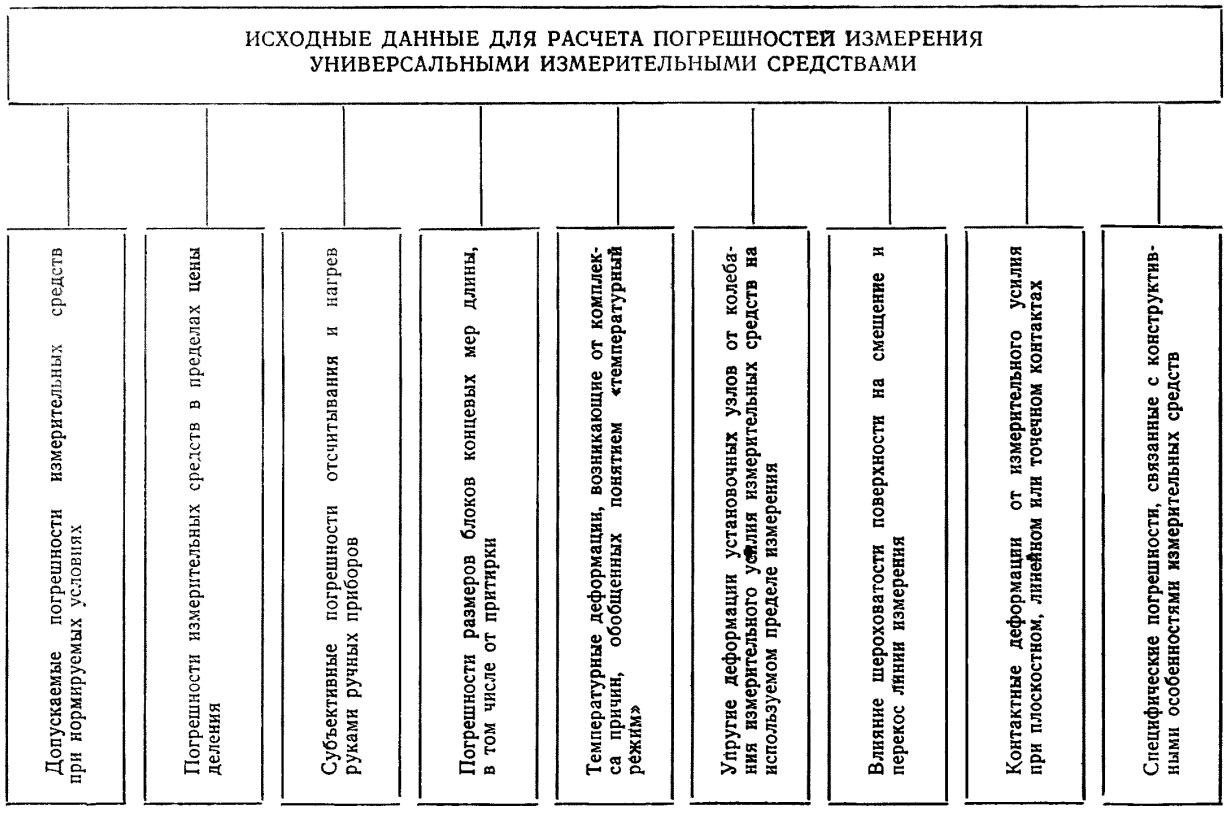
Различные значения погрешностей измерения при использовании измерительных средств одного и того же вида получены в табл. 1 и 2 разработкой различных вариантов использования измерительных средств без учета методической погрешности измерения.

В различных условиях применения измерительных средств изменялись количество и вес составляющих погрешностей измерения. Основные составляющие, учитываемые при оценке погрешности измерения при различных условиях применения измерительных средств, указаны на схеме, приведенной на черт. 2. Более подробные сведения о каждой из составляющих и методику ее определения можно найти в [4]. Некоторые основные сведения об этих составляющих даны в гл. III.

Предельные значения погрешности при различных методах и условиях применения измерительных средств получены определением предельных значений составляющих погрешности с последующим квадратическим суммированием их.

Погрешности измерения в табл. 1 и 2 указаны без знаков ±, т. е. указаны абсолютные значения предельных погрешностей измерения единичным измерительным средством, другими словами, даны предельные значения, на которые результаты измерения могут отличаться от истинного значения измеряемой величины.

Варианты использования измерительных средств отличаются различной погрешностью средств измерения при использовании их на различном пределе измерения (гл. III, разд. 1). Для некоторых измерительных средств варианты использования приведены в зависимости от классов и разряда концевых мер длины, применяемых для настройки (гл. III, разд. 2). Для стрелочных отсчетных головок при измерении биений, т. е. колебаний размеров, варианты использования установлены в зависимости от применяемых штативов и стоек, а при измерении размеров — в зависимости от вида контакта (гл. III, разд. 3). Для всех измерительных средств указан температурный режим измерения. Эти значения в общем случае нельзя относить ни к отклонениям, ни к колебаниям температуры окружающей среды в процессе измерения (гл. III, разд. 4) В табл. 2, где указаны погрешности измерения внутренних размеров существующими измерительными средствами, учитывается особенность измеряемой детали и варианты использования даются с учетом шероховатости поверхности (гл. III, разд. 5). При определении погрешностей измерения учитывались субъективные погрешности в отношении погрешности отсчитывания показаний (гл. III, разд. 6).



Черт. 2

В гл. III кратко рассмотрены основные составляющие погрешности измерения в той мере, в которой это необходимо знать при проведении измерений, с тем, чтобы получаемые погрешности измерения не превышали пределов, указанных в табл. 1 и 2.

Следует обратить внимание, что некоторые значения погрешности, приведенные в табл. 1 и 2, незначительно отличаются от указанных в [1,4]. Объясняется это большей степенью округления расчетных значений. Округления давались в соответствии с используемой ценой деления отсчетного устройства с тем, чтобы ограничить интерполяцию при отсчитывании. Рекомендуется интерполяция не до 0,1 от значения цены деления, а только до 0,5 от цены деления.

Глава III. ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ИЗМЕРЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРЕДЕЛЬНУЮ ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ

1. ПОГРЕШНОСТИ, ЗАВИСЯЩИЕ ОТ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Нормируемую допустимую погрешность измерительного средства следует рассматривать как погрешность измерения при одном из возможных вариантов использования этого измерительного средства, поскольку проверка точностных данных прибора заключается чаще всего в измерении им образцовой меры. В связи с этим при установлении вариантов использования измерительных средств учитывалась мера влияния составляющих на погрешности прибора, выявляемую при поверке этого прибора.

Варианты использования, зависящие от измерительных средств, отличаются значением перемещения измерительного стержня. Это означает, что при сравнительном методе измерения настройку прибора по установочной мере производят на такое значение размера, при котором отсчетное устройство прибора будет использовано в пределах перемещения измерительного стержня, указанных в табл. 1 и 2.

Для наиболее полного использования точностных возможностей измерительных средств применен вариант, при котором перемещение измерительного стержня задается в пределах 2—3 цен деления шкалы. В связи с отсутствием таких показателей в нормативных документах на измерительные средства, они были выявлены экспериментально [4] для отсчетных головок.

В этом случае на погрешность измерения оказывает влияние только случайная составляющая погрешности измерительного средства.

Следует подчеркнуть, что составляющую погрешности измерения, зависящую от средства измерения, во всех случаях принимают исходя из предположения, что прибор исправен и соответствует требованиям технической документации, в том числе и в отношении требований к расположению его в пространстве.

В том случае, если указаны небольшие значения погрешности измерения при использовании прибора на 2—3 деления, то требуется особенно тщательно соблюдать все условия измерения, а процесс измерения должен проводить опытный оператор. При только формальном соблюдении всех условий указанные точности получить невозможно.

2. ПОГРЕШНОСТИ, ЗАВИСЯЩИЕ ОТ УСТАНОВОЧНЫХ МЕР

Установочные меры могут быть универсальными (концевые меры длины) и специальными (изготовленными по виду измеряемой детали). Погрешность измерения будет меньше, если установочная мера будет максимально подобна измеряемой детали по конструкции, массе, материалу, его физическим свойствам, способу базирования и т. д.

Это обязательство не может быть в полной мере учтено в настоящих методических указаниях ввиду многообразия видов измеряемых деталей. В связи с этим рассмотрим погрешности, зависящие от применения универсальных установочных мер. В вариантах использования установочных мер приводятся классы и разряды концевых мер длины. По существующим соотношениям погрешности во всех случаях, где указаны 0; 1 и 2-й классы, их можно заменить соответственно 3; 4 и 5-м разрядами. С экономической точки зрения такая замена может быть целесообразной. Высокоточные меры должны быть аттестованы и при работе следует использовать данные аттестата.

Погрешности от концевых мер длины возникают из-за погрешности их изготовления, включая измерение (классы), или погрешности аттестации (разряды), а также из-за погрешности от притирания.

Величины погрешностей блоков концевых мер, принятые при расчете суммарных погрешностей, указаны в табл. 3. Эти данные получены квадратическим суммированием допускаемых погрешностей изготовления для соответствующего класса мер, входящих в блок, или допускаемых погрешностей аттестации для соответствующего разряда и погрешностей, возникающих при притирке мер, исходя из возможного количества мер в блоке при неблагоприятном сочетании размеров.

Например, минимальное число мер в блоке 113.87 равно четырем (100; 10; 2,5; 1.37). Соответственно в табл. 3 для диапазона 80—120 мм, куда входит этот размер, состав блока наименее благоприятных размеров указан: одна мера 100 мм, одна 10 мм и две меры до 10 мм. При более благоприятных размерах блока число мер в нем будет меньшим и соответственно сократится погрешность блока.

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ С УНИВЕРСАЛЬНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ НАРУЖНЫХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ, БИЕНИЙ И ГЛУБИН

Таблица 1

№ пп.	Средства измерения: Наименование	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—10 мм	10—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
1	Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,05 мм (ШЦ-I и ШЦ-III)	100	100	100	100	100	100	100	100
2	Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,1 мм (ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦ-III)	150	150	200	200	200	200	200	250

Примечание. Пределы измерения штангенциркулей ШЦ-I 0—125 мм, ШЦ-II 0—200 и 0—320 мм, ШЦ-III 0—500 мм.

Таблица 1а

№ пп.	Средства измерения: Наименование и случаи применения	Варианты использования	Условия измерения: Используемое перемещение измерительного стержня, мм (см. гл. III, § 1)	Установочные узлы по ГОСТ 10197—70 (см. гл. III, § 3)	Классы применяемых концевых мер (см. гл. III, § 2)	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4): 1—30	30—120	120—500	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
3	Индикаторы часового типа (ИЧ и ИТ) с ценой деления 0,01 мм и пределом измерения от 2 до 10 мм	а	10	До 260 мм С-IV, Ш-IIН, ШМ-II-Н, свыше 260 мм Ш-IIВ и ШМ-IIВ	5	5	5	5	20	20	20	20	20	20	20	20	25	30	30	40
		б	1		3	5	2	1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		в	0,1*		3	5	2	1	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10
	Индикаторы часового типа (ИЧ и ИТ) с ценой деления 0,01 мм и пределом измерения от 2 до 10 мм; при измерении биений	г	До 10		—	—	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20
		д	0,1*		—	—	—	—	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		е	0,02—0,03		—	—	—	—	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10

* В начале второго оборота.

Таблица 1б

Средства измерения		Варианты использования	Условия измерения	Предельные погрешности измерения, мкм
№ пп.	Наименование и случаи применения		Используемый предел измерения, мм (см. гл. III, § 1)	
4	Индикаторы рычажно-зубчатые (ИРБ и ИРТ) с ценой деления 0,01 мм и пределом измерения 0,08 мм при измерении биений	а	0,8	15
		б	0,1	10
		в	0,01—0,02	5

Таблица 1в

Средства измерения		Варианты использования	Условия измерения					Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров									
№ пп.	Наименование и случаи применения		Используемое перемещение измерительного стержня в мм (см. гл. III, § 1)	Установочные узлы по ГОСТ 10197—70 (см. гл. III, § 3)	Классы применяемых концевых мер (см. гл. III, § 2)	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров (см. гл. III, § 4)			1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм
						1—30 мм	30—120 мм	120—260 мм										
5	Головки рычажно-зубчатые 1ИГ с ценой деления 0,001 мм и пределом измерения ±0,050 мм; с настройкой по концевым мерам длины на любое деление	а	±0,05	Ш-I и ШМ-I	2	2	1	0,5	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,0	4,0
	Головки рычажно-зубчатые 1ИГ с ценой деления 0,001 мм и пределом измерения ±0,050 мм; с настройкой на нулевое деление	б	±0,03	С-II и С-III	1	2	0,5	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1 0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Головки рычажно-зубчатые 1ИГ с ценой деления 0,001 мм и пределом измерения 0,050 мм; при измерении биений	в	0,020	Ш-I и ШМ-I	—	—	—	—	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5

Продолжение табл. 1в

№ пп.	Средства измерения: Наименование и случаи применения	Варианты использования	Условия измерения: Используемое перемещение измерительного стержня, в мм (см. гл. III, § 1)	Установочные узлы по ГОСТ 10197—70 (см. гл. III, § 3)	Классы применяемых концевых мер (см. гл. III, § 2)	Температурный режим (°С), для диапазона измеряемых размеров (см. гл. III, § 4): 1—30 мм	30—120 мм	120—260 мм	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм
6	Головки рычажно-зубчатые 2ИГ с ценой деления 0,002, с пределом измерения ±0,1 мм; с настройкой по концевым мерам длины на любое деление	а	±0,10	Ш-I и ШМ-I	3	5	2	1	4	4	4	4	4	4	4	5	6	8
	Головки рычажно-зубчатые 2ИГ с ценой деления 0,002, с пределом измерения ±0,1 мм; с настройкой по концевым мерам длины на нулевое деление	б	±0,06	С-II и С-III	2	2	1	0,5	1	1	1	2	2	2	2	2	2	—
	Головки рычажно-зубчатые 2ИГ с ценой деления 0,002, с пределом измерения ±0,1 мм	в	0,04	Ш-I и ШМ-I, С-II и С-III	—	—	—	—	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	Индикаторы многооборотные 1МИГ с ценой деления 0,001 мм, пределом измерения 1 мм	а	0,1	С-II и С-III	3	5	2	1	3	3	3	3,5	4	4	4	4,5	4,5	—
		б	0,002—0,003		2	2	1	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	—
	Индикаторы многооборотные 1МИГ с ценой деления 0,001 мм с пределом измерения 1 мм, при измерении биений	в	1	Штативы	—	—	—	—	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6
		г	0,05	С-II и С-III	—	—	—	—	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	—
8	Индикаторы многооборотные 2МИГ с ценой деления 0,002 мм, пределом измерения 2 мм	а	0,2	С-II и С-III	3	5	2	1	4	4	4	4	4	4	5	5	5	—
		б	0,004—0,006		2	2	1	0,5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	—
	Индикаторы многооборотные 2МИГ с ценой деления 0,002 мм, пределом измерения 2 мм. при измерении биений	в	2	Штативы	—	—	—	—	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9
		г	0,2	С-II и С-III	—	—	—	—	4	4	4	4	4	4	4	4	4	—

Таблица 1г

№ пп.	Средства измерения: Наименование и случаи применения	Варианты использования	Условия измерения: Используемое перемещение измерительного стержня, мм (см. гл. III, § 1)	Установочные узлы по ГОСТ 10197—70 (см. гл. III, § 2)	Применяемые концевые меры (см. гл. III, § 2): по классам	Применяемые концевые меры (см. гл. III, § 2): по разрядам	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4): 1—30	30—120	120—180	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм
9	Головки измерительные 01-ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,0001 мм и пределом измерения ±0,003	а	±0,003	С-I	—	2	0,5	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,45	0,45
	Головки измерительные 01-ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,0001 мм и пределом измерения ±0,003 мм, при измерении биений	б	0,003	С-I	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
10	Головки измерительные пружинные 02-ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,0002 мм и пределом измерения ±0,006 мм	а	±0,006	С-I	—	2	0,5	0,1	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
	Головки измерительные пружинные 02-ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,0002 мм и пределом измерения ±0,006 мм, при измерении биений	б	0,006	С-I	—	—	—	—	—	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
11	Головки измерительные пружинные 05-ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,0005 мм и пределом измерения ±0,015 мм	а	±0,015	С-I	—	2	1	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5
	Головки измерительные пружинные 05-ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,0005 мм и пределом измерения ±0,015 мм, при измерении биений	б	0,015	С-I	—	—	—	—	—	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
12	Головки измерительные пружинные 1ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,001 мм и пределом измерения ±0,03	а	±0,03	С-II	1	—	2	0,5	0,2	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		б	0,002—0,003		0	—	1	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0

Продолжение табл. 1г

№ пп.	Средства измерения: Наименование и случаи применения	Варианты использования	Условия измерения: Используемое перемещение измерительного стержня, мм (см. гл. III, § 1)	Установочные узлы по ГОСТ 10197—70 (см. гл. III, § 3)	Применяемые концевые меры (см. гл. III, § 2): по классам	по разрядам	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4): 1—30	30—120	120—180	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм
12	Головки измерительные пружинные 1ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,001 мм и пределом измерения ±0,03 мм, при измерении биений	в	0,03	С-II	—	—	—	—	—	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
13	Головки измерительные пружинные 2ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,002 мм и пределом измерения ±0,06 мм	а	±0,06	С-II	2	—	2	1	0,5	1	1	1	2	2	2	2	2	2
	Головки измерительные пружинные 2ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,002 мм и пределом измерения ±0,06 мм, при измерении биений	б	0,06	С-II	—	—	—	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	Головки измерительные пружинные 5ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,005 мм и пределом измерения ±0,15 мм	а	±0,15	С-II	3	—	5	2	1	3	3	3	3	3	3	3	5	5
	Головки измерительные пружинные 5ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,005 мм и пределом измерения ±0,15 мм, при измерении биений	б	0,15	С-II	—	—	—	—	—	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15	Головки измерительные пружинные 10ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,01 мм и пределом измерения ±0,20 мм	а	±0,20	С-II	3	—	5	2	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Головки измерительные пружинные 10ИГП (микрокаторы) с ценой деления 0,01 мм и пределом измерения ±0,20 мм при измерении биений	б	0,20	С-II	—	—	—	—	—	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Таблица 1д

№ пп.	Наименование и случаи применения	Варианты использования	Условия измерения: Используемое перемещение измерительного стержня, мм (см. гл. III, § 1)	Установочные узлы по ГОСТ 10197—70 (см. гл. III, § 3)	Классы применяемых концевых мер (см. гл. III, § 2)	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4): 1—30	30—120	120—500	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
16	Головки измерительные пружинные малогабаритные ИПМ (микаторы) с ценой деления 0,001 мм и пределом измерения ±0,05 мм	а	±0,05	Штативы	2	2	1	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	3,5	4,5
		б	±0,03	С-II С-III	1	2	0,5	0,2	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	—	—	—
	Головки измерительные пружинные малогабаритные ИПМ (микаторы) с ценой деления 0,001 мм и пределом измерения ±0,05 мм при измерении биений	в	±0,05	Штативы	—	—	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	2	2
		г	0,03	С-II С-III	—	—	—	—	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	—	—	—

Таблица 1е

№ пп.	Наименование и случаи применения	Варианты использования	Условия измерения: Используемое перемещение измерительного стержня мм (см. гл. III, § 1)	Установочные узлы по ГОСТ 10197—70 (см. гл. III, § 3)	Разряды применяемых концевых мер (см. гл. III, § 2)	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4): 1—30	30—120	120—180	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм
17	Головки измерительные пружинно-оптические 01П (оптикаторы) с ценой деления 0,0001 мм и пределом измерения ±0,012	а	±0,012	С-I	2	0,5	0,1	0,1	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,35	0,4	0,4
	Головки измерительные пружинно-оптические 01П (оптикаторы) с ценой деления 0,0001 мм и пределом измерения ±0,012 мм, при измерении биений	б	0,012	С-I	—	—	—	—	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Продолжение табл. 1е

№ пп.	Средства измерения: Наименование и случаи применения	Варианты использования	Условия измерения: Используемое перемещение измерительного стержня, мм (см. гл. III, § 1)	Установочные узлы по ГОСТ 10197—70 (см. гл. III, § 3)	Разряды применяемых концевых мер (см. гл. III, § 2)	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4): 1—30	30—120	120—180	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм
18	Головки измерительные пружинно-оптические 02П (оптикаторы) с ценой деления 0,0002 мм и пределом измерения ±0,025	а	±0,025	С-I	2	0,5	0,1	0,1	0,30	0,30	0,30	0,30	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50
	Головки измерительные пружинно-оптические 02П (оптикаторы) с ценой деления 0,0002 мм и пределом измерения ±0,025 мм, при измерении биений	б	0,025	С-I	—	—	—	—	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
19	Головки измерительные пружинно-оптические 05П (оптикаторы) с ценой деления 0,0005 мм и пределом измерения ±0,05 мм	а	±0,05	С-I	2	I	0,5	0,1	0,30	0,30	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,70	0,50
	Головки измерительные пружинно-оптические 05П (оптикаторы) с ценой деления 0,0005 мм и пределом измерения ±0,05 мм, при измерении биений	б	0,05	С-I	—	—	—	—	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Таблица 1ж

№ пп.	Средства измерения: Наименование и случаи применения	Варианты использования	Условия измерения: Используемая цена деления, мкм (см. гл. III, § 1)	Используемый предел измерения, мм (см. гл. III, § 1)	Предельные погрешности измерения, мкм
20	Головки измерительные рычажно-пружинные ИРП (миникаторы) с ценой деления 0,001 (0,002) мм и пределом измерения ±0,040 (±0,080) Положение головки горизонтальное шкалой вверх	а	2	0,080	3
		б	2	0,040	2
		в	1	0,040	1
		г	1	0,020	0,5

Таблица 1з

Средства измерения		Варианты использования	Условия измерения		Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров												
№ пп.	Наименование и случаи применения		Температурный режим (°С) для измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4)		0—25 мм	25—50 мм	50—75 мм	75—100 мм	100—125 мм	125—150 мм	150—175 мм	175—200 мм	200—225 мм	225—250 мм	250—275 мм	275—300 мм	300—400 мм	400—500 мм
			0—100	100—500														
21	Микрометры гладкие с величиной отсчета 0,01 мм при настройке на нуль по установочной мере	а*	5	5	5	10	10	15	15	15	20	20	25	25	30	30	40	50
		б**	5	2	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15	15	20

* Микрометры при работе находятся в руках.
** Микрометры при работе находятся в стойке или обеспечивается надежная изоляция от тепла рук оператора.

