Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени
Гагарина Ю.А.»

Лабораторная работа № 2

Плоскопараллельные концевые меры длины

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация»
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»
29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

очной и заочной формы обучения

Энгельс 2025

Плоскопараллельные концевые меры длины

Цель работы: изучение характеристики, назначения и области применения плоскопараллельных концевых мер длины, приобретение навыков практического использования концевых мер длины в качестве установочной меры и посредственного измерителя.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Концевая мера длины (меры концевые плоскопараллельные, плитки Иогансона) — образцовая мера длины от 0,5 до 1000мм, выполненная в форме прямоугольного параллелепипеда или круглого цилиндра, с нормируемым размером между измерительными плоскостями.

Концевые меры длины, выполненные в виде стальных прямоугольных параллелепипедов, впервые были изготовлены фирмой Иогансон (Швеция) и представлены на Всемирной выставке в Париже в 1900 году. Поэтому в просторечии концевые меры длины долгое время назывались плитками Иогансона, а со временем просто плитками.

Производство концевых мер длины в СССР впервые было налажено на Тульском и Сестрорецком заводах, а начиная с 30-х гг. концевые меры длины выпускались серийно, их производство было сосредоточено на инструментальных заводах «Калибр» (Москва) и «Красный инструментальщик» (Киров). Главным предназначением является сохранение и передача единицы длины. Концевые меры применяют для хранения и материального воспроизведения Государственного первичного эталона единицы длины, для поверки и калибровки мер и измерительных приборов, для установки приборов на ноль при относительных измерениях, для непосредственных измерений размеров изделий, а также для особо точных разметочных работ и наладки станков. Главное достоинство концевых мер длины в том, что они являются точным материальным носителем размера, концевые меры длины сохраняют размер и форму в течение многих лет.

Большое разнообразие в применении мер вызывает необходимость в мерах различной точности, поэтому введено их деление на классы (в зависимости от точности изготовления и области применения). Класс точности концевых мер определяется точностью их изготовления: величиной отклонения срединной длины мер от номинального размера, отклонения их от плоскопараллельности и качеством притираемости. Согласно российским стандартам концевые меры длины делятся на **образцовые** меры длины и **рабочие** меры длины. Для образцовых мер указывается разряд, для рабочих — класс точности. Образцовые концевые меры длины предназначены для поверки измерительного инструмента и рабочих концевых мер длины.

Допустимые отклонения размеров и другие требования к образцовым концевым мерам длины указаны в МИ 1604-87. Рабочие концевые меры длины предназначены для задания размеров при слесарных работах. Допустимые отклонения размеров рабочих концевых мерах длины классов точности 00, 01, 0, 1, 2 и 3 указаны в ГОСТ 9038-90. Концевые меры длины классов точности 4 и 5 не изготавливаются, эти классы присваиваются изношенным и восстановленным концевым мерам длины на основании таблиц допустимых отклонений, указанных в МИ 1604-87.

Плоскопараллельные концевые меры длины представляют собой прямоугольные стальные бруски, размер которых определяется расстоянием между рабочими плоскостями при температуре 20° С (рис.1).

Концевые меры длины изготовляются из хромистой стали с высоким качеством обработки измерительных поверхностей и высокой притираемостью (усилие сцепления составляет от 3 до 8 кгс), обладают относительно низкой износоустойчивостью. Концевые меры длины, выполненные из высокопрочного твердого сплава по износоустойчивости в 2,5-3 раза превосходят меры, изготовленные из хромистой стали. Визуально твердосплавные меры темно серые, хорошо отличимы от стальных и по массе заметно тяжелее. Зарубежные производители изготавливают концевые меры из керамики (алюмооксид, двуокись циркония, карбид вольфрама), они отличаются высокой износоустойчивостью (в 6-10 раз превосходят стальные), практически не подвержены коррозии, имеют низкую теплопроводность (снижается температурная погрешность), существенно легче стальных, не намагничиваются. Стоимость керамических мер примерно в 3-5 раз выше стальных. Разные материалы имеют неодинаковые степени линейного температурного расширения, у стальных мер 11,5-13 мкм на градус на метр, у твердосплавных 4,5 мкм на градус на метр и у керамических 9,5 мкм на градус на метр.