Таблица 1и

Средства измерения		Варианты использования	Условия измерения			Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров												
№ пп.	Наименование и случаи применения		Вид контакта (см. гл. III, § 3)	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4)			0—25 мм	25—50 мм	50—75 мм	75—100 мм	100—125 мм	125—150 мм	150—175 мм	175—200 мм	200—250 мм	250—300 мм	300—400 мм	400—500 мм
				0—50	50—200	200—500												
22	Микрометры рычажные с ценой деления 0,002—0,01 при настройке на нуль по установочной мере и использовании на полном пределе измерения (25 мм)	а*	Любой	5	5	5	4	6	10	10	15	15	20	20	25	30	40	50
		б**	Плоскостный и линейчатый	5	2	1	3	4	5	6	10	10	10	10	10	10	10	10
	То же, при настройке на нуль по концевым мерам длины 2-го класса и использовании отсчета на ±10 делениях шкалы	в**	То же	5	2	1	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	6	7
	То же, при настройке по концевым мерам длины 1-го класса, использовании отсчета на ±(1—2) делениях шкалы и четырехкратном измерении	г**	То же	1	0,5	0,5	0,6	0,8	1,4	1,4	1,6	1,6	1,7	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
	То же, при настройке на нуль по концевым мерам 1 класса (с переборкой блока при каждом измерении), использовании отсчета на ±(1—2) делениях шкалы и четырехкратном измерении	д**	То же	0,5	0,5	0,5	0,5***	0,6	1,0	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0	2,0	2,5	3,0

* Микрометры при работе находятся в руках.
** Микрометры при работе находятся в стойке или обеспечивается надежная изоляция от тепла рук оператора.
*** В диапазоне размеров до 10 мм — 0,4 мкм.

Таблица 1к

№ пп.	Средства измерения: Наименование и случаи применения	Варианты использования	Условия измерения: Виды контакта (см. гл. III, § 3)	Классы применяемых концевых мер (см. гл. III, § 2)	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4): 0—25	25—150	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 0—25 мм	25—50 мм	50—75 мм	75—100 мм	100—125 мм	125—150 мм
23	Скобы рычажные с ценой деления 0,002—0,005 с использованием всего предела измерения по шкале	а*	Любой	3	5	5	4	5	10	10	20	25
		б**		3	5	2	4	4	5	5	10	10
	С использованием нормированного участка шкалы — 10 делений	в**	Плоскостный и линейчатый	2	2	1	2	2	3	3	5	5

* Скоба при работе находится в руках.
** Скоба при работе находится в стойке или обеспечивается надежная изоляция от тепла рук оператора.

Таблица 1л

№ пп.	Средства измерения: Наименование и случаи применения	Варианты использования	Условия измерения: Виды контакта (см. гл. III, § 3)	Используемое перемещение измерительного стержня, мм (см. гл. III, § 1)	Классы применяемых концевых мер (см. гл. III, § 2)	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4): 0—100	100—200	200—500	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 0—50 мм	50—100 мм	100—200 мм	200—300 мм	300—400 мм	400—500 мм
24	Скобы индикаторные с ценой деления 0,01 мм	а*	Любой	3	5	5	5	5	15	20	20	40	50	60
		б**	Плоскостный и линейчатый	0,1	3	5	2	1	10	10	10	10	10	10

* Скобы при работе находятся в руках.
** Скобы при работе находятся в стойке.

Таблица 1м

№ пп.	Сердства измерения: Наименование	Варианты использования	Условия измерения: Используемое перемещение измерительного стержня в мм (см. гл. III, § 1)	Тип наконечника и вид контакта (см. гл. III, § 3)	Класс применяемых концевых мер (см. гл. III, § 2)	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4): 1—30	30—80	80—180	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм
25	Оптиметр вертикальный с ценой деления 0,001 мм и пределом измерения по шкале ±0,1 мм	а	±0,1	Плоский при точечном контакте и диаметре контролируемой сферы до 5 мм	0	1	0,5	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		б	±0,06	Сферический и ножевидный при любом виде контакта, плоский при плоскостном и линейном контакте	0	1	0,5	0,1	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Таблица 1н

№ пп.	Средство измерения: Наименование	Варианты использования	Условия измерения: Используемое перемещение измерительного стержня, мм (см. гл. III, § 1)	Тип наконечника и вид контакта (см. гл. III, § 3)	Применяемые концевые меры (см. гл. III, § 2): по разрядам	по классам	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4): 1—30	30—80	80—500	Предельные погрешности измерений, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
26	Оптиметр горизонтальный (и измерительная машина ИЗМ-10М при относительном методе измерения с ценой деления 0,001 мм и пределом измерения по шкале ±0,1 мм	а	±0,1	Плоский при точечном контакте	—	0	1	0,5	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0
		б	±0,06	Сферический и ножевидный при любом виде контакта, плоский при плоскостном и линейном контакте	2	—	1	0,5	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0

Таблица 1о

№ пп.	Средства измерения: Наименование	Варианты использования	Условия измерения: Разряд применяемых концевых мер (см. гл. III, § 2)	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4): до 10	св. 10 до 30	св. 30	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм
27	Интерферометры контактные вертикальные ИКПВ	—	2	1	0,5	0,1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,4

Таблица 1п

№ пп.	Средства измерения: Наименование	Варианты использования	Температурный режим (°С) для диапазона измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4)	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм
28	Микроскопы инструментальные (малая и большая модель ММИ, БМИ, БМИ-1)	—	5	5	5	5	5	5	5	10	10

Примечание. Пределы измерения микроскопов БМИ и БМИ-1 до 150×50 мм, ММИ до 75×25 мм.

Таблица 1р

№ пп.	Средства измерения: Наименование	Варианты использования	Условия измерения: Форма детали	Методы измерения	Температурный режим (°С), для диапазона измеряемых размеров (см. гл. III, § 4): до 30 мм	30—120 мм	св. 120 мм	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
29	Микроскопы измерительные универсальные УИМ	а	Плоская	Проекционный в продольном направлении	5	2	2	3	3	3,5	3,5	4,0	4,5	5,5	7,0	9,0	12	16	25
		б		Проекционный в поперечном направлении	5	2	1	3	3	3,5	3,5	4,0	4,0	5,0	5,0	7,0	8,0		

Примечание. Пределы измерения универсальных измерительных микроскопов УИМ-21 200×100 мм, УИМ-24 500×200 мм.

Таблица 1с

№ пп.	Средства измерения: Наименование и случаи применения	Варианты использования	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
30	Измерительные машины при абсолютных измерениях	а	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	2	3	3,5	4,5	6
	При относительных измерениях	б	Погрешность измерения см. п. 26											

Примечание. Температурный режим при измерении размеров до 100 мм 1°С, свыше 100 мм 0,5°С.

Таблица 1т

№ пп.	Средства измерения: Наименование и случаи применения	Варианты использования	Условия измерения: Класс применяемых концевых мер (см. гл. III, § 2)	Температурный режим (°С), для диапазона измеряемых размеров (см. гл. III, § 4): до 30 мм	30—120 мм	св. 120 мм	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
31	Длиномеры: горизонтальный ИКУ-2 и вертикальные ИЗВ-1 и ИЗВ-2 при абсолютных измерениях	а	—	5	2	—	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2,5	3	—	—	—	—
	При относительных измерениях	б	1	2	0,5	0,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5

Примечание. Пределы измерения длиномеров: при абсолютном методе измерения 0—100 мм, при относительном методе измерения ИКУ-2 0—500 мм, ИЗВ-1 и ИЗВ-2 0—250 мм.

Таблица 1у

№ пп.	Средства измерения: Наименование	Варианты использования	Условия измерения[1]: Направление перемещения	Увеличение	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм
32	Проекторы часовые ЧП, ЧП-1, ЧП-2	а	Продольное[2]	10×	15	15	15	15	15	15	—	—	—
		б		20×	10	10	10	10	10	10	—	—	—
		в		50×	5	5	5	5	10	10	—	—	—
		г		100 и 200×	5	5	5	5	5	10	—	—	—
33	Проектор большой БП	а	Продольное[3]	10×	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		б		20×	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		в		50×	5	5	5	5	5	10	10	10	10

[1] Температурные условия измерения: допускаемое отклонение температуры от 20±3°С допускаемое колебание температуры 1°С в процессе измерения.
[2] Продольный ход — 40 мм.
[3] Продольный ход — 150 мм.

Таблица 1ф

№ пп.	Средства измерения: Наименование	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—10 мм	10—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
34	Штангенглубиномер с отсчетом по нониусу 0,05 мм	100	100	150	150	150	150	150	—
35	Штангенглубиномер с отсчетом по нониусу 0,1 мм	200	250	300	300	300	300	300	300

Таблица 1х

№ пп.	Средства измерения: Наименование и случаи применения	Варианты использования	Условия измерения: Используемое перемещение измерительного стержня (см. гл. III, § 1)	Класс применяемых концевых мер (см. гл. III, § 2)	Температурный режим, (°С) (см. гл. III, § 4)	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 0—25 мм	25—50 мм	50—75 мм	75—100 мм
						Условное обозначение типоразмеров			
						1	2	3	4
36	Глубиномеры микрометрические при абсолютном методе измерения	а	25	—	5	5	20	20	20
	Глубиномеры микрометрические при относительном методе измерения с настройкой по установочной мере	б	25	—	5	5	5	10	10
	Глубиномеры микрометрические при относительном методе измерения с настройкой по концевым мерам длины	в	0,02—0,03	3	5	5	5	5	5

Таблица 1п

№ пп.	Средства измерения: Наименование и случаи применения	Варианты использования	Условия измерения: Используемое перемещение измерительного стержня, мм (см. гл. III, § 1)	Условия измерения: Класс применяемых концевых мер (см. гл. III, § 2)	Условия измерения: Температурный режим (°С) для интервалов измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4): 1—30	Условия измерения: Температурный режим (°С) для интервалов измеряемых размеров, мм (см. гл. III, § 4): 30—120	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров: 1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм
37	Глубиномеры индикаторные при относительном методе измерения с настройкой по установочной мере	а	10	—	5	5	20	20	20	20	20	20	20	20
	Глубиномеры индикаторные при относительном методе измерения с настройкой по блокам концевых мер.	б	0,1	4	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10
		в	0,02—0,03	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
38	Глубиномер индикаторный при замене отсчетного устройства измерительной головкой с ценой деления 0,001 мм и относительных измерениях с настройкой по блокам концевых мер	а	0,002—0,003	2	2	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0
	То же, при четырехкратном измерении с переборкой блока при каждом измерении	б	0,002—0,003	2	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ ВНУТРЕННИХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

Таблица 2

№ пп.	Наименование измерительного средства	Варианты использования	Используемое перемещение измерительного стержня, мм (см. гл. III, § 1)	Средства установки (см. гл. III, § 5)	Шероховатость поверхности отверстия по ГОСТ 2789—73 Rz, мкм (см. гл. III, § 5)	Температурный режим, °С, для диапазона измеряемых размеров (см. гл. III, § 4)		Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазонов размеров				
						3—120 мм	120—500 мм	3—18 мм	18—50 мм	80—120 мм	120—260 мм	260—500 мм
1	Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,1 мм[1]	—	—	—	5	7		200	200	250	300	300
2	Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,05 мм[1]	—	—	—				150	150	200	200	250
3	Нутромеры микрометрические с величиной отсчета 0,01 мм	а	13	Микропара устанавливается по установочной мере	5	5	3	—	—	15	20	30
		б		Аттестуется размер собранного нутромера				—	—	10	15	20
4	Нутромеры индикаторные с ценой деления отсчетного устройства 0,01 мм	а	Весь расход	Концевые меры длины 4-го класса с боковиками или микрометры[2]	5	5	3	15	20	25	25	30
		б	0,1		1,25			10	10	15	15	20
		в	0,03	Концевые меры длины с боковиками или установочные кольца (до 160 мм) по ТУ з-да «Калибр»[3]	0,32	3	2	5	5	10	10[3]	—
5	Нутромеры индикаторные при замене отсчетного устройства измерительной головкой с ценой деления 0,001 или 0,002 мм[1]	а	0,1	Концевые меры длины 1-го класса или установочные кольца (до 160 мм) по ТУ з-да «Калибр»	1,25	3	2	4,5	5,5	6,5	7,5[3]	11[4]
		б	0,03		0,32			2,8	3,5	4,5	6,5	9
6	Нутромеры повышенной точности с ценой деления отсчетного устройства 0,001 и 0,002 мм	а	0,1	Концевые меры длины 1-го класса с боковиками или установочные кольца по ГОСТ 14865—69	1,25	3	—	3,5	5	—	—	—
		б	0,01	Концевые меры длины 1-го класса с боковиками	0,32			2	3,5	—	—	—
		в	0,01	Установочные кольца по ГОСТ 14865—69	0,32			1,5	2,5	—	—	—
	Нутромеры повышенной точности из инвара с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм	г	0,01	Установочные кольца по ГОСТ 14865—69	0,32	3	2	—	—	2	3	—

Таблица 2а

№ п/п.	Наименование измерительного средства	Варианты использования	Используемое перемещение измерительного стержня, мм (см. гл. III, § 1)	Средства установки (см. гл. III, § 5)	Шероховатость поверхности отверстий по ГОСТ 2789—73 Ra, мкм (см. гл. III, § 5)	Температурный режим, °С (см. гл. III, § 4)	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров				
							13—18 мм	18—50 мм	50—120 мм	120—260 мм	260—500 мм
7	Оптиметры и длиномеры горизонтальные, измерительные машины с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм	а	±0,06	Концевые меры длины 1-го класса с боковиками	1,25	2	1,5	1,5	2,5	5	9
		б		Установочные кольца по ГОСТ 14865—69		1	1,5	1,5	1,5	2,5	4

Таблица 2б

№ пп.	Наименование измерительного средства	Варианты использования	Суммарный зазор между пробкой и отверстием, мм	Средства установки	Шероховатость поверхности отверстий по ГОСТ 2789—73 Ra, мкм (см. гл. III, § 5)	Температурный режим, °С (см. гл. III, § 4)	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазонов размеров				
							13—18 мм	18—50 мм	50—120 мм	120—260 мм	260—500 мм
8	Пневматические пробки с отсчетным прибором с ценой деления 0,5 мкм	а	Св. 0,01 до 0,02	Установочные кольца по ГОСТ 14865—69	0,32	2	1,5	2	2,5	—	—
		б	Св. 0,02 до 0,04				3	3	4	—	—
		в	Св. 0,02 до 0,04		1,25		2,5	2,5	3,5	—	—
		г	Св. 0,04 до 0,06				5	5	5	—	—
	Пневматические пробки с отсчетными приборами с ценой деления 0,2 мкм	д		Установочные кольца по ГОСТ 14865—69	0,32	2	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазонов размеров				
							1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—50 мм	50—120 мм
							1	0,8	0,5	0,5	0,8

Таблица 2в

№ пп.	Наименование измерительного средства и случаи его использования	Температурный режим, °С, для интервалов измеряемых размеров (см. гл. III, § 4)		Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров				
		1—50 мм	50—260 мм	1—18 мм	18—50 мм	50—120 мм	120—260 мм	260—500 мм
9	Микроскопы инструментальные (большая и малая модели) БМИ и ММИ[5, 6]	5	5	7	10	10	10	—
10	Микроскопы универсальные измерительные УИМ-21 при использовании штриховой головки[5, 6]	3	2	5	6	7	7	—
11	Прибор с электронным индикатором контакта модель БВ 2007 или 269 при настройке по концевым мерам 0-го класса	2	1	0,3	0,3	0,5	0,5	—
12	Прибор с электронным индикатором контакта для измерения диаметра малых отверстий БВ—2021 при настройке по концевым мерам 0-го класса	2	—	0,5	—	—	—	—

[1] Штангенциркули имеют нижний предел измерения 10 мм, индикаторные нутромеры 6 мм, а приборы БВ 2007 и 269—4 мм.
[2] При использовании концевых мер вместо микрометров для установки на размер предельная погрешность уменьшается на 2—3 мкм.
[3] При использовании установочных колец ∅ 120—260 мм предельная погрешность уменьшается на 1—2 мкм.
[4] Для ∅ 250—500 мм погрешность указана только при использовании концевых мер длины.
[5] Погрешности микроскопов указаны при измерении сквозных отверстий и глухих отверстий с острой торцевой кромкой.
[6] Пределы измерения микроскопов БМИ до 150 мм, ММИ до 75 мм, УИМ—21 до 200 мм.

Таблица 3

Диапазон размеров, мм	Состав блока	Предельные погрешности блоков концевых мер, мкм							
		Разряд концевых мер		Классы концевых мер					
		1	2	0	1	2	3	4	5
1—10	Две меры до 10 мм	0,20	0,20	0,25	0,35	0,60	1,20	2,80	5,60
10—30	Одна мера 20 мм, две меры до 10 мм	0,20	0,25	0,25	0,45	0,80	1,50	4,20	8,30
30—50	Одна мера 30—50 мм, две меры до 10 мм	0,20	0,25	0,30	0,45	0,80	1,60	4,50	9,80
50—80	Одна мера 50—80 мм, две меры до 10 мм	0,25	0,30	0,40	0,55	0,85	1,90	4,90	10,60
80—120	Одна мера 100 мм, одна мера 10 мм, две меры до 10 мм	0,35	0,35	0,45	0,70	1,10	2,40	6,00	13,00
120—180	Одна мера 100 мм, одна мера 50—80 мм, две меры до 10 мм	0,35	0,35	0,50	0,75	1,20	2,80	7,00	15,50
180—260	Одна мера 200 мм, одна мера 30—50 мм, две меры до 10 мм	0,35	0,45	0,65	1,15	1,70	3,40	8,30	17,00
260—360	Одна мера 300 мм, одна мера 50, две меры до 10 мм	0,45	0,55	0,75	1,40	2,20	4,00	9,20	19,00
360—500	Одна мера 400 мм, одна мера 90 мм, две меры до 10 мм	0,55	0,70	1,00	1,70	2,70	4,60	10,70	22,00

Следует обратить внимание на то, что суммарная погрешность от притирки может быть значительной. Многочисленные эксперименты показали, что разброс размера блока составляет от 0,05 до 0,1 мкм на один притирочный слой. Этот разброс зависит от состояния концевых мер и от опыта оператора. На производстве целесообразно проводить экспериментальную проверку возможных точностей притирания у операторов, которым приходится применять концевые меры длины. Для этого собирают два одинаковых блока и устанавливают поочередно под наконечник отсчетного устройства (микрокатора, интерферометра). Один блок оставляют постоянным (не разбирают) и используют для нулевой проверки положения отсчетного устройства, которое может изменяться в связи с изменением температурных условий. Целесообразно вместо постоянного блока использовать одну меру. Перебирая неоднократно другой блок, можно определить субъективную погрешность, вносимую конкретным оператором при притирке концевых мер. При этом определяют и степень нагрева мер каждым оператором, а, следовательно, устанавливают время выдержки перед использованием блока после притирки.

Погрешности от притирки концевых мер превышают допускаемые погрешности аттестации, установленные для 1 и 2-го разрядов. Следовательно, использование концевых мер этих разрядов в блоках не дает повышения точности измерения, и выбор этих разрядов может быть рекомендован только для применения в виде единичных мер. Большие погрешности, связанные с притиркой концевых мер, объясняются в основном непостоянством слоя смазки, находящегося в микрополостях и извлекаемого на поверхность при притирке концевых мер [7]. Этим обстоятельством объясняется лучшая притираемость твердосплавных концевых мер (большая пористость) и потеря притираемости концевых мер, долго хранящихся без смазки (высыхает смазка).

При назначении концевых мер длины отдельно не учитывается нагрев их от рук оператора. В некоторых случаях это обстоятельство может внести дополнительную погрешность. При этом нагрев мер осуществляется значительно быстрее, чем остывание. Последнее необходимо учитывать при определении времени, которое должно пройти от сборки блока до использования его при настройке прибора. Использование концевых мер в струбцинах будет рассмотрено в § 5 при анализе погрешностей измерения внутренних размеров.

3. ПОГРЕШНОСТИ, ЗАВИСЯЩИЕ ОТ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСИЛИЯ

Измерительное усилие обеспечивает замыкание элементов измерительной цепи, включающей как элементы измерительного средства, так и объект измерения, и вызывает их упругие деформации. При оценке влияния измерительного усилия на погрешность измерения принято выделять упругие деформации установочного узла и деформации в зоне контакта измерительного наконечника с деталью.

В нормативных документах обычно регламентируются максимальные значения и перепад измерительного усилия. Однако этих данных недостаточно для оценки погрешности, вызываемой влиянием измерительного усилия. Для расчета данных, помещенных в табл. 1 и 2, потребовалось экспериментально определить диаграммы измерительного усилия, имеющие вид петли гистерезиса, и по ним установить максимальное и минимальное значения измерительного усилия, перепады его на прямом и обратном ходах и в момент реверса измерительного стержня, а также местные перепады.

Максимальное усилие следует учитывать при расчете контактных деформаций, которые, кроме того, зависят от материала, формы и состояния поверхности измерительного наконечника и объекта измерения.

Этот вид погрешности учитывался при высокоточных измерениях, когда допускаемые погрешности сопоставимы с величинами контактных деформаций и сказывается различие величин контактных деформаций на установочных мерах и на объектах измерения, а также при плоских измерительных наконечниках, когда вид контакта (плоскостный, линейчатый и точечный) и контактные деформации зависят от формы объекта измерения.

Перепады измерительного усилия, особенно в момент реверса механизма прибора, учитывались при измерении биений с использованием различных штативов и стоек.

Необходимо особо обратить внимание на то, что в табл. 1 указаны погрешности измерения биений только при использовании штативов и стоек, жесткость которых соответствует требованиям ГОСТ 10197—70. Менее жесткие штативы и стойки вносят значительную дополнительную погрешность, предсказать которую заранее не представляется возможным.

Могут, например, быть случаи, когда при использовании рычажно-зубчатой головки с ценой деления 1 мкм, установленной на тонком штативе на полный вылет кронштейна, погрешность измерения биения может достигнуть 3—7 мкм. Такие штативы ранее выпускала отечественная промышленность и сейчас производят некоторые иностранные фирмы.

Следует отметить, что при определении погрешности от измерительного усилия при контроле отклонений формы рассчитывали погрешность при контроле радиального биения при вылете кронштейна штатива, малоотличающемся от радиуса измеряемой детали. При большем вылете погрешность может оказаться больше.

В производственных условиях рекомендуется проводить эксперименты по определению влияния жесткости используемых присоединительных узлов и влияния вылета установки головки. Для этого достаточно аттестовать биение цилиндрической детали при помощи микрокатора (эти головки обладают пренебрежимо малым перепадом усилия в моменты реверса) или индуктивными системами с малым измерительным усилием, а затем это же биение проверить посредством применяемых на производстве штативов при различном вылете. При этом аттестацию и проверку необходимо проводить при одной установке детали, так как на погрешность измерения оказывает влияние погрешность базирования.

Варианты использования в зависимости от вида контакта учитывают контактные деформации при точечном контакте (при контакте сферы и плоскости). В этом случае в погрешности измерения входят дополнительные погрешности, обусловленные деформацией под действием максимального измерительного усилия (например, для микрометров погрешность при точечном контакте достигает 3 мкм при радиусе кривизны поверхности объекта измерения до 2,5 мм и 2 мкм — св. 2,5 мм).

При выборе измерительного усилия отсчетной головки необходимо стремиться к тому, чтобы измерительное усилие было минимальным, при котором обеспечивается ограничение в заданных пределах случайной составляющей погрешности измерения. К этому необходимо стремиться и при регулировании измерительного усилия, когда регулирование обеспечивается конструкцией измерительного средства, поскольку измерительные устройства с малым измерительным усилием отличаются обычно большой случайной составляющей погрешности измерения из-за чувствительности их к воздействию влияющих величин (например, вибраций). Другими словами, малое измерительное усилие не обеспечивает надежного силового замыкания измерительной цепи прибор—деталь, и там, где это возможно по условиям деформаций, не следует применять отсчетные головки с малым усилием.

Для сохранения постоянства измерительного усилия в измерительных приборах применяются устройства, обеспечивающие наименьший перепад усилия на всем пределе измерения.

В индикаторах и рычажно-зубчатых головках измерительное усилие создается винтовой пружиной растяжения. Для компенсации изменений усилия пружины при растяжении применяют промежуточные профилированные рычаги различных конструкций, передающие усилие на стержень, или пружину выбирают достаточной длинной, чтобы относительное изменение ее длины на всем расходе головки было невелико.

Стабилизация измерительного усилия в микрометрах достигается специальным узлом — трещоткой (фрикционом). Приведенные в табл. 1 погрешности измерения даны для условий, когда при измерении используется трещотка (фрикцион). Когда она не используется, погрешность измерения только от этого может достигать 0,01—0,02 мм [4].

4. ПОГРЕШНОСТИ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ОТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ (ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ)

Выявление суммарного влияния температурных деформаций на погрешность измерения сложно и связано с необходимостью иметь данные о физических свойствах материалов деталей прибора и объекта измерения и температурных полях в этих деталях.

В связи с ограниченными данными, которыми чаще всего располагают при проведении измерений, и использованием указанного выше принципа о необходимости определять предельное значение ожидаемой погрешности измерения используется понятие «температурный режим».

Температурный режим — есть условная, выраженная в градусах Цельсия разность температур объекта измерения и измерительного средства, которая при определенных «идеальных» условиях вызовет ту же температурную погрешность, как и весь комплекс реально существующих причин [15]. Эти условия сводятся к тому, что прибор и деталь имеют постоянную по объему температуру, а коэффициент линейного расширения материалов, из которого они изготовлены, равен $11{,}6 \cdot 10^{-6}$ 1/град.

В частном случае, если соблюдены указанные выше идеальные условия, то температурный режим в n градусов означает, что допускается такая же разность температуры измерительного средства и объекта измерения. Если же «идеальные» условия не соблюдены, то разность температур должна быть меньше на такое значение, которое бы компенсировало дополнительный источник погрешности.

Таким образом, температурный режим не должен пониматься как допускаемое отклонение температуры среды от 20°С или колебание ее в процессе измерения.

В соответствии с данным определением погрешность, зависящую от температурных деформаций, при известном температурном режиме определяют по формуле:

$$\Delta l_t = l\vartheta_t 11{,}6 \cdot 10^{-6}, \tag{1}$$

где Δl_t — погрешность, зависящая от температурных деформаций;

l — измеряемый размер;

ϑ_t — температурный режим.

Если известна составляющая погрешность измерения, зависящая от температурных деформаций, то температурный режим в градусах можно определить по формуле

$$\vartheta_t = \frac{\Delta l_t}{l\,11{,}6 \cdot 10^{-6}}. \tag{2}$$

Часто воспользоваться этими формулами невозможно из-за отсутствия необходимых данных. Тогда температурный режим приходится определять приближенно, исходя из оценки вероятного предельного влияния отклонений и колебаний температуры среды.

Существуют два основных источника, обуславливающих погрешность от температурных деформаций:

а) отклонение температуры воздуха от 20°С;

б) кратковременные колебания температуры среды в процессе измерения.

Максимальное влияние отклонений температуры на погрешность измерения Δl_{t_1} можно рассчитать по формуле

$$\Delta l_{t_1} = l\Delta t_1 (\alpha_п - \alpha_д)_{max}, \tag{3}$$

где Δt_1 — отклонение температуры среды от 20°С;

$(\alpha_п - \alpha_д)_{max}$ — максимально возможная разность значений коэффициентов линейного расширения материала прибора и детали.

Максимальное влияние кратковременных колебаний температуры среды на погрешность измерения будет иметь место в том случае, если колебания температуры воздуха практически не вызывают изменений температуры измерительного средства (или объекта измерения), а температура объекта измерения (или прибора) близко следует за температурой среды. Вторую составляющую Δl_{t_2} можно рассчитать по формуле

$$\Delta l_{t_2} = l\Delta t_2 \cdot \alpha_{max}, \tag{4}$$

где Δt_2 — кратковременные колебания температуры воздуха в процессе измерения;

α_{max} — максимальное значение коэффициента линейного расширения материала прибора или измеряемой детали.

Поскольку составляющие Δl_{t_1} и Δl_{t_2} можно считать независимыми случайными величинами, то общая погрешность, зависящая от температурных деформаций, выражается формулой

$$\Delta l_t = l\sqrt{[\Delta t_1 (\alpha_п - \alpha_д)_{max}]^2 + (\Delta t_2 \cdot \alpha_{max})^2}. \quad (5)$$

Откуда, подставляя (5) в (2), получаем

$$\vartheta_t = \sqrt{\left[\Delta t_1 \frac{(\alpha_п - \alpha_д)_{max}}{11{,}6 \cdot 10^{-6}}\right]^2 + \left(\Delta t_2 \frac{\alpha_{max}}{11{,}6 \cdot 10^{-6}}\right)^2}. \quad (6)$$

Основная трудность, которая возникает при пользовании формулой (6) заключается в оценке интервала времени, который можно принять за период кратковременных колебаний температуры воздуха. На оценку этого периода оказывает влияние много факторов — вид измерительных средств, размер и конфигурация детали, абсолютные или относительные измерения и т. д. Поэтому могут быть даны только ориентировочные рекомендации по значению периода колебаний, которые могут быть сочтены кратковременными.

При пользовании измерительными средствами небольших размеров (например, рычажными микрометрами и скобами, закрепленными в стойках) в качестве кратковременных можно рассматривать колебания температуры в течение 15—30 мин; приборами средних габаритов (например, вертикальным оптиметром или отсчетными головками, используемыми на стойках С-I и С-II) — в течение 1 ч, крупногабаритными приборами (например, измерительными машинами) — в течение 6 ч.

Рассмотрим пример использования формулы (6). Вкладыши из бронзы Бр ОЦ4—3 имеют размер 60П. Контроль вкладышей предполагается производить в помещении, где поддерживается температура 20±2°С с допускаемыми кратковременными колебаниями 0,5°С в течение 0,5 ч. Требуется оценить приемлемость температурных условий для контроля вкладышей.

В соответствии с табл. 4 и 1 точность измерения вкладышей можно обеспечить применением головки 2 ИГ, установленной в штативе Ш-1 или ШМ-1 (можно использовать стойку С-III).

При этом рекомендован температурный режим 2°С.

Коэффициент линейного расширения материала детали и прибора берем по справочнику, например [14]. Для бронзы Бр ОЦ4—3 имеем $\alpha_д = 18 \cdot 10^{-6}$ 1/град. Поскольку марка стали, из которой сделан штатив или стойка, неизвестна, для $\alpha_п$ мы вынуждены взять полный интервал коэффициентов линейного расширения для стали

$$\alpha_п = (10 \div 13) \cdot 10^{-6} \text{ 1/град};$$

$$(\alpha_п - \alpha_д)_{max} = 18 \cdot 10^{-6} - 10 \cdot 10^{-6} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/град};$$

$$\alpha_{max} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ 1/град}.$$

Подставив найденные значения в формулу (6), получим

$$\vartheta_t = \sqrt{\left(2 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6}}{11{,}6 \cdot 10^{-6}}\right)^2 + \left(0{,}5 \cdot \frac{18 \cdot 10^{-6}}{11{,}6 \cdot 10^{-6}}\right)^2} = 1{,}58°\text{С}.$$

Температурные условия можно считать удовлетворительными, т. к. значение температурного режима для наихудших условий получилось меньше рекомендованного.

Дополнительные температурные деформации учитывались при расчете погрешности измерения накладными приборами, которые нагреваются теплом рук оператора. Данные о значениях этих погрешностей были получены экспериментально [4]. Они относятся к приборам, у которых отсутствуют теплоизоляционные накладки. Температурные деформации в накладных приборах типа скоб возникают при неудачных конструкциях накладок, особенно большие деформации имеют место, если руки оператора нагревают внутреннюю сторону скоб. Следует рекомендовать при точных измерениях изолировать скобы от рук операторов. Наиболее эффективно использование войлока на скобе и перчаток на руках оператора.

Не для всех накладных измерительных средств влияние нагрева теплом рук оператора сказывается на погрешности измерения. Температурные деформации от нагрева теплом рук оператора практически не влияют на погрешность измерения штангенинструментами, а также микрометрическими и индикаторными глубиномерами.

5. ПОГРЕШНОСТИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ФОРМОЙ ПРОВЕРЯЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Этот вид составляющей погрешности измерения учитывается при расчете значений погрешностей измерения, приведенных в табл. 2. Он относится к погрешностям измерения внутренних размеров. Особенность измерения этих размеров заключается в том, что измерительные средства имеют с деталью, как правило, точечный контакт и требуется перемещать или деталь, или наконечник прибора для нахождения минимума размера в осевой плоскости измеряемого цилиндра и максимума в плоскости перпендикулярной оси. На точность перемещения и фиксации максимальных и минималь-

ных отклонений большое влияние оказывает состояние поверхности. Поэтому в табл. 2 даны варианты возможных погрешностей при различных величинах шероховатости поверхности. Дополнительные сведения о влиянии шероховатости поверхности на погрешность измерения можно найти в [4]. Наиболее простым способом, который можно рекомендовать для уменьшения влияния шероховатости на погрешность измерения, является нанесение небольшого слоя смазки на измеряемую поверхность.

При измерении внутренних размеров наиболее часто для настройки нутрометров используют концевые меры с боковиками, зажатые в струбцине. Погрешность блока с боковиками, по которому устанавливают приборы для внутренних измерений, как правило, возникает из-за деформаций блока при закреплении его в струбцине. Эта составляющая была учтена средней величиной, выявленной экспериментально [4].

Можно рекомендовать прием использования струбцин, при котором значительно сокращаются погрешности от указанных деформаций. Для этого применяют боковики с параллельными наружными и внутренними рабочими поверхностями. Боковики должны быть аттестованы. Набрав необходимый блок с аттестованными боковиками и зажав его в струбцине, измеряют наружный размер блока по наружным измерительным поверхностям боковиков. Внутренний размер будет равен измеренному, за вычетом размеров боковиков. Необходимо только иметь в виду, что помимо деформации сжатия блока происходит и перекос боковиков, поэтому измерение наружного размера следует проводить в нескольких сечениях. Известны струбцины со стабилизированным усилием крепления блока мер, что сокращает величину случайной составляющей погрешности настройки по блоку мер в струбцине.

Погрешности измерения, указанные в табл. 1, даны для случаев, когда линия измерения перпендикулярна измеряемой поверхности. При измерении криволинейных поверхностей, имеющих переменный радиус кривизны, когда линия измерения в общем случае неперпендикулярна к поверхности, возникают дополнительные погрешности, связанные со смещением точки контакта на измерительном наконечнике и возникновением тангенциальной составляющей измерительного усилия, и несколько меняется проявление составляющих погрешности по сравнению с условиями, когда линия измерения перпендикулярна к поверхности [8].

6. ПОГРЕШНОСТИ, ЗАВИСЯЩИЕ ОТ ОПЕРАТОРА (СУБЪЕКТИВНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ)

Возможны четыре вида субъективных погрешностей:

а) субъективные погрешности присутствия;
б) субъективные погрешности отсчитывания;
в) субъективные погрешности действия;
г) профессиональные субъективные погрешности.

Из субъективных погрешностей измерения в табл. 1 в качестве вариантов использования измерительных средств представилась возможность учесть только субъективную погрешность отсчитывания для некоторых измерительных средств. Однако в принятых вариантах эта погрешность не учитывается непосредственно. Влияние этой погрешности учитывают только, когда стремятся максимально использовать точностные возможности измерительных средств, например при использовании расхода в пределах двух-трех делений шкалы. Подробные сведения об учете этих составляющих можно найти в [4]. Общие положения сводятся к тому, что во всех случаях, когда в табл. 1 указаны погрешности измерения, не превышающие цены деления, необходимо принимать меры для уменьшения погрешностей отсчитывания от параллакса, т. е. более тщательно снимать отсчет и по возможности под единым углом к указателю.

Субъективная погрешность присутствия проявляется в виде влияния теплоизлучения оператора на температуру окружающей среды. Как показали результаты экспериментов [9], [10], наиболее существенное влияние на погрешность измерения оказывают субъективные погрешности действия и профессиональная.

К субъективным погрешностям действия относятся погрешности, вносимые оператором при настройке прибора, подготовке объекта измерения или установочных мер и т. д. По происхождению, источнику возникновения, эти виды погрешностей частично можно отнести к погрешностям, связанным с измерительными средствами, которые проявляются при поверке этих средств.

К субъективным погрешностям действия относятся погрешности от притирки концевых мер. Эти погрешности вошли в погрешности от установочных мер. Субъективные погрешности действия возникают при перемещении прибора относительно детали или детали относительно элементов прибора, например, при измерении внутренних размеров.