В случае, когда нет необходимой длины концевой меры из набора, можно сложить в блок до пяти концевых мер для получения необходимого размера, путем «притирания» мер друг к другу до состояния, когда меры не распадаются (слипаются). Сцепление притертых концевых мер настолько велико, что блок, составленный из 50 плиток, не рассыпается под действием собственного веса, а толщина пленки незначительно влияет на точность размера собираемого блока.

Согласно определению ГОСТ 9038-90 за длину концевой меры принимается длина перпендикуляра, опущенного от одной из измерительных поверхностей на ее противоположную измерительную поверхность. Разность между наибольшей и наименьшей длинами концевой меры определяет ее величину отклонения от плоскопараллельности. Наибольшая разность по абсолютному значению между длиной концевой меры в любой точке и нормальной длиной принимается за величину отклонения длины меры от номинального размера. Измерительные поверхности концевых мер подвергаются точной, обработке шлифованием и доводкой.

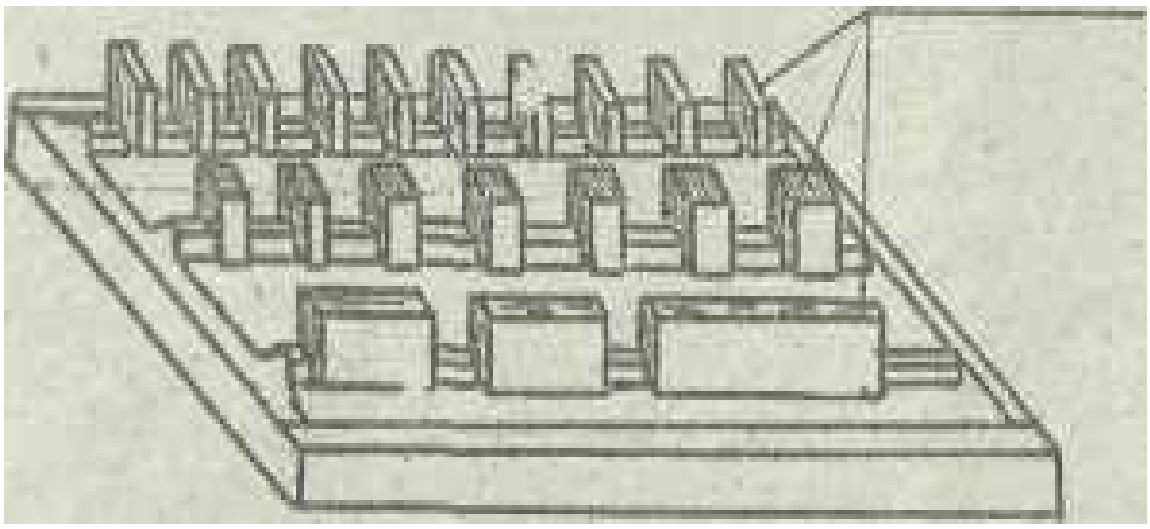

Рис 1. Плоскопараллельные концевые меры длины

Благодаря тщательной обработке концевые меры обладают способностью притираться при их надвигании одна на другую, что позволяет собирать из них блоки разных размеров.

Концевые меры выпускают в виде наборов, упакованных в деревянные или пластмассовые футляры, в которых каждой отдельной мере отведено свое место, с соответствующим указанием номинального размера. Градация (шаг) размеров концевых мер в наборах — от 0,001, затем 0,01; 0,1; 0,5; 1 и 10 мм, что практически позволяет составить любой размер с точностью до 1 мкм. При наборе концевых мер в блоки нужно стремиться к минимальному количеству плиток (мер). Расчет количества плиток следует начинать с подбора наименьших по размеру. Притирку промытых бензином или уайт-спиритом плиток производят в обратном порядке: берут сначала плитку наибольшего размера, затем следующую по длине и, наконец, самую малую меру. По концам собранного блока притирают защитные боковые меры, учитывая их размер в блоке. Притираемость и высокая точность – это главные свойства концевых, мер, определяющие их ценность как измерительных средств. Притираемость мер объясняется их молекулярным притяжением. Покрытые тончайшей пленкой смазывающей жидкости, толщина которой не превышает 0,02 мкм, они притягиваются друг к другу.

Технические требования, форма и размеры концевых мер, их комплектования в наборы, классификация их по точности и правила поверки и калибровки установлены ГОСТ 9038-90, международным стандартом ISO 3650:1998, а также Европейским стандартом EN ISO 3650:1998.

Стандартом ISO 3650:1998 установлено четыре класса точности (допуска) концевых мер длины:

- концевые меры длины **класса точности 2** обычно используют как «Рабочие эталоны» в измерительных лабораториях для установки приборов и инструментов при относительных измерениях и их калибровки, а также для настройки контрольных приспособлений и станков.

- концевые меры длины **класса точности 1** в основном используют как «Рабочие эталоны» в измерительных лабораториях и контрольных пунктах для калибровки приборов и инструментов и для точных измерений;

- концевые меры длины **класса точности 0** используют в качестве «Исходного эталона» (образцового средства) в калибровочных и измерительных лабораториях в термоконстантных помещениях для поверки и калибровки концевых мер длины, приборов, инструментов и калибров и для выполнения очень точных измерений;

- концевые меры длины **класса точности К** используют в качестве «Исходного эталона» (образцового средства) в калибровочных и измерительных лабораториях государственных метрологических институтов и сертифицированных центров для поверки и калибровки концевых мер длины, эталонов длины, приборов, инструментов и калибров. Концевые меры длины класса точности **К** являются самым точным эталоном.

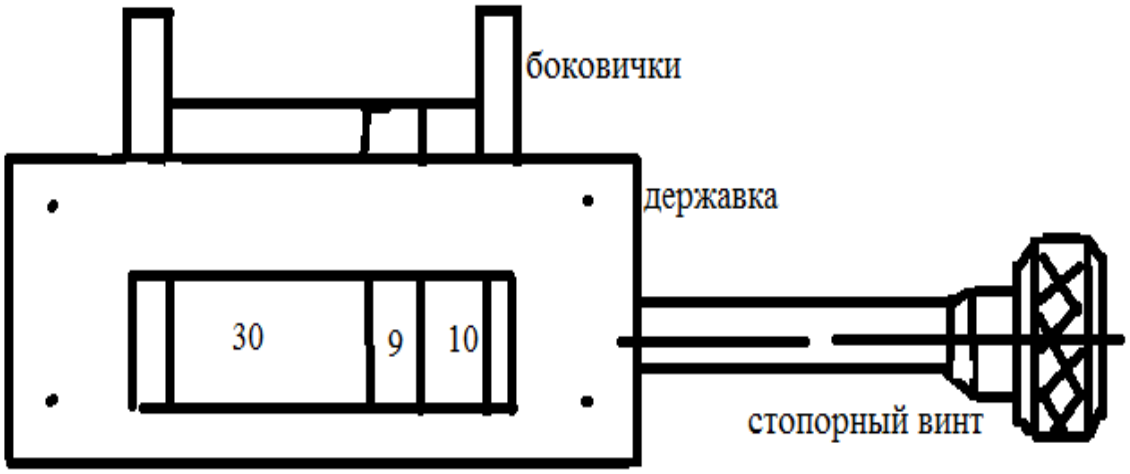

Рис.2. Набор принадлежностей к концевым мерам

Для более широкого использования концевых мер к ним выпускаются наборы принадлежностей, в которые входят боковики, державки и т.д. С помощью этих принадлежностей можно собирать однопредельные скобы и неполные пробки для измерения наружных и внутренних поверхностей деталей (рис.2).

Приступая к работе, следует рассчитать, какие меры нужно взять для данного блока. При этом количество мер в блоке должно быть минимальным. Подбор концевых мер в блок следует начинать с меньших мер, размер которых содержит последний знак десятичной дроби составляемого размера.

Например: составить блок мер размером 79,985

первая мера, входящая в блок	1,005
остаток	78,98
вторая мера	1,48
остаток	77,5

третья мера 7,5

остаток, т.е. четвертая мера 70

Таким образом, в блок войдут меры:1,005; 1,48; 7,5; 70.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Применение концевых мер в качестве установочной меры

Собирается блок концевых мер в соответствии с номинальным размером высоты h цилиндра. Блок концевых мер устанавливается на плиту индикаторной стойки (рис. 3).