Полностью учесть все виды субъективных составляющих погрешности измерения при разработке методических указаний не представляется возможным, тем более, что их значения существенно зависят от квалификации оператора, от опыта работы его с тем или иным средством.

В методических указаниях невозможно учесть и профессиональные погрешности, связанные с квалификацией оператора, с отношением его к процессу измерения, с той ролью, которую занимает измерение в выполняемых оператором производственных функциях. Профессия создает у оператора

определенный навык, ответственность за производимые измерения. Характер и точность выполняемых работ определяют тот объем информации, который оператор воспринимает от измерительных средств.

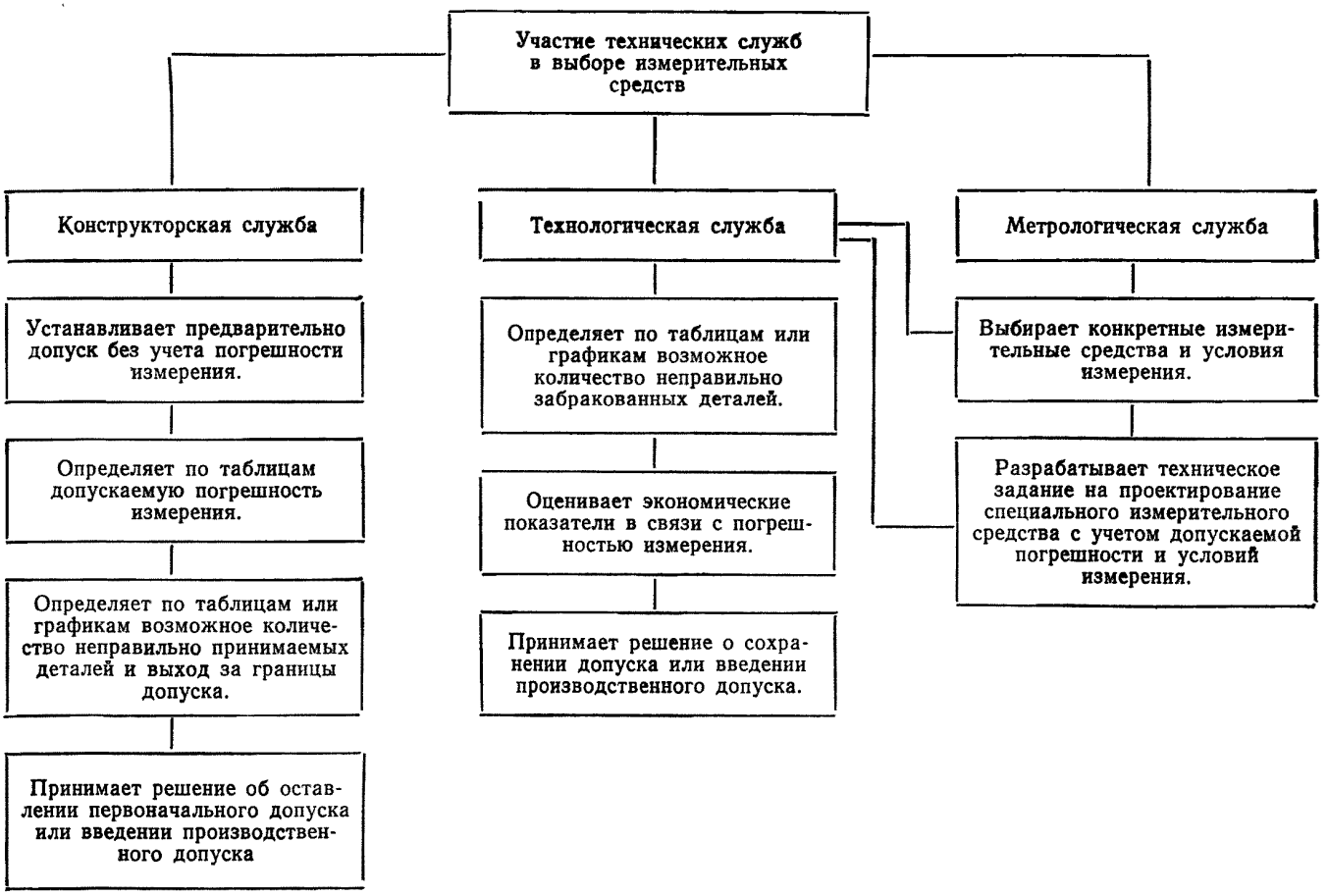
Таким образом, данные о погрешностях измерения, содержащиеся в табл. 1 и 2, учитывают не все субъективные погрешности измерения. Необходимо проводить специальные работы для оценки степени подготовки операторов к проведению измерений определенной степени точности. Это относится как к контролерам, так и к рабочим, особенно при аттестации их на повышение разряда. Можно рекомендовать проведение такой работы по методике, описанной в [9], [10].

Глава IV. ПОРЯДОК ВЫБОРА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

1. УЧАСТИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СЛУЖБ В ВЫБОРЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Принципиальное положение ГОСТ 8.051—73 в отношении выбора измерительных средств заключается в том, что при установлении приемочных границ, т. е. значений размеров, по которым проводят приемку изделий, необходимо учитывать влияние погрешности измерения. Этим самым подчеркивается, что процесс измерения является неотъемлемой частью технологического процесса изготовления и при назначении допуска на изготовление необходимо учитывать не только возможные погрешности изготовления, но и погрешности измерения.

В выборе измерительных средств должны участвовать конструкторская, технологическая и метрологическая службы в пределах выполняемых ими служебных обязанностей (черт. 3).



Черт. 3

Конструкторская служба участвует в выборе измерительных средств только правильным назначением допускаемых отклонений на размер детали. При назначении допуска на изготовление конструктор должен установить по таблице приложения 1 к ГОСТ 8.051—73 возможное предельное количество неправильно принимаемых деталей и выход размера за границы допуска у этих деталей. При этом у конструктора возможны три варианта установления приемочных границ (см. черт. 1).

В стандарте в качестве предпочтительного варианта принято установление приемочных границ без введения производственного допуска. Это означает, что следует выбрать такой класс точности или вид посадки, при котором предельные возможные значения размера удовлетворяли бы требованиям конструктора. Такой подход необходим в связи с тем, что только конструктор в полной мере может дать ответ на вопрос о возможности отклонений размеров определенной группы детали от размеров, указанных на чертеже.

Если переход на более точный класс или другой вид посадки оказывается невозможным, например, в связи с большим ужесточением требований, а следовательно, неоправданным удорожанием производства, конструктор должен принять решение о введении производственного допуска. Стандартом предусмотрено, что смещение у каждой приемочной границы не должно быть больше половины допускаемой погрешности измерения (см. черт. 1). Следовательно, меньшие смещения вполне допустимы. Наиболее предпочтительными являются смещения на величину c, т. е. на вероятный предельный выход размера за границу поля допуска у неправильно принятых деталей, определенную исходя из реального соотношения технологического рассеивания и поля допуска, а не из наиболее неблагоприятного. Для этой цели необходимо иметь представление о точности технологического процесса и определять величину c по графикам, приведенным в приложении 1 к ГОСТ 8.051—73. Эти графики даны для определения параметров разбраковки в зависимости от общего числа измеренных деталей. Поскольку при этом измеряются и действительно бракованные детали, то конструктор при пользовании этими графиками получает несколько искаженное представление о количестве неправильно принятых деталей.

В главе V настоящих методических указаний приведены графики, в которых количество неправильно принятых деталей дано в процентах от общего числа принятых и предельная величина выхода размера за границу поля допуска вычислена с процентом риска 0,27 от числа принятых деталей.

Эти данные более ясно ориентируют конструктора в отношении влияния погрешностей измерения. Таким образом, конструкторская служба дает исходные предпосылки для выбора конкретных измерительных средств, заключающиеся в том, что конструктор назначил допускаемые предельные отклонения детали и при этом согласен с отступлениями, которые могут возникнуть (но не обязательно возникнут) из-за погрешности измерения. Некоторые обоснования по выбору допуска на изготовление с учетом влияния допускаемой погрешности измерения приведены в гл. I настоящих методических указаний и в приложениях 1 и 2 к ГОСТ 8.051—73.

Технологическая служба

В обязанности технологической службы входит обеспечение наиболее экономичных технологических процессов. Для оценки технологического процесса технолог должен знать возможные количества действительного и ложного брака и руководствоваться при этом данными о технологическом распределении, допускаемой погрешности измерени и графиками, данными в приложении 1 к ГОСТ 8.051—73. Если полученные результаты можно считать удовлетворительными, то выбор измерительных средств представляется метрологической службе или тем работникам технологической службы, в чьи обязанности это входит. Если результаты получились неудовлетворительными, то для исправления положения можно смещать настройку, т. е. центр группирования технологического распределения, регулируя соотношения брака плюс и брака минус; изменять технологический процесс, уменьшая зону технологического рассеивания; повышать требования к точности измерения, сокращая процент ложного брака. Второй путь, как правило, оказывается наиболее эффективным. Подробно эти вопросы рассмотрены в [4]. Рекомендации по технико-экономическим расчетам будут приведены в гл. V.

Метрологическая служба

Метрологическая служба участвует в выборе конкретных измерительных средств с учетом условий измерения. Эта служба обязана установить, в какой мере условия измерения, указанные в табл. 1, соответствуют реально существующим, а также учесть специфические особенности производства (применяемость измерительных средств, их наличие и т. д.). Если метролог обнаружит, что рекомендуемые в табл. 1 и 2 условия измерения не могут быть созданы на существующем производстве, то он обязан оценить степень влияния несовпадающих условий и определить возможные предельные погрешности при новых условиях с использованием в частности [4], где указаны веса составляющих погрешностей измерения. Особое внимание следует обратить на ограниченную возможность изменения предельной погрешности за счет изменения некоторых составляющих. Как правило, при определении суммарной погрешности измерения учитывалось приблизительно равное влияние доминирующих составляющих погрешности измерения. Обычно за исходные данные принималась погрешность измерительного средства и подбирались погрешности, зависящие от температурных деформаций и от установочных мер, каждая из которых приблизительно равна погрешности измерительного средства.

2. ВЫБОР КОНКРЕТНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Выбрать конкретное измерительное средство можно по табл. 1 и 2 в зависимости от измеряемого размера, допуска на изготовление и допускаемой погрешности измерения по ГОСТ 8.051—73. Однако по табл. 1 и 2 трудно выявить весь комплекс измерительных средств, которые можно использовать для измерения с допускаемой погрешностью.

Для упрощения процесса выбора конкретных измерительных средств составлены табл. 4—9. В этих таблицах измерительные средства, которыми можно измерить размер при определенном допуске с допускаемой погрешностью измерения, указаны порядковыми номерами, содержащимися в табл. 1 и 2, а варианты—буквами. В левой части та блицы указаны номера рядов пределов допускаемых погрешностей измерения по ГОСТ 8.051—73, сверху указаны диапазоны измеряемых размеров, а на пересечении горизонтальных полос и вертикальных колонок указаны в виде дроби допуска на погрешность измерения и допуска на изготовление (в знаменателе), содержащиеся в табл. 1 ГОСТ 8.051—73.

Рекомендации, приведенные в табл. 4—9, не исчерпывают всех технических возможностей, которыми обладают указанные измерительные средства. Многие высокоточные приборы обладают точностными возможностями, охватывающими большой диапазон размеров при различных допусках. Однако проводить такие измерения вряд ли целесообразно. Например, имеются возможности измерять контактным интерферометром изделия грубее 1-го класса, но эту возможность не используют, поскольку это экономически неоправдано и технически нецелесообразно.

При разработке табл. 4—9 было принято условие, чтобы погрешности измерения этими средствами были равны допускаемым по ГОСТ 8.051—73или были меньше их, но не более чем в два раза.

Таким образом, если по ГОСТ 8.051—73 для какого-либо размера указана допускаемая погрешность 2 мкм, то в табл. 4—9 рекомендуются для использования только такие измерительные средства и условия измерения, когда погрешности измерения находятся в пределах 1—2 мкм. Этот критерий сугубо условный. Более точные измерительные средства или более жесткие условия измерений не рекомендуется использовать, но это не означает, что их использовать нельзя или невозможно. Как правило, если указан какой-либо режим (условия проведения измерений), то более жесткие режимы также являются годными, однако их нецелесообразно применять, поскольку достаточно провести измерения с более свободными режимами, т.е. дешевле и с меньшими трудностями.

Приведенные ограничения не распространяются на некоторые виды измерительных средств (например, простейшие измерительные средства: микрометры, скобы и т. д.), которые рекомендованы практически во всех случаях, где их можно применить даже с большим запасом точности. Особенно, когда возникла необходимость использовать всю гамму типоразмеров измерительных средств.

Общее принципиальное положение в отношении рекомендуемых конкретных измерительных средств состоит в том, что табл. 4—9 ограничивают выбор наиболее грубыми измерительными средствами и условиями измерения, обеспечивающими допускаемые погрешности измерения по ГОСТ 8.051—73. При выборе измерительных средств можно пользоваться и непосредственно табл. 1 и 2, но при этом необходимо обратить внимание не только на погрешность измерения ими в зависимости от диапазона размеров, но и на пределы измерения по шкале, которые имеются в этих измерительных средствах. Необходимо, чтобы эти пределы были не менее допуска на изготовление.

При выборе конкретного измерительного средства предпочтение следует отдавать тем из них, которые имеются в наличии. При необходимости приобретать новые средства измерения предпочтительными являются те, которые, обеспечивая необходимую точность измерения при имеющихся условиях, проще по конструкции и для которых могут быть обеспечены оптимальные условия проведения измерений. При разработке рекомендаций по выбору средств измерения внутренних размеров было сочтено нецелесообразным производить измерения грубых размеров на станковых приборах, поэтому в табл. 8 конкретные измерительные средства указаны только до 9-го ряда пределов допускаемых погрешностей измерения по ГОСТ 8.051—73, включительно.

При разработке рекомендаций в отношении накладных приборов для измерения внутренних размеров выявилась недостаточная обеспеченность измерительными средствами размеров от 1 до 6 мм и для высоких точностей (1 и 2-го рядов) и низких точностей (12—15-го рядов). Все эти ряды в настоящее время обеспечиваются контролем с помощью калибров, которые в настоящих методических указаниях не рассматриваются, но степень достоверности измерения калибрами для точных рядов весьма невысока. Грубые ряды этих размеров можно обеспечить измерением нутромерами повышенной точности (см. п. 6 табл. 2) при замене отсчетного устройства на индикатор часового типа. Однако такое измерение хотя и технически возможно, но экономически нецелесообразно. Грубые ряды пределов допускаемых погрешностей можно обеспечить измерением кромочным нутромером в виде конусной иглы, изготовлявшимся ранее ЧЗМИ.

Не обеспечены накладными средствами измерения большие размеры (св. 120 до 500 мм) в первом ряду пределов допускаемых погрешностей. Для измерений этих размеров необходима разработка специальных измерительных средств в зависимости от конфигурации детали, например, могут быть рассчитаны специальные пневматические пробки.

В ответственных случаях выбора измерительных средств особенно при проектировании и модернизации производства следует проводить технико-экономические расчеты.

Пример выбора конкретных измерительных средств

На чертеже детали в виде шайбы указано, что для размера 35 мм допускаемые отклонения составляют 0,015 мм. Поскольку не указана необходимость введения производственного допуска, то следовательно, при назначении допуска на изготовление учитывалось влияние допускаемой погрешности измерения.

В табл. 1 ГОСТ 8.051—73 для указанного размера, находящегося в диапазоне номинальных размеров 30—50 мм, допуск 0,015 мм соответствует 5-му ряду пределов допускаемых погрешностей измерения и допускаются погрешности измерения 0,0045 мм.

В зависимости от габарита изделия и требований к методу измерения следует решить вопрос о выборе станкового или накладного измерительного средства. Если требуется измерить на станковых приборах, то измерительные средства выбирают по табл. 4, а если при помощи накладных, то по табл. 5.

Выбор накладных приборов. В табл. 5 в 5-м ряду для диапазона размеров 30—50 мм находим: 23 б. В табл. 1 под № 23 указана скоба рычажная, а буква б, определяющая условия измерения означает, что настройку осуществляют по концевым мерам длины 3-го класса, а измерение проводят при температурном режиме 5°С.

Для справки по табл. 1 можно установить, что в диапазоне размеров 25—50 мм в этом случае погрешность измерения будет равна 0,004 мм.

Выбор станковых приборов. В табл. 4 в 5-м ряду для диапазона размеров 30—50 мм находим несколько цифр и букв: 5 а; 6 а; 7 а; 14 а; 29 б. По табл. 1 устанавливаем, что цифра 5 обозначает рычажно-зубчатую головку 1ИГ с ценой деления 0,001 мм, буква а определяет условия измерения. По табл. 1 находим (для справок), что погрешность измерения в диапазоне размеров 30—50 мм составляет 0,0025 мм. Цифра 6 в табл. 1 обозначает рычажно-зубчатую головку 2ИГ с ценой деления 0,002 мм и т. д. Из указанных пяти измерительных приборов выбирают тот, который имеется в наличии и который проще в применении.

Глава V. ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

ГОСТ 8.051—73 устанавливает связь между допускаемыми погрешностями на изготовление и измерение. Целесообразные соотношения между этими величинами позволяют достичь необходимой точности изделий с наименьшими затратами труда и материальных средств. С этой целью в приложении 1 к стандарту приведены таблицы, формулы и графики, позволяющие оценить влияние погрешности измерения на погрешности разбраковки, которые могут иметь место при тех или иных погрешностях измерения и в зависимости от точности технологических процессов. Погрешности разбраковки (параметры разбраковки), т. е. вероятности неправильного принятия деталей m неправильного забракования деталей n, а также вероятные предельные значения выхода за границу допуска у деталей, неправильно принятых c — характеризуют влияние погрешности измерения и экономичность принятых измерительных процессов.

Вероятностные величины параметров разбраковки, приведенные в приложении 1 к ГОСТ 8.051—73, выражены в процентах от общего количества измеренных деталей. Однако существуют некоторые задачи, когда для определения вероятностных результатов разбраковки более удобно оценивать влияние погрешности измерения в зависимости от общего количества принятых или годных деталей. Так например, для конструктора при недостаточной или неизвестной точности технологических процессов более важно знать процент неправильно принятых деталей от числа принятых (m_1), а для технолога процент неправильно забракованных годных деталей от общего числа годных (n_1). Вероятные предельные значения выхода за границу поля допусков у деталей неправильно принятых c_1 в этом случае целесообразно оценивать, пренебрегая появлением в числе принятых деталей со значениями выхода большими, чем c_1, если они составляют не более 0,27% от числа годных, а не от общего числа проверенных.

На черт. 4—9 изображены графики для определения параметров разбраковки m_1, n_1 и c_1 при приведенных выше условиях. Сопоставление графиков, изображенных в приложении 1 к ГОСТ 8.051—73, содержащих значения m, n и c, с графиками, приведенными на черт. 4—9, дает возможность определить их отличия и совпадения, а также установить возможные области их применения.