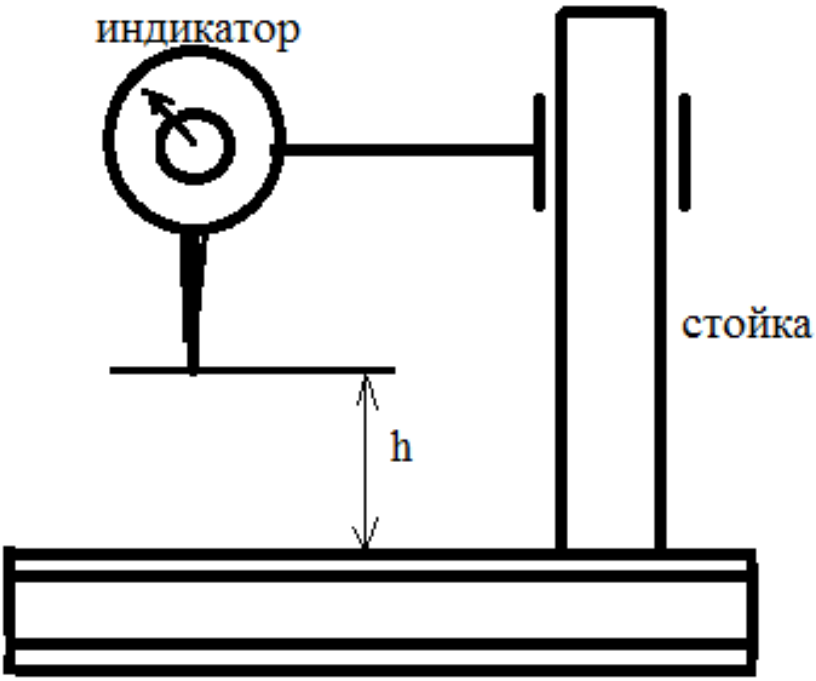

Рис.3. Индикаторная стойка

Кронштейн с индикатором опускается до измерительной поверхности плитки так, чтобы большая стрелка индикатора сделала два - три оборота. Индикатор в таком положении устанавливается на нуль поворотом кольца.

Блок плиток убирается и производится измерение высоты цилиндра в четырех точках в двух взаимно перпендикулярных плоскостях вблизи периферии торца цилиндра. Результаты заносятся в табл. 1.

Перемещение стрелки индикатора по ходу часов от нуля дает положительное отклонение. За действительный размер принимается среднеарифметический из четырех. За действительную непараллельность принимается разница между максимальным и минимальным размерами.

На основе исходных данных строится схема поля допуска, на которую наносятся теоретические размеры (номинальный, наибольший предельный и наименьший предельный размеры высоты) и действительный размер высоты, полученный при измерении.

По результатам измерений расчетов делается вывод о годности детали по двум параметрам: размер высоты цилиндра и отклонение от расположения (Пр.1), т.е. от параллельности торцов.

Таблица 1

Размер установочной меры; мм	***Высота цилиндра***		
	Отклонения от установочной мер, мм	Размер h с учетом отклонений, мм	Непараллельность торцев, мм

2. Применение концевых мер в качестве непосредственного измерителя

2.1. Измерение скобы

Необходимо измерить размер проходной стороны скобы. Для этого составляется блок концевых мер, равный номинальному размеру проходной стороны скобы. Затем блок концевых мер вводится между измерительными поверхностями скобы. В случае соответствия размера блока размеру проходной стороны блок будет медленно перемещаться под действием собственного веса между плоскостями скобы. Если же действительный размер скобы окажется больше, чем размер блока концевых мер, то блок будет свободно перемещаться между рабочими плоскостями скобы. В случае несоответствия размера блока действительном размеру контролируемой стороны скобы нужно путем постепенного уменьшения размера блока концевых мер на 0,005 мм добиться наилучшего совпадения размера блока с размером контролируемой скобы. При этом должны быть получены два размера: максимальный, который не проходит в скобу, и минимальный, который проходит в скобу; разность между этими размерами должна быть 0,005 мм. Наименьший размер принимается ($d_{изм}$) за измеренный размер проходной стороны скобы, а наибольший ($d_к$) – за контрольный. Действительный размер проходной стороны скобы ($d_д$) будет находиться между наибольшим и наименьшим размерами.

$$d_Д = \frac{d_к + d_{изм}}{2}$$

2.2. Измерение пробки

Вначале набирается блок концевых мер, равный номинальному размеру проходной стороны пробки, который закрепляется в боковички между измерительными губками стопорным винтом. В таком виде боровички с блоком концевых мер являются как бы регулируемой контрольной скобой. Для измерения проходную сторону вводят между губками боковичков. Измерение пробки выполняется аналогично измерению скобы. Если размер проходной стороны пробки окажется больше или меньше размера блока концевых мер, то путем подбора концевых мер добиваются такого совпадения размера блока с размером контролируемой пробки, когда измеренный размер блока концевых мер (в который проходит пробка) и контролируемый (в который не проходит пробка) будут отличаться разностью в 0,01 мм. Действительный размер определяется:

$$D_Д = \frac{D_к + D_{изм}}{2}.$$

Результаты измерений скобы и пробки записываются в отчет.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Прежде чем пользоваться прибором, изучите устройство и принцип действия измерительной головки (индикатора).
2. О выявленных неисправностях прибора немедленно сообщите преподавателю или лаборанту.
3. Во время работы быть внимательным и осторожным в обращении с прибором.
4. При выполнении лабораторной работы группой студентов работать на приборе должен только один студент.
5. Категорически запрещается трогать приборы, не относящиеся к выполняемой работе, без разрешения преподавателя.

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО РАБОТЕ

Отчет состоит из 2-х частей.

1. В первой части дается замер высоты цилиндра, где концевые меры используются в качестве установочной меры:

- заполняется таблица;
- строится схема поля допуска (Пр.3) с теоретическими размерами высоты (номинальный, наибольший и наименьший предельные) и действительный [1];
- вывод по результатам о годности детали по размеру и отклонения от параллельности торцов (Пр. 1).

2. При измерении скобы и пробки концевые меры используются в качестве измерителя:

- строятся схемы полей допусков на калибр-пробку и калибр-скобу в соответствии со стандартом СЭВ 157-75 (Пр.2, 3);
- на них наносятся все расчетные и действительные размеры;
- на основе схем и расчетов делаются выводы о годности проходных сторон скобы и пробки.

Вопросы для самоконтроля

1.Что называют концевой мерой длины?
2. Что принимают за длину концевой меры?
3. Для чего предназначены образцовые меры длины?
4. Для чего предназначены рабочие меры длины?
5. Из каких материалов изготавливают концевые меры длины?
6. Как определить непараллельность плоскостей?
7. Дайте определения допуска, предельных размеров и предельных отклонений.
8. Для чего предназначены калибры?
9. Почему рабочие калибры называют предельными?
10. Что маркируют на калибрах?
11. Что называют границей износа?
12. Допуски калибров.

Литература

1. .Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.1. /В. И. Анурьев – М.: Машиностроение, 1979. - 728 с.
2. Аристов А. И. Метрология, стандартизация, сертификация: Учеб. пособие / Аристов А. И., Приходько В. М., Сергеев И. Д., Фатюхин Д. С. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 256 с.
3. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения /А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов – М.: Машиностроение, 1987. - 352 с.
4. СТ СЭВ 157-75.Калибры гладкие для размеров до 500 мм.
5. ГОСТ9038-90. Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия.