Измерение наружных размеров станковыми средствами измерения*

Таблица 4

Ряды пределов допускаемых погрешностей по ГОСТ 8.051—73	Варианты использования измерительных средств для диапазона размеров											
	1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
1	0,4 / 1,2 — 9а; 10а; 17а; 18а; 19а; 25б; 26б; 27	0,5 / 1,5 — 9а; 10а; 11а; 12б; 17а; 18а; 19а; 25б; 26б; 27	0,5 / 1,5 — 9а; 10а; 11а; 12б; 17а; 18а; 19а; 25б; 26б; 27	0,7 / 2,0 — 10а; 11а; 12б; 18а; 19а; 25б; 26б	0,8 / 2,5 — 10а; 11а; 12б; 18а; 19а; 25б; 26б	0,8 / 2,5 — 10а; 11а; 12б; 18а; 19а; 25б; 26б	1,0 / 3,0 — 11а; 12а; 19а; 25а; 26а	1,4 / 4,0 — 11а; 12а; 19а; 25а; 26а	1,7 / 5,0 — 12а; 25а; 26а	2,4 / 7,0 — 26а	2,8 / 8,0 — 26а	3,5 / 10,0 — 26а
2	0,7 / 2,0 — 11а; 12б; 25б; 26б	0,8 / 2,5 — 11а; 12б; 25б; 26б	0,8 / 2,5 — 11а; 12б; 25б; 26б	1,0 / 3,0 — 5б; 11а; 12а; 19а; 25а; 26а; 30	1,4 / 4,0 — 5б; 12а; 25а; 26а	1,4 / 4,0 — 5б; 12а; 25а; 26а	1,7 / 5,0 — 5б; 12а; 16а; 25а; 26а; 30; 31б	2,0 / 6,0 — 5б; 6б; 7б; 8б; 12а; 13а; 16а; 25а; 26а; 30; 31б	2,8 / 8,0 — 6б; 7б; 8б; 13а; 16а; 31б	3,5 / 10,0 — 16а; 30; 31б	4,0 / 12,0 — 16а; 31б	5,0 / 15,0 — 16а; 31б
3	1,0 / 3,0 — 5б; 6б; 11а; 13а; 16б; 25а; 26а; 30	1,4 / 4,0 — 5б; 6б; 13а; 25а; 26а; 30	1,4 / 4,0 — 5б; 6б; 12а; 13а; 25а; 26а; 30	1,7 / 5,0 — 5б; 6б; 12а; 16а; 25а; 26а; 30; 31б	2,0 / 6,0 — 5б; 6б; 7б; 8б; 12а; 13а; 16а; 25а; 26а; 30; 31а	2,4 / 7,0 — 6б; 7б; 8б; 13а; 16а; 30; 31а	2,8 / 8,0 — 5а; 6б; 7б; 8б; 13а; 16а; 30; 31а	3,5 / 10,0 — 5а; 6б; 7б; 8б; 13а; 16а; 30; 31а	4,0 / 12,0 — 5а; 6б; 7б; 8б; 13а; 16а; 30	4,5 / 14,0 — 5а; 16а; 30	5,5 / 16,0 — 16а; 30	7,0 / 20,0 — 16а; 30
4	1,4 / 4,0 — 5б; 6б; 13а; 16б; 25а; 26а; 30	1,7 / 5,0 — 5б; 6б; 7б; 8б; 13а; 16а; 25а; 26а; 30; 31а	2,0 / 6,0 — 5б; 6б; 7б; 8б; 12а; 13а; 16а; 25а; 26а; 30; 31а	2,8 / 8,0 — 5а; 6б; 7б; 8б; 13а; 16а; 31а	3,0 / 9,0 — 5а; 6б; 7б; 13а; 14а; 30; 31а	4,0 / 11,0 — 5а; 6а; 7а; 13а; 14а	4,5 / 13,0 — 5а; 6а; 7а; 14а	5,0 / 15,0 — 5а; 6а; 7а; 14а; 15а; 31а	6,0 / 18,0 — 5а; 6а; 7а; 14а; 15а; 30	7,0 / 20,0 — 5а; 30	8,0 / 23,0 — 30	9,0 / 27,0 — 16а; 30
5	1,8 / 6,0 — 5б; 6б; 7б; 8; 13а; 16а; 25а; 26а; 30; 31а	2,5 / 8,0 — 5а; 7б; 8б; 16а; 31а	2,5 / 9,0 — 5а; 7а; 16а; 31а	3,0 / 11,0 — 5а; 6б; 7б; 13а; 14а; 16а; 31а	4,0 / 13,0 — 5а; 6а; 7а; 8а; 13а; 14а; 29; 31а	4,5 / 15,0 — 5а; 6а; 7а; 8а; 14а; 29	5,5 / 18,0 — 6а; 7а; 8а; 14а; 15а; 28; 29	6,0 / 21,0 — 6а; 7а; 8а; 14а; 15; 29	7,0 / 14,0 — 6а; 7а; 8а; 14а; 15а; 29	8,0 / 27,0 — 6а; 15а; 29	9,0 / 30,0 — 30	11,0 / 35,0 — 30
6	3,0 / 10,0 — 5а; 6а; 14а; 16а; 29; 31а	4,0 / 13,0 — 5а; 6а; 7а; 14а; 29	5,0 / 16,0 — 3в; 6а; 7а; 14а; 15а; 28; 29; 33в	6,0 / 16,0 — 3в; 6а; 7а; 14а; 15а; 28; 29; 33в	7,0 / 23,0 — 6а; 7а; 15а; 28; 29; 33в	8,0 / 27,0 — 6а; 7а; 15а; 28; 29	9,0 / 30,0 — 15а; 28; 29	11,0 / 25,0 — 3б; 28; 29; 33б	12,0 / 40,0 — 3б; 28; 29а; 33б	13,0 / 45,0 — 3б; 29; 33б	15,0 / 50,0 — 3б; 33б	18,0 / 60,0 — 3б; 33б

* Станковыми называются средства измерения, когда измеряемая деталь располагается на измерительном средстве.

В табл. 4 в виде дроби указаны допуск на изготовление (знаменатель) и допускаемая погрешность измерения (числитель), из табл. 1 ГОСТ 8.051—73. Остальные цифры условно обозначают измерительные средства, содержащиеся в табл. 1 настоящих методических указаний, буквы указывают варианты использования этих средств, из табл. 1.

Продолжение табл. 4

Ряды пределов допускаемых погрешностей по ГОСТ 8.051—73	Варианты использования измерительных средств для диапазона размеров											
	1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
7	3,5 / 14 — 5а; 6а; 14а; 29	4,5 / 18 — 5а; 6а; 7а; 14а; 29	5,5 / 22 — 3в; 6а; 7а; 14а; 15а; 28; 29; 32г; 33в	7,0 / 27 — 3б; 6а; 7а; 15а; 28; 29; 32г; 33в	8,0 / 33 — 6а; 7а; 15а; 28; 29; 32г; 33в	10,0 / 39 — 3б; 15а; 28; 29; 32б; 33б	11,0 / 46 — 3б; 29; 33б	13,0 / 54 — 3б; 28; 29; 33б	16,0 / 63 — 3б; 28; 29; 33б	18,0 / 73 — 3б; 29	20,0 / 84 — 3б; 29	25,0 / 95 — 3б; 29
8	5 / 20 — 3в; 6а; 7а; 14а; 15а; 28; 29; 32в; 33в	6 / 25 — 3а; 6а; 7а; 14а; 15а; 28; 29; 32в; 33в	7 / 30 — 3в; 6а; 15а; 28; 32в; 33в	8 / 35 — 3в; 6а; 15а; 28; 32в; 33в	11 / 45 — 3б; 32в; 33б	12 / 50 — 3б; 32в; 33б	15 / 60 — 3б; 33б	17 / 70 — 3б; 28; 33б	20 / 80 — 3б; 28; 33б	20 / 90 — 3б; 29	25 / 100 — 3б; 29	30 / 120 — 3б; 29
9	6 / 33 — 3в; 6а; 7а; 14а; 15а; 28; 29; 32в; 33в	8 / 40 — 3в; 6а; 15а; 28; 32в; 33в	10 / 50 — 3в; 15а; 28; 32в; 33в	12 / 60 — 3б; 32б; 33в	14 / 70 — 3б; 32б; 33в	15 / 85 — 3б; 32в; 33а	20 / 100 — 3а; 33а	20 / 115 — 3а; 33а	25 / 150 — 3а	30 / 150 — 3а	35 / 170 — 3а	40 / 190 — 3а
10	8 / 40 — 3в; 6а; 15а; 28; 32в; 33в	10 / 48 — 3б; 32б; 33б	12 / 58 — 3б; 32б; 33б	15 / 70 — 3б; 32б; 33а	15 / 84 — 3б; 32б; 33а	20 / 100 — 3а; 32а; 33а	25 / 120 — 3а; 33а	30 / 140 — 3а; 33а	30 / 160 — 3а; 33а	40 / 185 — 3а	40 / 215 — 3а	50 / 250 — 3а
11	12 / 60 — 3б; 32б; 33б	15 / 80 — 3б; 32а; 33а	20 / 100 — 3а; 32а; 33а	25 / 120 — 3а; 32а; 33а	30 / 140 — 3а; 32а; 33а	30 / 170 — 3а; 32а; 33а	40 / 200 — 3а; 33а	40 / 230 — 3а; 33а	50 / 260 — 3а	60 / 300 — 3а	70 / 340 — 3а	70 / 380 — 3а
12	25 / 120 — 3а; 32а; 33а	30 / 160 — 3а; 32а; 33а	40 / 200 — 3а; 32а; 33а	50 / 240 — 3а; 32а; 33а	60 / 280 — 3а; 32а; 33а	60 / 340 — 3а; 32а; 33а	80 / 400 — 3а; 33а	90 / 460 — 3а; 33а	100 / 530 — 3а	120 / 600 — 3а	140 / 680 — 3а	150 / 760 — 3а

Измерения наружных размеров накладными средствами измерения*

Таблица 5

Ряды пределов допускаемых погрешностей по ГОСТ 8.051—73	Варианты использования измерительных средств для диапазона размеров											
	1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
1	0,4 / 1,2 22д	0,5 / 1,5 22д	0,5 / 1,5 22д	0,7 / 2 22г	0,8 / 2,5 22г	0,8 / 2,5 22г	1,0 / 3,0 22д	1,4 / 4,0 22д	1,7 / 5,0 22д	2,4 / 7,0 22д	2,8 / 8,0 22г	3,5 / 10,0 22г
2	0,7 / 2 22г	0,8 / 2,5 22г	0,8 / 2,5 22г	1,0 / 3,0 22г	1,4 / 4,0 22г	1,4 / 4,0 22г	1,7 / 5,0 22г	2,0 / 6,0 22г	2,8 / 8,0 22г	3,5 / 10,0 22г	4,0 / 12,0 22г	5,0 / 15,0 22г
3	1,0 / 3 22г	1,4 / 4 22в	1,4 / 4 22г	1,7 / 5 22г	2,0 / 6 22г; 23в	2,4 / 7 22в; 23в	2,8 / 8 22г	3,5 / 10 22г	4,0 / 12 22г	4,5 / 14 22г	5,5 / 16 22г	7,0 / 20 22г
4	1,4 / 4 22г	1,7 / 5 22г	2,0 / 6 22в; 23в	2,8 / 8 22в; 23в	3,0 / 9 22в; 23в	4,0 / 11 22в; 23в	4,5 / 13 22г; 23в	5,0 / 15 22в; 23в	6,0 / 18 22в; 23в	7,0 / 20 22в	8,0 / 23 22в	9,0 / 27 22в
5	1,8 / 6 22г	2,5 / 8 22в; 23в	2,5 / 9 22в; 23в	3,0 / 11 22в; 23в	4,0 / 13 22в; 23б	4,5 / 15 22в; 23б	5,5 / 18 22б; 23б	6,0 / 21 22в; 23в	7,0 / 24 22в; 23в	8,0 / 27 22в	9,0 / 30 22б	11,0 / 35 22б; 24б
6	3 / 10 22б; 23в	4 / 13 22а; 23в	5 / 16 21а; 22а; 23а	6 / 19 21а; 22а; 23а	7 / 23 21б; 22а; 23а	8 / 27 21б; 22а; 23а	9 / 30 22б; 23б	11 / 35 21б; 22б; 23б; 24б	12 / 40 21б; 22б; 23б; 24б	13 / 40 21б; 22б; 24б	15 / 50 21б; 22б; 24б	18 / 60 22б; 24б

* Накладным называется средство измерения, когда при измерении оно располагается на измеряемой детали. В таблице 5 в виде дроби указаны допуск на изготовление (знаменатель) и допускаемая погрешность измерения (числитель) из табл. 1. ГОСТ 8.051—73. Остальные цифры условно обозначают измерительные средства, содержащиеся в таблице 1 настоящим методических указаний, буквы указывают варианты использования этих измерительных средств из табл. 1.

Продолжение табл. 5

Ряды пределов допускаемых погрешностей по ГОСТ 8.051—73	Варианты использования измерительных средств для диапазона размеров											
	1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
7	3,5 / 14 / 22б; 23в	4,5 / 18 / 22а; 23а	5,5 / 22 / 21а; 22а; 23а	7,0 / 27 / 21а; 22а; 23а	8,0 / 33 / 21б; 22а; 23а	10,0 / 39 / 21а; 22а; 23а; 24б	11,0 / 46 / 21б; 22а; 23а; 24б	13,0 / 54 / 21б; 22б; 23б; 24б	16,0 / 63 / 21б; 22б; 23б; 24б	18,0 / 73 / 21б; 22б; 24б	20,0 / 84 / 21б; 22б; 24б	25,0 / 95 / 21б
8	5 / 20 / 21а; 22а; 23а	6 / 25 / 21а; 22а; 23а	7 / 30 / 21а; 22а; 23а	8 / 35 / 23а; 21а	11 / 45 / 21а; 22а; 24б	12 / 50 / 22а; 21а; 24б	15 / 60 / 21а; 22а; 23а; 24б	17 / 70 / 21а; 22а; 23б; 24б	20 / 80 / 21а; 22а; 23б; 24а	20 / 90 / 21б; 22б; 24б	25 / 100 / 21б; 22б	30 / 120 / 21б; 22б
9	6 / 33 / 21а; 22а; 23а	8 / 40 / 21а; 22а; 23а	10 / 50 / 21а; 24б	12 / 60 / 21а; 24б	14 / 70 / 21а; 24б	15 / 85 / 21а; 24б	20 / 100 / 21а; 22а; 23а; 24а	20 / 115 / 21а; 22а; 23а; 24а	25 / 135 / 21а; 22а; 23а; 24а	30 / 135 / 11а; 22а	35 / 170 / 21а; 22б	40 / 190 / 21б; 22б
10	8 / 40 / 21а; 22а; 23а	10 / 48 / 21а; 24б	12 / 58 / 21а; 24б	15 / 70 / 21а; 24а	15 / 84 / 21а; 24а	20 / 100 / 21а; 24а	25 / 120 / 21а; 24а	30 / 140 / 21а; 22а; 23а; 24а	30 / 160 / 21а; 22а; 23а; 24а	40 / 185 / 21а; 22а; 24а	40 / 218 / 21а; 22а	50 / 250 / 21а; 22а
11	12 / 60 / 21а; 24б	15 / 80 / 21а; 24б	20 / 100 / 21а; 24б	25 / 120 / 21а; 24б	30 / 140 / 21а; 24б	30 / 170 / 21а; 24б	40 / 200 / 21а; 24б	40 / 230 / 21а; 23а; 24а	50 / 260 / 21а; 24а	60 / 300 / 21а; 22а; 24а	70 / 340 / 21а; 22а; 24а	70 / 380 / 21а; 22а; 24а
12	25 / 120 / 21а; 24а	30 / 160 / 21а; 24а	40 / 200 / 21а; 24а	50 / 240 / 21в; 24а	60 / 280 / 21а 24а	60 / 340 / 21а; 24а	80 / 400 / 21а; 24а	90 / 460 / 21а; 24а	100 / 530 / 1	120 / 600 / 1	140 / 680 / 1	150 / 760 / 1
13	50 / 250 / 21а	60 / 300 / 21а	70 / 360 / 21а	80 / 430 / 1	100 / 520 / 1	120 / 620 / 1	150 / 740 / 1	170 / 870 / 1	200 / 1000 / 1,2	200 / 1150 / 1,2	250 / 1350 / 2	300 / 1500 / 2
14	80 / 400 / 1	100 / 480 / 1	100 / 580 / 1	150 / 780 / 1,2	150 / 840 / 1,2	200 / 1000 / 1,2	250 / 1200 / 2	250 / 1400 / 2	300 / 1600 / 2	400 / 1900 / 2	400 / 2200 / 2	500 / 2500 / 2
15	120 / 600 / 1	150 / 750 / 1,2	200 / 900 / 1,2	200 / 1100 / 1,2	250 / 1300 / 2	300 / 1600 / 2	400 / 1900 / 2	400 / 2200 / 2	500 / 2500 / 2	600 / 2900 / 2	600 / 3300 / 2	700 / 3800 / 2

Таблица 6

Измерения биений поверхностей*

Ряды пределов допускаемых погрешностей по ГОСТ 8.051—73	Варианты использования измерительных средств для диапазона размеров											
	1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
1	0,4 / 1,2 10б; 11б	0,5 / 1,5 11б; 12в; 16г; 19б	0,5 / 1,5 11б; 12в; 16г; 19б	0,7 / 2 12в; 16г; 19б	0,8 / 2,5 12в; 16г; 19б	0,8 / 2,5 12в; 16г; 19б	1,0 / 3,0 12в; 13; 16в; 19б	1,4 / 4,0 13б; 16в	1,7 / 5,0 13б; 16в	2,4 / 7,0 16в	2,8 / 8,0 16в	3,5 / 10,0 16в
2	0,7 / 2 12в; 16г; 19б	0,8 / 2,5 12в; 16г; 19б	0,8 / 2,5 12в; 16г; 19б	1,0 / 3,0 12в; 13б; 16в; 19б	1,4 / 4,0 13в; 16в	1,4 / 4,0 13б; 16в	1,7 / 5,0 5в; 13б; 16в	2,0 / 6,0 13б; 16в	2,8 / 8,0 5в; 7г; 16в	3,5 / 10,0 5в; 16в	4,0 / 12,0 16в	5,0 / 15,0 16в
3	1,0 / 3 12в; 13б; 16в; 19б	1,4 / 4 13б; 16в	1,4 / 4 13б; 16в	1,7 / 5 5в; 13б; 16в	2,0 / 6 5в; 13б; 16в	2,4 / 7 5в	2,8 / 8 5в; 7г	3,5 / 10 5в; 7г	4,0 / 12 5в; 7г; 8г; 14б	4,5 / 14 5в; 16в	5,5 / 16 4в; 16в	7,0 / 20 16в
4	1,4 / 4 13б; 16в	1,7 / 5 5в; 13б; 16в	2,0 / 6 5в; 13б; 16в	2,8 / 8 5в; 7г	3,0 / 9 5в; 7г; 14б	4,0 / 11 7г; 8г; 14б	4,5 / 13 7г; 8г; 14б	5,0 / 15 3е; 4в; 5в; 7г; 8г; 14б; 15б	6,0 / 18 3е; 4в; 8г; 14б; 15б; 16в	7,0 / 20 3е; 4в; 16в	8,0 / 23 4в; 16в	9,0 / 27 4в; 16в
5	1,8 / 6 5в; 13б; 16в	2,5 / 8 5в; 7г	2,5 / 9 5в; 7г	3,0 / 11 5в; 7г; 14б	4,0 / 13 7г; 8г; 14б	4,5 / 15 7г; 8г; 14б	5,5 / 18 3е; 4в; 7в; 8г; 14б; 15б	6,0 / 21 3е; 4в; 7в; 8г; 14б; 15б	7,0 / 24 3е; 4в; 7в; 8г; 15б	8,0 / 27 3е; 4в; 7в	9,0 / 30 4в; 16в	11,0 / 35 3д; 4б; 16в
6	3 / 10 5в; 14б	4 / 13 8г; 14б	5 / 16 3е; 4в; 7в; 8г; 14б; 15в	6 / 19 3е; 4в; 7в; 8г; 14б; 15б	7 / 23 3е; 4в; 7в; 8г; 15б	8 / 27 3е; 4в; 7в; 8в; 15б	9 / 30 3е; 4в; 7в; 8в; 15б	11 / 35 3д; 4б; 7в; 8в	12 / 40 3д; 4б; 7в; 8в	13 / 40 3д; 4б; 8в	15 / 50 3д; 4а	18 / 60 3д
7	3,5 / 14 14б	4,5 / 18 8г; 14б	5,5 / 22 3е; 4в; 7в; 8г; 14б	7,0 / 27 3е; 4в; 7в; 8г; 15б	8,0 / 33 3е; 4в; 7в; 8в; 15б	10,0 / 39 3д; 4б; 7в; 8в; 15б	11,0 / 46 3д; 4б; 8в	13,0 / 54 3д; 4б; 8в	16,0 / 63 3г; 4а; 8в	18,0 / 73 3г; 4а; 8в	20,0 / 84 3г; 4а	25,0 / 95 3г; 4а

* В табл. 6 в виде дроби указан допуск на изготовление (знаменатель) и допускаемая погрешность измерения (числитель) из табл. 1 ГОСТ 8.051—73. Остальные цифры условно обозначают измерительные средства, содержащиеся в табл. 1 настоящих методических указаний, буквы указывают варианты использования этих средств из табл. 1.