Интернет-ресурсы

1. http://www.twirpx.com/files/machineri/metrology/ (Интернет-библиотека по различным отраслям знаний)
2. http://metrologyia.ru/ (информационный сайт по метрологии)

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Допуски формы и взаимного расположения

Таблица 2

Допуски плоскостности и прямолинейности

Интервал ном. размеров, мм	Степень точности							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Допуск, мкм							
До 10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6
Св.10 до 16	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8
Св.16 до 25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10
Св.25 до 40	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12
Св.40 до 63	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16
Св.63 до 100	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
Св.100 до160	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
Св.160 до250	1,2	2	3	5	8	12	20	30
Св.250 до400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40

Продолжение табл. 2

Интервал ном. размеров, мм	Степень точности							
	9	10	11	12	13	14	15	16
	Допуск, мкм				Допуск, мм			
До 10	10	16	25	40	0,06	0,1	0,16	0,25
Св.10 до 16	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3
Св.16 до 25	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
Св.25 до 40	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
Св.40 до 63	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
Св.63 до 100	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
Св.100 до160	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
Св.160 до250	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
Св.250 до400	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6

Примечание. Под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка. Если нормируемый участок не задан, то под номинальным размером понимается длина большей стороны поверхности или номинальный больший диаметр торцовой поверхности.

Таблица 3

Допуски параллельности, перпендикулярности и торцевого биения

Интервал ном. размеров, мм	Степень точности							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Допуск, мкм							
До 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10
Св.10 до 16	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12
Св.16 до 25	0,5	1	1,6	2,5	4	6	10	16
Св.25 до 40	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
Св.40 до 63	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
Св.63 до 100	1,2	2	3	5	8	12	20	30
Св.100 до160	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
Св.160 до250	2	3	5	8	12	20	30	50
Св.250 до400	2,5	4	6	10	16	25	40	60

Продолжение табл. 3

Интервал ном. размеров, мм	Степень точности							
	9	10	11	12	13	14	15	16
	Допуск, мкм				Допуск, мм			
До 10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
Св.10 до 16	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
Св.16 до 25	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
Св.25 до 40	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
Св.40 до 63	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
Св.63 до 100	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
Св.100 до160	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
Св.160 до250	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2
Св.250 до400	100	160	250	400	0,6	1	1,6	2,5

Примечание. При назначении допусков параллельности и перпендикулярности под номинальным размером понимается номинальная длина, если нормируемый участок не задан. При назначении допусков торцового биения под номинальным размером понимается заданный номинальный диаметр или номинальный больший диаметр торцевой поверхности.

Приложение 2

Допуски и отклонения калибров

Таблица 4

Допуски и отклонения калибров, мкм

Квалитет изделий	Обозна-чение	Интервал размеров, мм						
		Св.10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до 250
6	z	2	2	2,5	2,5	3	4	5
	y	1.5	1.5	2	2	3	3	4
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	2
	z_1	2,5	3	3,5	4	5	6	7
	y_1	2	3	3	3	4	4	5
	H	2	2,5	2,5	3	4	5	7
	H_1	3	4	4	5	6	8	10
7	z, z_1	2,5	3	3,5	4	5	6	7
	y, y_1	2	3	3	3	4	4	6
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	3
	H, H_1	3	4	4	5	6	8	10
8	z, z_1	4	5	6	7	8	9	12
	y, y_1	4	4	5	5	6	6	7
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	4
	H	3	4	4	5	6	8	10
	H_1	5	6	7	8	10	12	14
9	z, z_1	8	9	11	13	15	18	21
	y, y_1	0	0	0	0	0	0	0
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	4
	H	3	4	4	5	6	8	10
	H_1	5	6	7	8	10	12	14
10	z, z_1	8	9	11	13	15	18	24
	y, y_1	0	0	0	0	0	0	0
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	7
	H	3	4	4	5	6	8	10
	H_1	5	6	7	8	10	12	14
11	z, z_1	16	19	22	25	28	32	40
	y, y_1	0	0	0	0	0	0	0
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	10

	H, H_1	8	9	11	13	15	18	20
Квалитет изделий	Обозна-чение	Интервал размеров, мм						
		Св.10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до 250
12	z, z_1 y, y_1 α, $α_1$ H, H_1	16 0 0 8	19 0 0 9	22 0 0 11	25 0 0 13	28 0 0 15	32 0 0 18	45 0 15 20
13	z, z_1 y, y_1 α, $α_1$ H, H_1	32 0 0 18	36 0 0 21	42 0 0 25	48 0 0 30	54 0 0 35	60 0 0 40	80 0 25 46
14	z, z_1 y, y_1 α, $α_1$ H, H_1	32 0 0 18	36 0 0 21	42 0 0 25	48 0 0 30	54 0 0 35	60 0 0 40	100 0 45 46
15	z, z_1 y, y_1 α, $α_1$ H, H_1	64 0 0 18	72 0 0 21	80 0 0 25	90 0 0 30	100 0 0 35	110 0 0 40	170 0 70 46
16	z, z_1 y, y_1 α, $α_1$ H, H_1	64 0 0 18	72 0 0 21	80 0 0 25	90 0 0 30	100 0 0 35	110 0 0 40	210 0 110 46
17	z, z_1 y, y_1 α, $α_1$ H, H_1	64 0 0 18	72 0 0 21	80 0 0 25	90 0 0 30	100 0 0 35	110 0 0 40	210 0 110 46