Продолжение табл. 6

Ряды пределов допускаемых погрешностей по ГОСТ 8.051—73	Варианты использования измерительных средств для диапазона размеров											
	1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
8	5/20 3е; 4в; 7в; 8г; 14б	6/25 3е; 4в; 7в; 8г; 14б; 15б	7/30 3е; 4в; 7в; 8г; 15б	8/35 3е; 4в; 7в; 8в; 15б	11/45 3д; 4б; 8в	12/50 3д; 4б; 8в	15/60 3г; 4а; 8в	17/70 3г; 4а	20/80 3г; 4а	20/90 3г; 4а	25/100 3г; 4а	30/120 3г; 4а
9	6/33 3е; 4а; 7в; 8г; 14б	8/40 3е; 4б; 7в; 8в; 15б	10/50 3д; 4б; 7в; 8в; 15б	12/60 3д; 4б; 8в	14/70 3д; 4б; 8в	15/85 3г; 4а; 8в	20/100 3г; 4а	20/115 3г; 4а	25/135 3г; 4а	30/135 3г; 4а	35/170 3г; 4а	40/190 3г; 4а
10	8/40 3е; 4б; 7в; 8в; 15б	10/48 3д; 4б; 7в; 8в; 15б	12/58 3д; ;4б; 8в	15/70 3г; 4а; 8в	15/84 3г; 4а; 8в	20/100 3г; 4а	25/120 3г; 4а	30/140 3г; 4а	30/160 3г; 4а	40/185 3г; 4а	40/215 3г; 4а	50/250 3г; 4а
11	12/60 3д; 4б; 8в	15/80 3г; 4а; 8в	20/100 3г; 4а	25/120 3г; 4а	30/140 3г; 4а	30/170 3г; 4а	40/200 3г; 4а	40/230 3г; 4а	50/260 3г; 4а	60/300 3г; 4а	70/340 3г; 4а	70/380 3г; 4а
12	25/120 3г; 4а	30/160 3г; 4а	40/200 3г; 4а	50/240 3г; 4а	60/280 3г; 4а	60/340 3г; 4а	80/400 3г; 4а	90/460 3г; 4а	100/530 3г; 4а	120/600 3г; 4а	140/680 3г; 4а	150/760 3г
13	50/250 3г; 4а	60/300 3г; 4а	70/300 3г; 4а	80/430 3г; 4а	100/520 3г; 4а	120/620 3г; 4а	150/740 3г	170/870 3г	200/1000 3г	200/1150 3г	250/1350 3г	300/1550 3г
14	80/400 3г; 4а	100/480 3г; 4а	100/580 3г; 4а	150/700 3г; 4а	150/840 3г	200/1000 3г	250/1200 3г	250/1400 3г	300/1600 3г	400/1900 3г	400/2200 3г	500/2500 3г
15	120/600 3г; 4а	150/750 3г; 4а	200/900 3г	200/1100 3г	250/1300 3г	300/1600 3г	400/1900 3г	400/2200 3г	500/2500 3г	600/2900 3г	600/3300 3г	700/3800 3г

Таблица 7

Измерение глубин (уступов)*

Ряды пределов допускаемых погрешностей измерения по ГОСТ 8.051—73	Варианты использования измерительных средств для диапазонов размеров							
	1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм
1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0,7 / 2,0	0,8 / 2,5	0,8 / 2,5	1,0 / 3,0	1,4 / 4,0	1,4 / 4,0	1,7 / 5,0	2,0 / 6,0
	38б	38б	38б	38б	38б	38б	38б	38б
3	1,0 / 3	1,4 / 4	1,4 / 4	1,7 / 5	2,0 / 6	2,4 / 7	2,8 / 8	3,5 / 10
	38б	38б	38а	38а	38а	38а	38а	38
4	1,4 / 4	1,7 / 5	2,0 / 6	2,8 / 8	3,0 / 9	4,0 / 11	4,5 / 13	5,0 / 15
	38а	38а	38а	38а	38а	38а	38а	36в; 37в
5	1,8 / 6	2,5 / 8	2,5 / 9	3,0 / 11	4,0 / 13	4,5 / 15	5,5 / 18	6,0 / 21
	38а	38а	38а	38а	38а	38а	36в; 37в	36в; 37в
6	3 / 10	4 / 13	5 / 16	6 / 16	7 / 23	8 / 27	9 / 30	11 / 35
	38а	38а	36в; 37в	36в; 37в	36в; 37в	36в; 37в	36в; 37в	36б; 37б
7	3,5 / 14	4,5 / 18	5,5 / 22	7,0 / 27	8,0 / 33	10,0 / 39	11,0 / 46	13,0 / 54
	38а	38а	36б; 37б	36б; 37б	36б; 37б	36б; 37б	36б; 37б	36б; 37б
8	5 / 20	6 / 25	7 / 30	8 / 35	11 / 45	12 / 50	15 / 60	17 / 70
	36б; 37б	36б; 37б	36б; 37б	36б; 37б	36б; 37б	36б; 37б	36б; 37б	36б; 37б
9	6 / 33	8 / 40	10 / 50	12 / 60	14 / 70	15 / 85	20 / 100	20 / 115
	36а; 37б	36а; 37б	36а; 37б	36а; 37б	36б; 37б	36б; 37б	36а; 37а	36а; 37а
10	8 / 40	10 / 48	12 / 58	15 / 70	15 / 84	20 / 100	25 / 120	30 / 140
	36а; 37б	36а; 37б	36а; 37б	36а; 37б	36б; 37б	36а ; 37а	36а; 37а	36а; 37а
11	12 / 60	15 / 80	20 / 100	25 / 120	30 / 140	30 / 170	40 / 200	40 / 230
	36а; 37б	36а; 37б	36а; 37а	36а; 37а	36а; 37а	36а; 37а	36а; 37а	36а; 37а

* В табл. 7 в виде дроби указаны допуск на изготовление (знаменатель) и допускаемая погрешность измерения (числитель) из табл. 1 ГОСТ 8.051—73. Остальные цифры условно обозначают измерительные средства, содержащиеся в табл. 1 настоящих методических указаний, а буквы указывают варианты использования этих средств из табл. 1.

Продолжение табл. 7

Ряды пределов допускаемых погрешностей измерения по ГОСТ 8.051—73	Варианты использования измерительных средств для диапазонов размеров											
	1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
12	25 120 37а	30 160 37а	40 200 37а	50 240 37а	60 280 37а	60 340 37а	80 400 37а	90 460 37а	—	—	—	—
13	50 250 37а	60 300 37а	70 360 37а	80 430 37а	100 520 34	120 620 34	150 740 34	170 870 34	200 1000 34	200 1150 34	250 1350 34	300 1550 35
14	80 400 37а	100 480 34	100 580 34	150 700 34	150 840 34	200 1000 34	250 1200 34	250 1400 34	300 1600 34; 35	400 1900 35	400 2200 35	500 2500 35
15	120 600 34	150 750 34	200 900 34; 35	200 1100 34; 35	250 1300 35	300 1000 35	400 1900 35	400 2200 35	500 2500 35	600 2900 35	600 3300 35	700 3800 35

Измерения внутренних размеров на станковых средствах измерения*

Таблица 8

Ряды пределов допускаемых погрешностей измерения по ГОСТ 8.051—73	Варианты использования измерительных средств для диапазонов размеров											
	1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
1	0,4 1,2 12	0,5 1,5 11	0,5 1,5 11	0,7 2,0 11	0,8 2,5 11	0,8 2,5 11	1,0 3,0 11	1,4 4,0 11	1,7 5,0 11	2,4 7,0 11	2,8 8,0 —	3,5 10,0 —
2	0,7 2,0 12	0,8 2,5 11	0,8 2,5 11	1,0 3,0 11	1,4 4,0 11	1,4 4,0 11	1,7 5,0 7б 11	2,5 6,0 7б	2,8 8,0 7б	3,5 10,0 7б	4,0 12,0 7б	5,0 15,0 7б
3	1,0 3 12	1,4 4 11	1,4 4 11	1,7 5 7а 11	2,0 6 7а	2,4 7 7а	2,8 8 7а	3,5 10 7а	4,0 12 7б	4,5 14 7б	5,5 16 7б	7,0 20 7б
4	1,4 4 12	1,7 5 11	2,0 6 11	2,8 8 7а 11	3,0 9 7а	4,0 11 7а	4,5 13 7а	5,0 15 7а	6,0 18 7а	7,0 20 7а	8,0 23 7а	9,0 27 7а

* Станковыми называются средства измерения, когда измеряемая деталь располагается на измерительном средстве. В табл. 8 в виде дроби указаны допуски на изготовления (знаменатель) и допускаемая погрешность измерения (числитель) из табл. 1 ГОСТ 8.051—73. Остальные цифры условно обозначают измерительные средства, содержащиеся в табл. 2 настоящих методических указаний, буквы указывают варианты использования этих средств из табл. 2.

Продолжение табл. 8

Ряды пределов допускаемых погрешностей измерения по ГОСТ 8.051—73	Варианты использования измерительных средств для диапазонов размеров											
	1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
5	1,8 / 6 / 12	2,5 / 8 / 11	2,5 / 9 / 11	3,0 / 11 / 7а 11	4,0 / 13 / 7а	4,5 / 15 / 7а	5,5 / 18 / 7а	6,0 / 21 / 7а	7,0 / 24 / 7а 10	8,0 / 27 / 7а 10	9,0 / 30 / 7а	11,0 / 35 / 7а
6	3 / 10 / 12	4 / 13 / 11	5 / 16 / 10	6 / 19 / 10	7 / 23 / 10	8 / 27 / 10	9 / 30 / 10	11 / 35 / 9; 10	12 / 40 / 9; 10	13 / 45 / 10 7а	15 / 50 / 7а	18 / 60 / 7а
7	3,5 / 14 / 12	4,5 / 18 / 10	5,5 / 22 / 10	7,0 / 27 / 9; 10	8,0 / 33 / 10	10,0 / 39 / 9; 10	12,0 / 46 / 9; 10	13,0 / 54 / 9; 10	16,0 / 63 / 9; 10	18 / 73 / 10; 7а	20,0 / 84 / 7а	25,0 / 95 / 7а
8	5 / 20 / 12	6 / 25 / 10	7 / 30 / 9; 10	8 / 35 / 9; 10	11 / 45 / 9; 10	12 / 50 / 9; 10	15 / 60 / 9; 10	17 / 70 / 9; 10	20 / 80 / 9; 10	20 / 90 / 10; 7а	25 / 100 / 7а	30 / 120 / 7а
9	6 / 33 / 10	8 / 40 / 9; 10	10 / 50 / 9; 10	12 / 60 / 9; 10	14 / 70 / 9; 10	15 / 85 / 9; 10	20 / 100 / 9; 10	20 / 115 / 9; 10	25 / 135 / 9; 10	30 / 150 / 10; 7а	35 / 170 / 7а	40 / 190 / 7а

Измерения внутренних размеров накладными средствами измерения*

Таблица 9

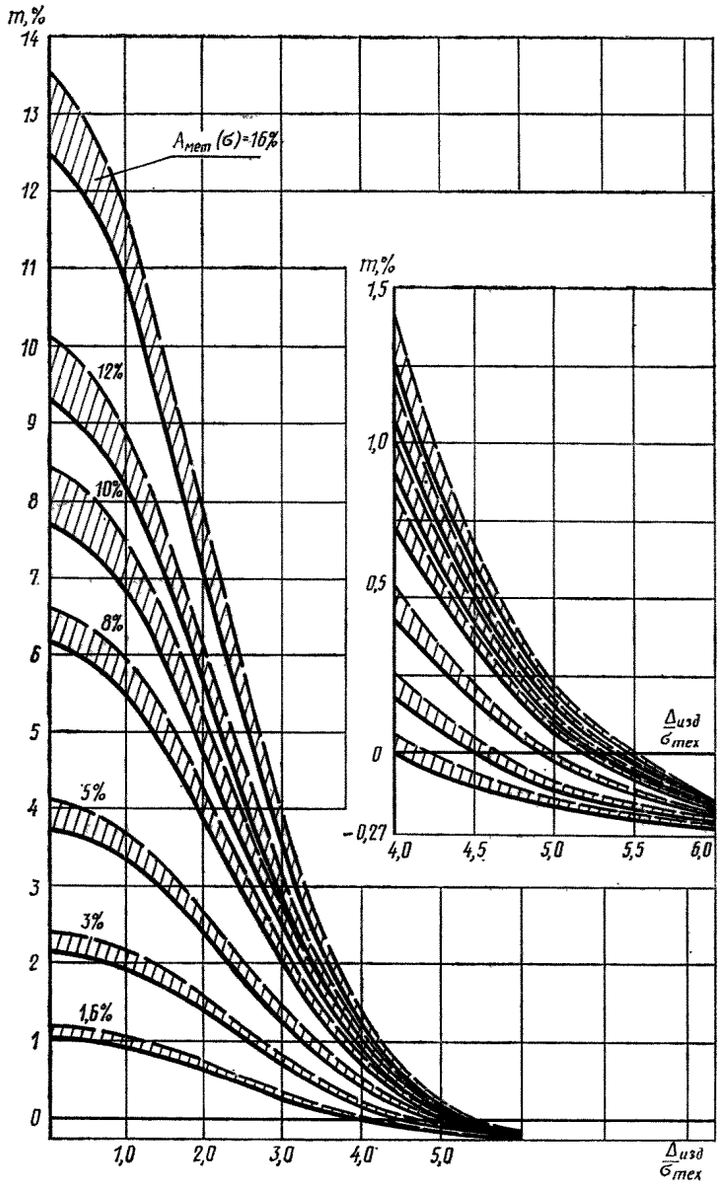
Ряды пределов допускаемых погрешностей измерения по ГОСТ 8.051—73	Варианты использования измерительных средств для диапазонов размеров											
	1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
1	0,4 / 1,2 / —	0,5 / 1,5 / —	0,5 / 1,5 / 8д	0,7 / 2,0 / 8д	0,8 / 2,5 / 8д	0,8 / 2,5 / 8д	1,0 / 3,0 / 8д	1,4 / 4,0 / 8д	1,7 / 5,0 / —	2,4 / 7,0 / —	2,8 / 8,0 / —	3,5 / 10,0 / —
2	0,7 / 2,0 / —	0,8 / 2,5 / 8д	0,8 / 2,5 / 8д	1,0 / 3,0 / 8д	1,4 / 4,0 / 8д	1,4 / 4,0 / 8д	1,7 / 5,0 / 8д	2,0 / 6,0 / 6г	2,8 / 8,0 / 6д	3,5 / 10,0 / 6г	4,0 / 12,0 / —	5,0 / 15,0 / —
3	1,0 / 3 / 8д	1,4 / 4 / 8д	1,4 / 4 / 8д	1,7 / 5 / 6в; 8а	2,0 / 6 / 8а	2,4 / 7 / 6в; 8а	2,8 / 8 / 6г; 8а	3,5 / 10 / 6г; 8а	4,0 / 12 / 6г	4,5 / 14 / 6г	5,5 / 16 / —	7,0 / 20 / —

* Накладными называются средства измерения, когда при измерении они располагаются на измеряемой детали. В табл. 9 в виде дроби указан допуск на изготовление (знаменатель) и допускаемая погрешность измерения (числитель) из табл. 1 ГОСТ 8.051—73. Остальные цифры условно обозначают измерительные средства, содержащиеся в табл. 1 настоящих методических указаний, буквы указывают варианты использования этих измерительных средств из табл. 2.

Продолжение табл. 9

Ряды пределов допускаемых погрешностей измерения по ГОСТ 8.051—73	Варианты использования измерительных средств для диапазонов размеров											
	1—3 мм	3—6 мм	6—10 мм	10—18 мм	18—30 мм	30—50 мм	50—80 мм	80—120 мм	120—180 мм	180—260 мм	260—360 мм	360—500 мм
4	1,4 / 4 / 8д	1,7 / 5 / 6в; 8а	2,0 / 6 / 6б; 8а	2,8 / 8 / 5б; 6б; 8а	3,0 / 9 / 6в; 8а	4,0 / 11 / 5б; 6б; 8а	4,5 / 13 / 5б; 8а	5,0 / 15 / 5б; 8а	6,0 / 18 / 6г	7,0 / 20 / 5б	8,0 / 23 / —	9,0 / 27 / 5б
5	1,8 / 6 / 8д	2,5 / 8 / 6б; 8а	2,5 / 9 / 6б; 8а	3,0 / 11 / 5б; 6б; 8б	4,0 / 13 / 5б; 6б; 8б	4,5 / 15 / 5б; 6б; 8б	5,5 / 18 / 5б; 8б	6,0 / 21 / 5б; 8б	7,0 / 24 / 5б	8,0 / 27 / 5б	9,0 / 30 / 5б	11,0 / 35 / 5а
6	3 / 10 / 8д	4 / 13 / 5б; 6а; 8б	5 / 16 / 4в; 5а; 6а; 8г	6 / 19 / 4в; 5а; 6а; 8г	7 / 23 / 4в; 5а; 6а; 8г	8 / 27 / 4в; 5а; 6а; 8г	9 / 30 / 5а; 8г	11 / 35 / 4в; 5а	12 / 40 / 4в; 5а	13 / 45 / 5а	15 / 50 / 5а	18 / 60 / 5а
7	3,5 / 14 / 8д	4,5 / 18 / 5а; 6а; 8б	5,5 / 22 / 4в; 5а; 6а; 8г	7,0 / 27 / 4в; 5а; 6а; 8г	8,0 / 33 / 4в; 5а; 6а; 8г	10,0 / 39 / 4в; 5а; 6а; 8г	11,0 / 46 / 3б; 4в; 5а	13,0 / 54 / 3б; 4в; 5а	16,0 / 63 / 3б; 4б	18 / 73 / 3б; 4б	20,0 / 84 / 3б; 4б	25,0 / 95 / 3б; 4б
8	5 / 20 / 8д	6 / 25 / 5а; 6а; 8г	7 / 30 / 4в; 5а; 6а; 8г	8 / 35 / 4в; 5а; 8г	11 / 45 / 4б; 5а	12 / 50 / 4б	15 / 60 / 3а; 4б	17 / 70 / 3а; 4б	20 / 80 / 3а; 4б	20 / 90 / 3а; 4б	25 / 100 / 3б; 4б	30 / 120 / 3а; 4а
9	6 / 33 / 8д	8 / 40 / 5а; 8г	10 / 50 / 4б; 8г	12 / 60 / 4б	14 / 70 / 4б	15 / 85 / 4б	20 / 100 / 3а; 4б	20 / 115 / 3а; 4б	25 / 135 / 3а; 4а	30 / 150 / 3а; 4а	35 / 170 / 3а; 4а	40 / 190 / 3а; 4а
10	8 / 40 / 8д	10 / 48 / 8г	12 / 58 / 4б	15 / 70 / 4а	15 / 84 / 4б	20 / 100 / 4а	25 / 120 / 3а; 4а	30 / 140 / 3а; 4а	30 / 160 / 3а; 4а	40 / 185 / 3а; 4а	40 / 215 / 3а; 4а	50 / 250 / 3а; 4а
11	12 / 60 / 8д	15 / 80 / 5а; 8г	20 / 100 / 4а	25 / 120 / 4а	30 / 140 / 4а	30 / 170 / 4а	40 / 200 / 3а; 4а	40 / 230 / 3а; 4а	50 / 260 / 3а; 4а	60 / 300 / 3а; 4а	70 / 340 / 3а; 4а	70 / 380 / 3а; 4а
12	25 / 120 / —	30 / 160 / —	40 / 200 / 4а	50 / 240 / 4а	60 / 280 / 4а	60 / 340 / 4а	80 / 400 / 3а; 4а	90 / 460 / 3а; 4а	100 / 530 / 3а; 4а	120 / 600 / 3а; 4а	140 / 680 / 3а; 4а	150 / 760 / 3а; 4а
13	50 / 250 / —	60 / 300 / —	70 / 360 / 4а	80 / 430 / 4а	100 / 520 / 4а	120 / 620 / 4а	150 / 740 / 3а; 4а	170 / 870 / 3а; 4а	200 / 1000 / 3а	200 / 1150 / 3а	250 / 1350 / 3а	300 / 1550 / 3а
14	80 / 400 / —	100 / 480 / —	100 / 580 / 4а	150 / 700 / 2	150 / 840 / 2	200 / 1000 / 1,2	250 / 1200 / 1,2	250 / 1400 / 1,2	300 / 1600 / 1,2	400 / 1900 / 1	400 / 2200 / 1	500 / 2500 / 1
15	120 / 600 / —	150 / 750 / —	200 / 900 / 1,2	200 / 1100 / 1,2	250 / 1300 / 1,2	300 / 1600 / 1	400 / 1900 / 1	400 / 2200 / 1	500 / 2500 / 1	600 / 2900 / 1	600 / 3300 / 1	700 / 3800 / 1

График для определения количества неправильно принятых деталей в процентах от количества принятых (m в %) при различных значениях $A_{мет}$ $|\sigma| = \frac{\sigma_{мет}}{\Delta_{изд}}$ и $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}}$. Отклонения контролируемых параметров подчиняются закону нормального распределения (центр группирования технологического распределения совмещен с серединой поля допуска).