Приложение 3

Примеры оформления схем полей допусков

Схема полей допусков на калибр-пробку

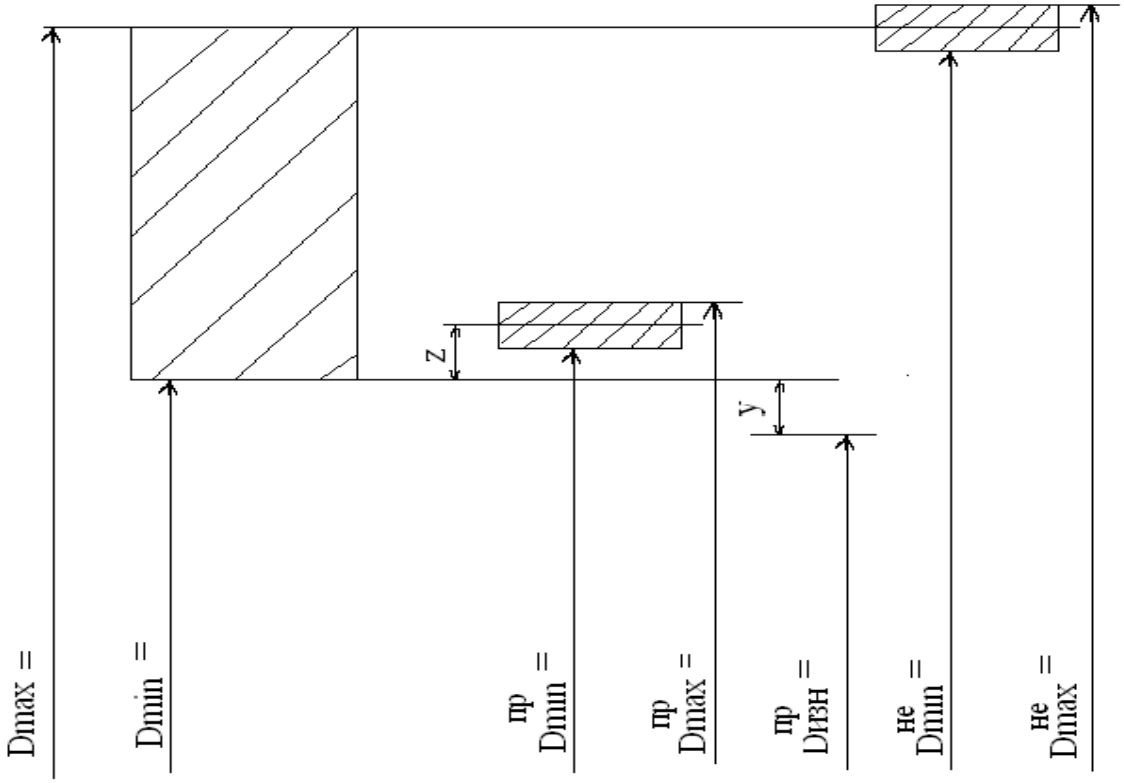

Схема полей допусков на калибр-скобу

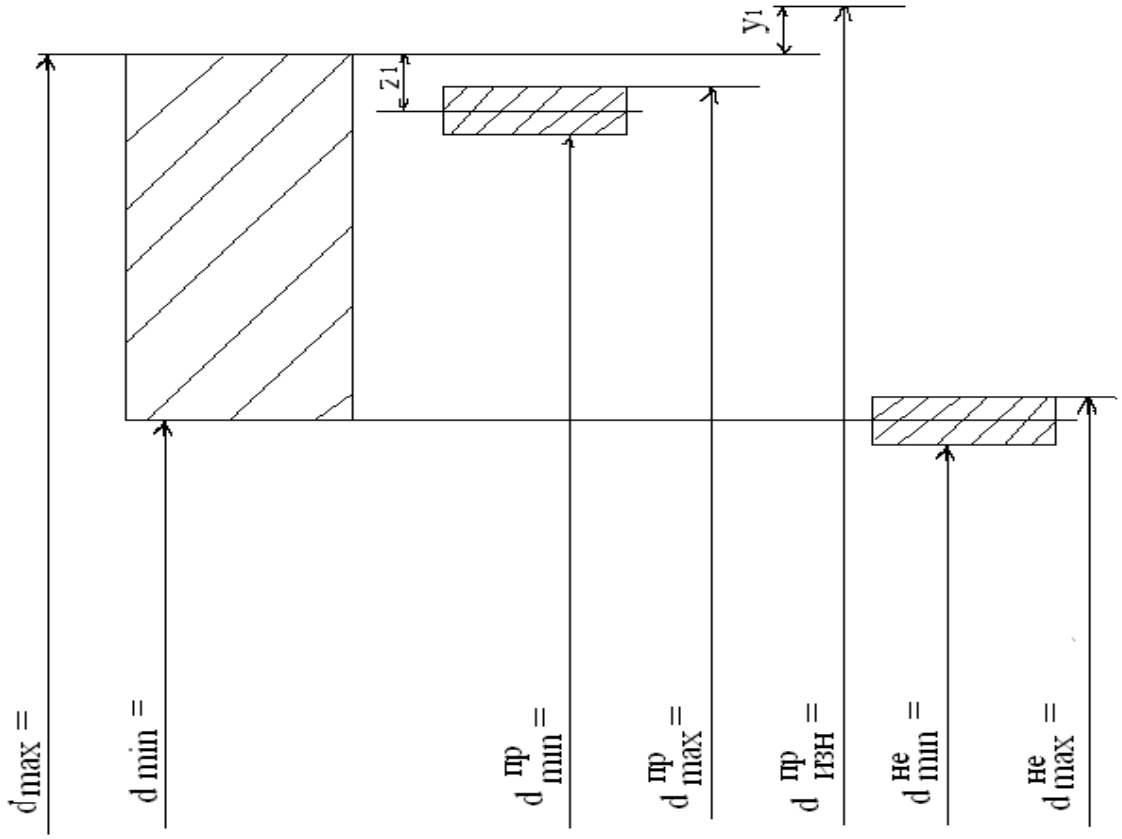
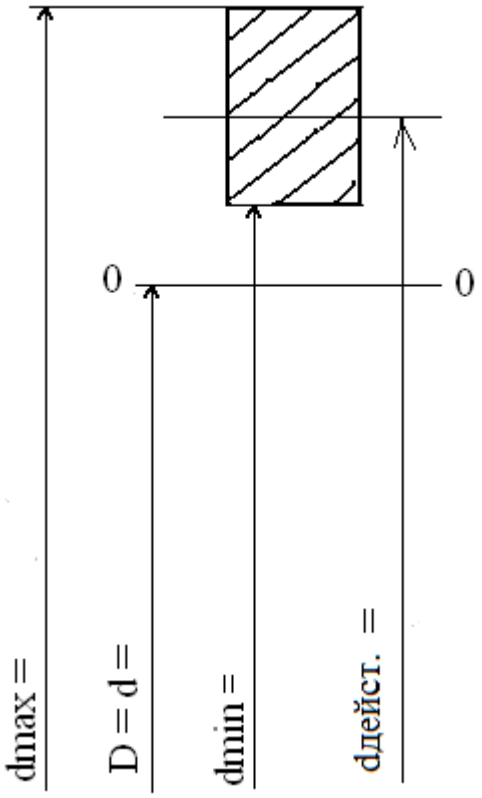
Схема поля допуска на размер