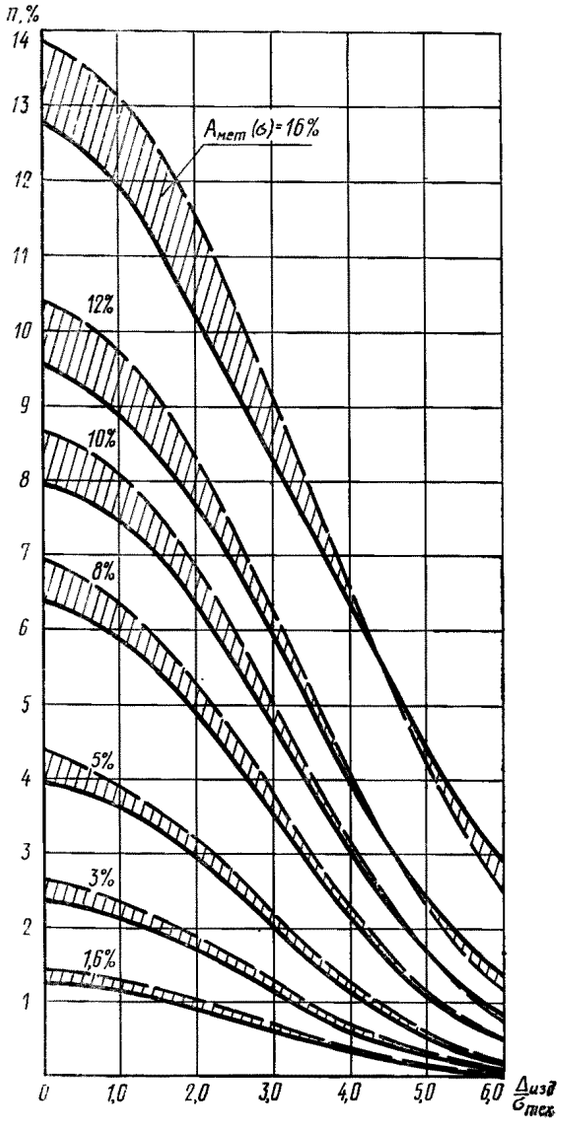
Черт. 4

Погрешности измерения подчиняются:

закону нормального распределения ————————

закону равной вероятности — — — — — — — — — — — —

График для определения количества неправильно забракованных деталей (n_1 в %) от количества годных при различных значениях $A_{мет}(\sigma) = \frac{\sigma_{мет}}{\Delta_{изд}}$ и $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}}$. Отклонения контролируемых параметров подчиняются закону нормального распределения (центр группирования технологического распределения совмещен с серединой поля допуска).



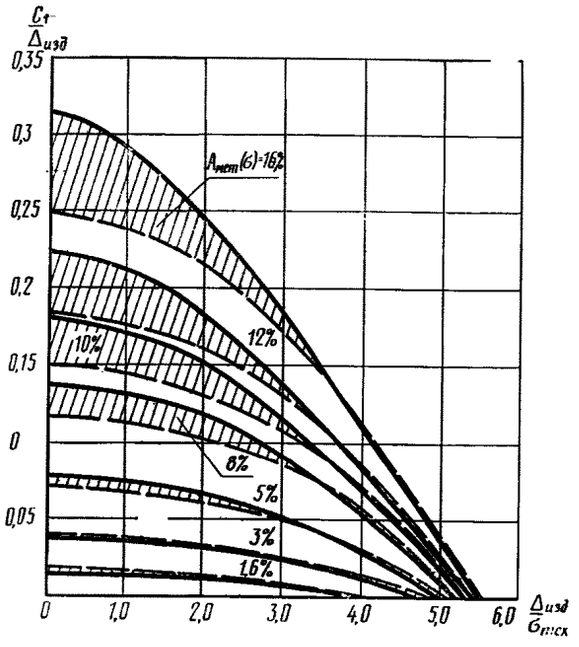
Черт. 5

Погрешность измерения подчиняется:

закону нормального распределения ————————

закону равной вероятности — — — — — — — — — —

График для определения предельной величины выхода размера за границу поля допуска (с процентом риска 0,27% от количества принятых деталей (C_1) при различных значениях $A_{мет}(\sigma) = \frac{\sigma_{мет}}{\Delta_{изд}}$ и $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}}$. Отклонения контролируемых параметров подчиняются закону нормального распределения (центр группирования технологического распределения совмещен с серединой поля допуска).



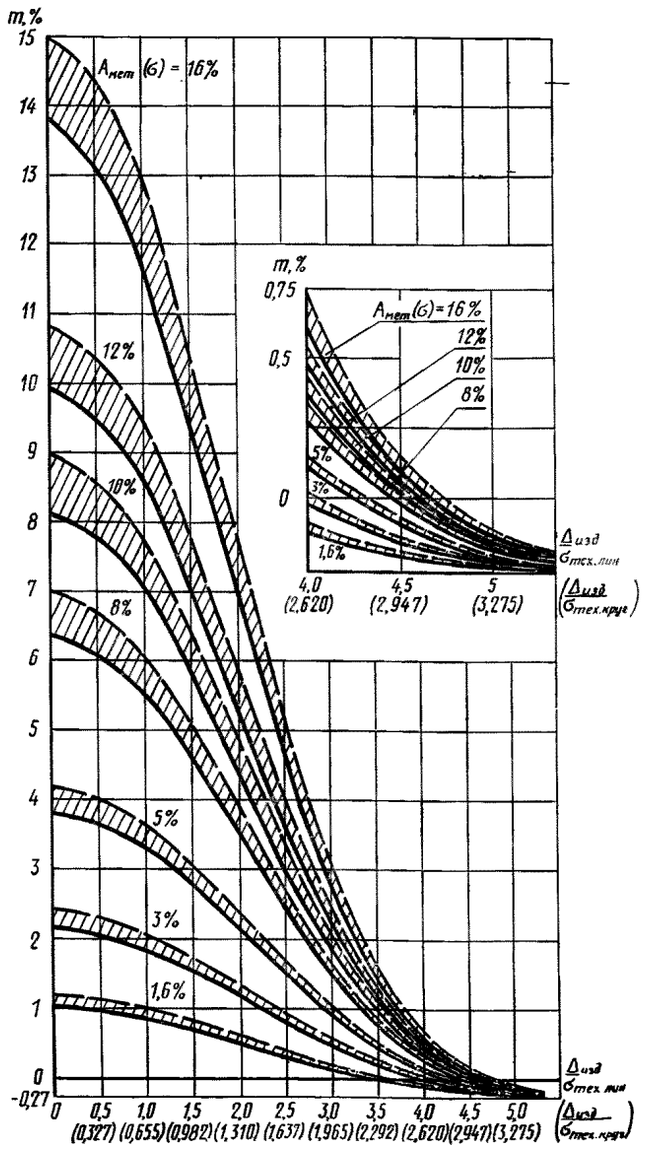
Черт. 6

Погрешности измерения подчиняются:

закону нормального распределения ————————

закону равной вероятности — — — — — — — — — —

График для определения количества неправильно принятых деталей m_1 в процентах от количества принятых при различных значениях $A_{мет}(\sigma) = \frac{\sigma_{мет}}{\Delta_{изд}}$ и $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}}$. Отклонения контролируемых параметров подчиняются закону распределения существенно положительных величин.



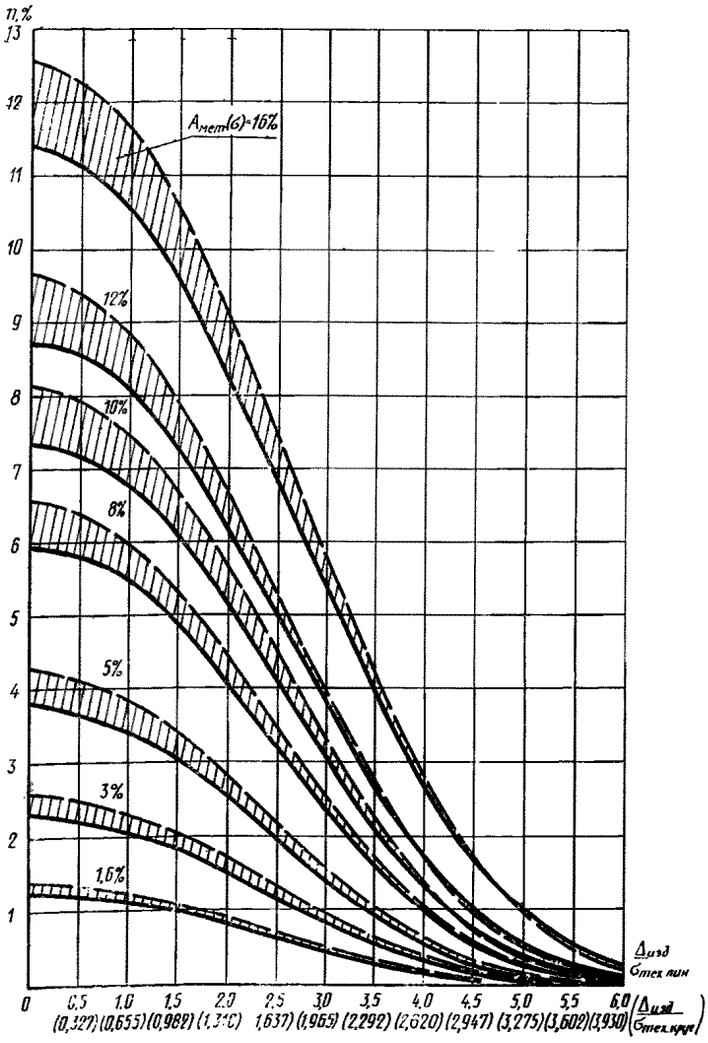
Черт. 7

Погрешности измерения подчиняются:

закону нормального распределения ————

закону равной вероятности — — — — — — — —

График для определения количества неправильно забракованных деталей n_1 в процентах от количества годных при различных значениях $A_{мет}(\sigma) = \frac{\sigma_{мет}}{\Delta_{изд}}$ и $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}}$. Отклонения контролируемых параметров подчиняются закону распределения существенно положительных величин.



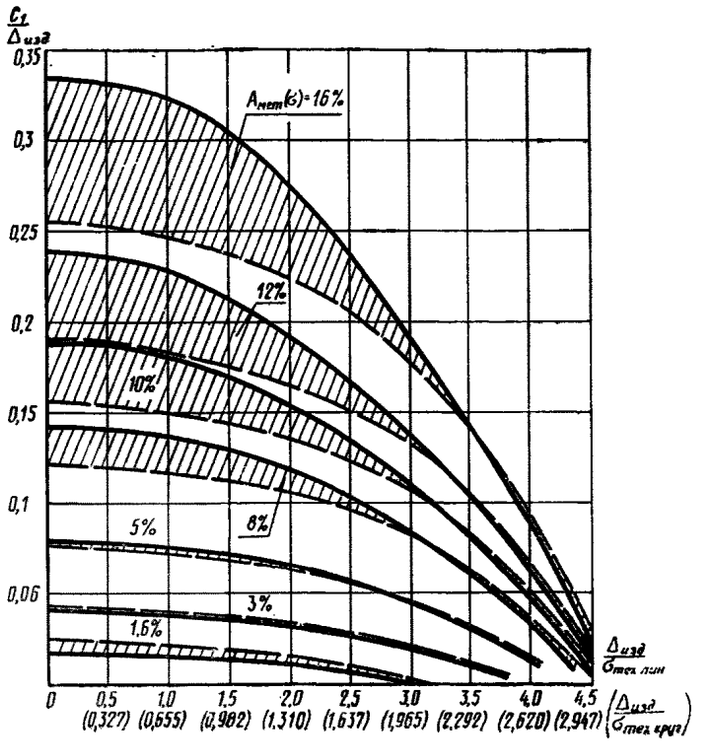
Черт. 8

Погрешности измерения подчиняются:

закону нормального распределения ————

закону равной вероятности — — — — — — — —

График для определения предельной величины выхода размера за границу поля допуска (с процентом риска 0,27% от количества принятых деталей) C_1 при различных значениях $A_{мет}(\sigma) = \frac{\sigma_{мет}}{\Delta_{изд}}$ и $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}}$. Отклонения контролируемых параметров подчиняются закону распределения существенно положительных величин.



Черт. 9

Погрешности измерения подчиняются:

закону нормального распределения ————————

закону равной вероятности ·····

Если технологическое распределение измеряемых размеров следует закону Гаусса или закону Релея и обеспечивается соотношение допуска изделия к средней квадратической погрешности технологического распределения $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}} \geqslant 4$ в первом случае или $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех.\ лин}} \geqslant 4$ во втором, то значения величин m_1, n_1 и c_1 могут считаться примерно равными значениям m, n, c, так как разница не превышает 5%. При соотношениях $2 < \frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}} < 4$ и $2 < \frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех.\ лин}} < 4$, т. е. при невысокой точности изготовления различие между значениями величин m, n, c и m_1, n_1, c_1 быстро увеличивается. В зависимости от условий решаемой задачи, можно использовать как те, так и другие графики. При соотношениях $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}} < 2$ и $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех.\ лин}} < 2$ целесообразно использовать только значения m_1, n_1, c_1, поскольку эти данные более наглядно характеризуют рассматриваемое явление и не зависят от общего числа изготовленных (измеряемых) деталей.

В этом диапазоне графики значений m_1, n_1, c_1 существенно отличаются от графиков m, n, c. При равных значениях аргументов $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}}$ или $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех.\ лин}}$ и $A_{мет}$ значения m_1, n_1, c_1 всегда больше, чем m, n, c. Расхождение это тем больше, чем меньше отношение $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}}$. Кривые m_1, n_1, c_1 достигают максимума при $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}} \to 0$.

Предельные значения величин m_1 и n_1 по аналогии с таблицей для m, n, приведенной в приложении 1 (п. 10) к ГОСТ 8.051—73, даны в табл. 10.

Предельные значения m_1 и n_1 в %

Таблица 10

$A_{мет}$ (σ)	Закон распределения контролируемых параметров							
	нормальный				существенно-положительных величин			
	Закон распределения погрешности измерения							
	нормальный		равной вероятности		нормальный		равной вероятности	
	m_1	n_1	m_1	n_1	m_1	n_1	m_1	n_1
1,6	1,01	1,28	1,11	1,33	1,03	1,24	1,12	1,37
3	2,12	2,39	2,33	2,60	2,17	2,30	2,35	2,54
5	3,71	3,98	4,06	4,33	3,79	3,82	4,16	4,19
8	6,11	6,38	6,66	6,93	6,35	5,96	6,97	6,60
10	6,71	7,98	8,38	8,65	8,13	7,38	8,88	8,15
12	9,31	9,58	10,13	10,40	9,91	8,72	10,83	9,66
16	12,53	12,80	13,58	13,85	13,81	11,40	14,85	12,56

Влияние систематических погрешностей изготовления и измерения, как показано в приложении 1 к стандарту, можно определить по приведенным зависимостям с использованием графиков. Эти зависимости пригодны и при использовании значений m_1, n_1, c_1.

Однако, как показала практика, возможно неверное толкование рекомендаций, данных в приложении 1 к стандарту, в отношении учета систематических погрешностей. При смещении центра группирования симметричного (нормального и близкого к нему) технологического распределения относительно середины поля допуска, т. е. при появлении систематической погрешности изготовления $a_т$ величин m, n и c определяют раздельно для каждой границы поля допуска, причем для m и n берут 50% значений, определенных по графикам. В приложении 1 к стандарту указано, что в этом случае вместо соотношения $\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}}$ следует принимать для одной границы поля допусков соотношение $\frac{\Delta_{изд}-2a_m}{\sigma_{тех}}$, а для другой $\frac{\Delta_{изд}+2a_m}{\sigma_{тех}}$ Возможная ошибка при пользовании этими зависимостями состоит в том, что значение величины $A_{мет}$ (σ) берут без учета систематического смещения погрешности обработки. При использовании приведенных зависимостей необходимо изменять также и относительную погрешность измерения, поскольку при расчете графиков учитывалось взаимное расположение центра группирования технологического распределения и центра группирования погрешности измерения. Поэтому при появлении систематической погрешности изготовления или систематической погрешности измерения, но при сохранении значения случайной погрешности измерения изменяется относительная погрешность измерения $A_{мет}$ (σ).

При определении влияния систематической погрешности изготовления следует принимать относительные погрешности измерения, отличные для каждой границы допуска, т. е.

$$A_{мет}(\sigma)=\frac{\sigma_{мет}}{\Delta_{изд}+2a_m} \quad \text{и} \quad A_{мет}(\sigma)=\frac{\sigma_{мет}}{\Delta_{изд}-2a_m}.$$

Аналогично при наличии систематической погрешности измерения $a_п$, когда также происходит смещение браковочных границ относительно центра группирования технологического распределения, для одной границы следует брать

$$A_{мет}(\sigma)=\frac{\sigma_{мет}}{\Delta_{изд}+2a_п}, \text{ а для другой } A_{мет}(\sigma)=\frac{\sigma_{мет}}{\Delta_{изд}-2a_п}.$$

Зависимости для определения параметров, характеризующих погрешность разбраковки при наличии систематической погрешности измерения, приведенные в приложении 1 к стандарту, охватывают основные возможные случаи. Эти формулы справедливы при том условии, что систематическая ошибка, как это часто бывает на практике, больше случайной. Формулы, пригодные для расчетов при любых соотношениях систематической и случайной составляющей погрешности измерения, сходны с используемыми для определения значений величин m, n, c при отсутствии систематической составляющей [12] и отличаются от них только тем, что систематическая составляющая $a_п$ учтена в пределах интегрирования.

$$m'=\left\{\int_{-\infty}^{x_н} f_1(x)\left[F_2(x_в+a_п-x)-F_2(x_н+a_п-x)\right]dx+\int_{x_в}^{+\infty} f_1(x)\left[F_2(x_в+a_п-x)-\right.\right.$$
$$\left.\left.-F_2(x_н+a_п-x)\right]dx\right\}\cdot 100\% \qquad (7)$$
$$m=m'-0{,}27\%$$

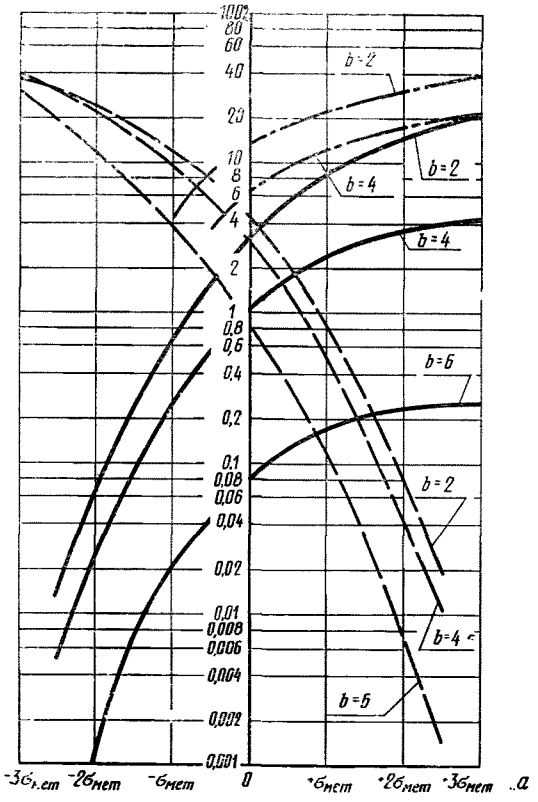
$$n=\left\{\int_{x_н}^{x_в} f_1(x)\,[1+\Phi_2(x_н+a_п-x)-\Phi_2(x_в+a_п-x)]\,dx\right\}\cdot 100\%. \qquad (8)$$

Значение c определяют из уравнения

$$\int_{-\infty}^{x_н-c} f_1(x)\,[\Phi_2(x_в+a_п-x)-\Phi_2(x_н+a_п-x)]\,dx+\int_{x_в+c}^{+\infty} f_1(x)\,[\Phi_2(x_в+a_п-x)-$$

$$-\Phi_2(x_н+a_п-x)]\,dx=0{,}0027. \qquad (9)$$

Формулы (7), (8) и (9) неудобны для практического пользования, так как расчет по ним следует вести способом численного интегрирования. Для практического использования целесообразно строить специальные графики (с использованием графиков, содержащих значения m, n и c), в которых изображались бы зависимости погрешностей разбраковки m, n и c от величины систематической погрешности измерения $a_п$, выраженной в значениях $\sigma_{мет}$, положения границы допуска $b=\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}}$ и пре-



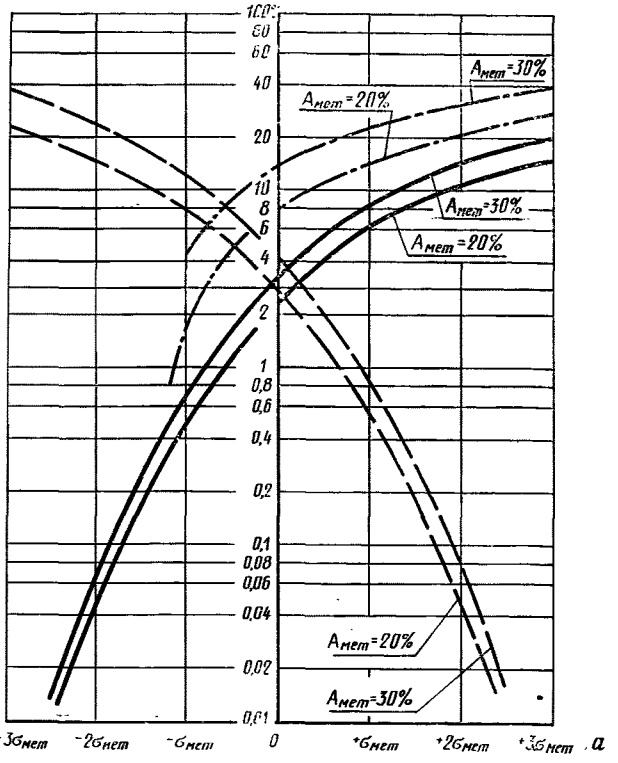
Черт. 10

Количество неправильно принятых деталей m, % ——

Количество неправильно забракованных деталей n, % — — — — —.

Величина выхода размера за границу поля допуска $\frac{c}{\Delta_{изд}}$ — — — — —

График для определения результатов рассортировки (m, n, c) при постоянном значении $A_{мет}=\frac{3\sigma_{мет}}{\Delta_{изд}}=30\%$ и значениях $b=\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}}=2;4;6$ в зависимости от систематической погрешности измерения $a_п$. Распределения отклонений контролируемых параметров и погрешностей измерения подчиняются нормальному закону (центр группирования технологического распределения совмещен с серединой поля допуска).



Черт. 11

Количество неправильно принятых деталей m, % ——

Количество неправильно забракованных деталей n, % — — —

Величина выхода размера за границу поля допуска $\frac{c}{\Delta_{изд}}$ — — — — —

График для определения результатов рассортировки (m, n, c) при постоянном значении $b=\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}}=2$ и значениях $A_{мет}=\frac{3\sigma_{мет}}{\Delta_{изд}}=20\%$ и 30% в зависимости от систематической погрешности измерения $a_п$. Распределения отклонений контролируемых параметров и погрешностей измерения подчиняются нормальному закону (центр группирования технологического распределения совмещен с серединой поля допуска).

дельного значения относительной случайной составляющей погрешности метода измерения $A'_{мет}$ ($A'_{мет}$ — отношение предельного значения случайной составляющей погрешности метода к $\Delta_{изд}$). Такие графики для случая распределения контролируемых параметров и погрешностей измерения по закону Гаусса приведены на черт. 10 и 11. На черт. 10 показана зависимость величин m, n и c от $a_п$ при значении $A'_{мет}=30\%$ и значениях $b=2$; 4; 6. На черт. 11 показана зависимость m, n и c от $a_п$ при $b=2$ и значениях $A'_{мет}=20$ и 30%.

Если влияние случайной составляющей погрешности измерения пренебрежимо мало по сравнению с влиянием ее систематической составляющей, вероятные погрешности разбраковки можно определить по интегральной функции технологического распределения погрешности изготовления деталей.

$$\left.\begin{array}{l}\text{При } a_п > 0 \quad m = F_1(x_в + a_г) - F_1(x_в);\ n = F_1(x_н + a_г) - F_1(x_н)\\ \text{При } a_п < 0 \quad m = F_1(x_н) - F_1(x_н + a_п);\ n = F_1(x_в) - F_1(x_в + a_п)\end{array}\right\} \qquad (10)$$

$$c \approx a_п$$

Сравнение результатов расчета, которые дают два изложенные выше способа учета систематической составляющей погрешности измерения при определении вероятных погрешностей разбраковки и способ, приведенный в приложении 1 к стандарту, позволило определить области их применения.

При соотношениях систематической и предельной случайной составляющих менее 0,5 удовлетворительные результаты дает только расчет по формулам (7), (8), (9).

При соотношениях более 0,5, но менее 1 все три способа дают более или менее близкие результаты. При этих соотношениях целесообразно использовать способ, данный в приложении 1 к стандарту, а при невысоких требованиях к точности расчета величин m и n можно определить и по формулам (10).

При соотношениях более 1 способ расчета по формулам (7), (8), (9) и способ, приведенный в приложении 1 к стандарту, дают не только практически, но и теоретически одинаковые результаты. Практически одинаковые результаты дают все три способа и предпочтение должно быть отдано расчету по формулам (10) как самому простому. Применять способ, приведенный в приложении 1 к стандарту, следует при повышенных требованиях к точности расчета.

Определение технико-экономических показателей при использовании измерительных средств и влияния погрешности измерения на эти показатели разработано еще недостаточно. Основная трудность таких расчетов заключается в том, что процесс измерения не сопровождается непосредственным созданием материальных ценностей. Такой расчет должен учитывать показатели измерительных средств, определяющие экономический эффект от их создания или приобретения.

Производительность измерений должна соответствовать технологическому процессу, для которого измерительное средство предназначено.

Стоимость оборудования и эксплуатации должна оправдываться приносимой пользой.

Точность измерения должна находиться в соответствии с допуском на изготовление.

Эти показатели по-разному влияют на экономические результаты от внедрения измерительных средств, а учет, как это часто практикуется, только двух первых из них приводит к тому, что экономический эффект оказывается отрицательным. Когда точность измерения не учитывают при технико-экономических расчетах, это, как правило, приводит к выводу об убыточности выбора более точного, но более дорогого и часто менее производительного измерительного средства.

При технико-экономических расчетах следует учитывать следующие возможные результаты от повышения точности измерений:

а) повышение точности измерений позволяет соответственно точнее регулировать производственный процесс. Технико-экономический эффект при этом определяется дополнительно выпускаемой продукцией и экономией сырья;

б) более точные измерения позволяют сократить допуск на изготовление, а следовательно, повысить качество изделий. Тот же результат достигается при более точной разбраковке без изменения допуска на изготовление. Технико-экономический эффект в этом случае определяется повышением эксплуатационных свойств изделий (например, износостойкости), что эквивалентно выпуску дополнительной продукции;

в) повышение точности измерений приводит к уменьшению количества неправильно принимаемых и неправильно бракуемых деталей [5, 12].

Экономический эффект от сокращения количества неправильно забракованных деталей можно подсчитать по формуле

$$Э_1 = N_1 P_1 (n' - n'') \cdot 0{,}01, \qquad (11)$$

где $Э_1$ — экономическая эффективность от сокращения количества неправильно забракованных деталей, руб.;

N_1 — число измеренных деталей за рассматриваемый промежуток времени (месяц, год);

P_1 — стоимость одной детали, руб.;

n' и n'' — количество неправильно забракованных деталей при грубых и точных измерениях, %.

Формулу (11) можно использовать также при решении вопроса об экономической целесообразности организации повторной перепроверки забракованных контрольным автоматом деталей, более

точным измерительным средством. Такой расчет целесообразно проводить при введении производственного допуска, когда резко возрастает количество неправильно бракуемых деталей.

Экономическая эффективность от уменьшения количества неправильно принятых деталей определяется: стоимостью узла, в котором будет установлена бракуемая деталь; трудоемкостью сборочно-разборочных и испытательных работ по устранению последствий от установки такой детали в узел.

Формула для определения экономической эффективности от сокращения количества неправильно принятых деталей имеет вид

$$Э_2 = N_2 P_2 (m' - m'') \cdot 0{,}01), \qquad (12)$$

где $Э_2$ — экономическая эффективность от сокращения количества неправильно принятых деталей, руб.;

N_2 — количество узлов (программа за рассматриваемый период);

P_2 — стоимость, руб.;

1) одного узла, в который входит контролируемая деталь или

2) сборочно-разборочных и испытательных работ по устранению последствий от установки бракованной детали в узел;

m' и m'' — количество неправильно принятых деталей при грубых и точных измерениях, %.

Один из двух вариантов расчета по формуле (12) выбирают в зависимости от стоимости и конструктивных особенностей узла, в котором устанавливается измеряемая деталь. Если узел содержит неразъемные соединения или разборка его затруднительна и приводит к большим затратам (не только на разборку, но и на поиск бракованных деталей) по сравнению со стоимостью всего узла (например, в подшипниках), который после забракования идет в брак или продается как некондиционный. В этом случае выбирают первый вариант и при расчете под P_2 принимают стоимость всего узла или уменьшение ее при продаже узла как некондиционного. Если разборка узла доступна и стоимость сборочно-разборочных и испытательных работ по устранению последствий от установки бракованной детали меньше стоимости самого узла, то выбирают второй вариант и под P_2 принимают стоимость этих работ.

Для использования графиков при определении значений величин m и n необходимо иметь данные о точности технологического процесса, знать закон технологического распределения и величину $\sigma_{тех}$. При отсутствии таких данных иногда можно использовать в расчете экстремальные значения m и n, беря их из таблицы приложения 1 к ГОСТ 8.051—73 или из табл. 10 настоящих методических указаний для m_1 и n_1. При этом получаются завышенные результаты, хотя в расчете учитывают только разность параметров. В некоторых случаях для расчета можно принять ориентировочные соотношения между погрешностью технологического процесса и допуском на изготовление. Эти данные принимают на основе анализа точности используемых в отрасли или на конкретном производстве технологических процессов при изготовлении деталей определенного класса точности. В качестве примера в табл. 11 приведены соотношения, рекомендуемые в подшипниковой промышленности [13] при расчете экономической эффективности от применения более точных измерительных средств.

Таблица 11

Классы точности деталей	$\frac{\Delta_{изд}}{\sigma_{тех}}$ для закона распределения		% брака
	Гаусса	Релея	
2а—3а	5	4,5	1,25
1—2	4,0	4,2	2,5
02—01	4,5	3,8	4,5
04—03	3,0	3,1	13,4

Расчет экономической эффективности от повышения точности измерения по способу, изложенному выше, можно рекомендовать не только при выборе более точных измерительных средств, но и при введении любых мероприятий, связанных с повышением точности измерения, например, от введения термостатирования. Такой расчет также необходим и при проведении мероприятий по удешевлению измерительных процессов, если эти мероприятия могут быть связаны со снижением точности измерений.

Глава VI. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ВНЕДРЕНИЮ ГОСТ 8.051—73 И МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ ПО ВЫБОРУ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Мероприятия по внедрению ГОСТ 8.051—73 и настоящих методических указаний должны включать в себя комплекс работ, связанных с общим повышением уровня метрологического обеспечения производства.

1. Разработка отраслевых, ведомственных и заводских ограничительных документов по выбору измерительных средств на основе настоящих методических указаний.

Ограничения могут быть сделаны прежде всего в отношении номенклатуры применяемых измерительных средств и конкретизации условий измерения по месту производства. Температурный режим должен быть учтен в виде конкретных требований в отношении выдержки измерительного средства и измеряемых деталей. При наличии термостатированных помещений можно отдельно указывать измерительные средства, которые следует там применять. Эти материалы должны включать участие в выборе измерительных средств всех технических служб предприятий (организации). Ограничительные документы должны быть утверждены руководителем предприятия (организации) и являться обязательными к применению всеми службами.

2. При разработке новых и пересмотре существующих технологических процессов должны быть обязательно приведены контрольные операции и указаны конкретные измерительные средства и условия, в которых их следует применять с учетом настоящих методических указаний или ограничительных документов (п. 1).

3. Проведение анализа точности измерений на предприятии или в организации с целью выявления соответствия их приведенным в методических указаниях, а также выявления субъективных погрешностей измерения. Для проведения этих работ можно рекомендовать методику, изложенную в [9, 10] и гл. III настоящих методических указаний.

4. При пересмотре локальных поверочных схем указать передачу точности измерения непосредственно изделиям, изготовляемым предприятием (организацией).

5. Проведение лекций, семинаров в отраслях и на предприятиях по разъяснению содержания ГОСТ 8.051—73 и настоящих методических указаний с привлечением всех технических служб предприятий (организаций) и отдельных занятий с конструкторскими службами. Исходные материалы для таких занятий указаны в списке литературы, приводимом в настоящих методических указаниях.

ЛИТЕРАТУРА

1. ОМТРМ-046—001—65 (66) (68) «Выбор измерительных средств для линейных измерений от 1 до 500 мм в зависимости от точности изготовления».
2. Марков Н. Н., Сацердотов П. А. «Действительный размер при линейных измерениях» Измерительная техника, № 7, 1969 г.
3. Симкин Г. С. «Анализ влияния различных законов распределения погрешностей на правильность поверки мер и приборов». Измерительная техника № 8, 1964.
4. Марков Н. Н., Кайнер Г. Б., Сацердотов П. А. «Погрешность и выбор средств при линейных измерениях». Изд. Машиностроение, 1967 г.
5. Марков Н. Н., Сацердотов П. А. «Влияние погрешности измерения на результаты разбраковки». Измерительная техника, № 6, 1968.
6. Берндт, Хульч, Вайнхольд «Функциональный допуск и погрешность измерения». Иенское обозрение 1968/5.
7. Кайнер Г. Б., Кулаков А. И. «О притираемости доведенных поверхностей». Измерительная техника, № 11, 1972.
8. Марков Н. Н., Мельников В. П. «Некоторые составляющие погрешности измерения криволинейных поверхностей», Измерительная техника, 1971, № 4.
9. Марков Н. Н., Сацердотов П. А.«Экспериментальное определение погрешностей измерения размеров:. Стандарты и качество. 1974, № 6.
10. «Экспериментальное определение погрешности измерения размеров от 1 до 250 мм в цеховых и лабораторных условиях машиностроительных заводов». Отчет БВ по теме № 82—65. Москва, 1969. ВНИИЦ Госкомитет по науке и технике № темы 68073012, инвентарный № Б058290.
11. Меклер М. И, «Состояние и перспективы развития метрологии и измерительной техники в развитых капиталистических странах. Сб. Успехи науки и техники. Метрология и измерительная техника. 1968, ВИНИТИ, 1969, стр. 24—127.
12. Марков Н. Н. «Исследование основных вопросов выбора средств для измерения линейных размеров в машиностроении». Докторская диссертация. Мосстанкин 1972.
13. Городецкий Ю. Г., Данилов В. П. «Расчет экономической эффективности повышения точности измерения размеров». Труды ВНИПП № 3 (43) 1965 г.
14. Справочник. «Материалы в машиностроении. Выбор и применение» под ред. д-ра техн. наук, проф. Кудрявцева И. В. Изд. Машиностроение, М., 1968.
15. Марков Н. Н., Сацердотов П. А. «Погрешности от температурных деформаций при линейных измерениях». Изд. Машиностроение, М., 1976.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 2

Глава I. Основное содержание и построение ГОСТ 8.051—73 3

Глава II. Погрешности измерения универсальными измерительными средствами . . 5

Глава III. Основные составляющие погрешности при различных условиях измерения и их влияние на предельную погрешность измерения 7

§ 1. Погрешности, зависящие от средств измерения 7

§ 2. Погрешности, зависящие от установочных мер 7

§ 3. Погрешности, зависящие от измерительного усилия 25

§ 4. Погрешности, зависящие от температурных деформаций (температурные погрешности) 26

§ 5. Погрешности, обусловленные криволинейной формой проверяемой поверхности 27

§ 6. Погрешности, зависящие от оператора (субъективные погрешности) . . 28

Глава IV. Порядок выбора измерительных средств 29

§ 1. Участие технических служб в выборе измерительных средств 29

§ 2. Выбор конкретных измерительных средств 31

Глава V. Влияние погрешности измерения на технико-экономические показатели . . 32

Глава VI. Мероприятия по внедрению ГОСТ 8.051—73 и методических указаний по выбору измерительных средств 51

Литература 51

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по внедрению ГОСТ 8.051—73 «Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров от 1 до 500 мм»

РДМУ 98—77

Редактор *Е. И. Глазкова*
Технический редактор *Н. П. Замолодчикова*
Корректор *В. Ф. Малютина*

Сдано в наб. 07.07.77 Подп. в печ. 10.10.77 6,5 п. л. 6,38 уч.-изд. л. **Тираж** 50000 Изд. № 5204/4 **Цена 35 коп.**

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. Москва, Д-557, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6. Зак. 952

gost.e-ecolog.ru