

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей выполнения лабораторной работы является систематизация и закрепление знаний по основным вопросам технических измерений и контроля годности предельных размеров элементов деталей (ГОСТ 30893.1-2002). В ходе ее выполнения студенты должны приобрести практические навыки решения конкретных задач теоретического и производственного характера по вопросам определения, назначения и области применения мер, проведения измерений и контроля с их помощью, а также закрепить теоретические знания и приобрести практические навыки проведения контроля годности размеров элементов деталей.

Цель работы:

- 1) определить назначение, область применения плоскопараллельных концевых мер длины (ПКМД);
- 2) освоить практические приемы работы с ПКМД.

Оборудование рабочего места: наборы плоскопараллельных концевых мер длины, объекты контроля, плакаты, методические указания.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Физическая величина – это одно из свойств физического объекта, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Основным свойством физической величины является ее размерность.

Единицей физической величины называют физическую величину фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице, и которая применяется для количественного выражения однородных с ней физических величин.

Для хранения и (или) воспроизведения одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью, применяют средство измерения, называемое мерой.

Появление концевых мер относится к 1900 г., когда на Всемирной выставке в Париже фирма Иогансон (Швеция) демонстрировала концевые меры, из которых можно было составить блоки на основе свой-

ства притираемости. Поэтому иногда концевые меры такого типа называются плитками Иогансона.

Развитие науки и техники в разных странах привело к появлению множества применяемых мер, что вызвало определенные трудности при техническом сотрудничестве. Поэтому была разработана международная система единиц физических величин и обеспечения единства их измерения.

Наиболее распространенной во всем мире и принятой в Республике Беларусь является Международная система единиц (СИ) (прил. 1). На практике одна единица оказывается неудобной для измерения больших и малых размеров данной величины. Поэтому применяется несколько единиц, находящихся в кратных и дольных соотношениях между собой (прил. 2).

Хранение, воспроизведение и передача размеров единиц физических величин осуществляется с помощью эталонов.

Эталон единицы физической величины – это средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим средствам измерений.

Эталон единицы длины (метр) равен 1650763,73 длин световых волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ атома криптона-86 (ГОСТ 8.417-81).

На XVII Генеральной конференции мер и весов принято новое определение единицы длины: метр – длина пути, проходимого светом в вакууме за $1/299792458$ доли секунды.

Погрешность воспроизведения единицы метра не превышает $5 \cdot 10^{-11}$ м (платино-иридиевый брусок не позволит воспроизводить метр с погрешностью, меньшей 10^{-7} м).

Передача размеров единиц от эталона единицы физической величины к первичному эталону и к рабочим средствам измерения осуществляется с помощью рабочих эталонов (рис. 1).

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОНЦЕВЫХ МЕРАХ ДЛИНЫ

Плоскопараллельные концевые меры длины (ПКМД) (ГОСТ 9038-90) являются основным средством сохранения единства мер в машино- и приборостроении. Они служат для передачи линейного размера от эталона до изделий в производстве. С их помощью производят: проверку, установку и градуировку мер и измерительных приборов; установку

приборов на нуль при относительных измерениях; точную разметочную работу; наладку станков и непосредственные измерения изделий.

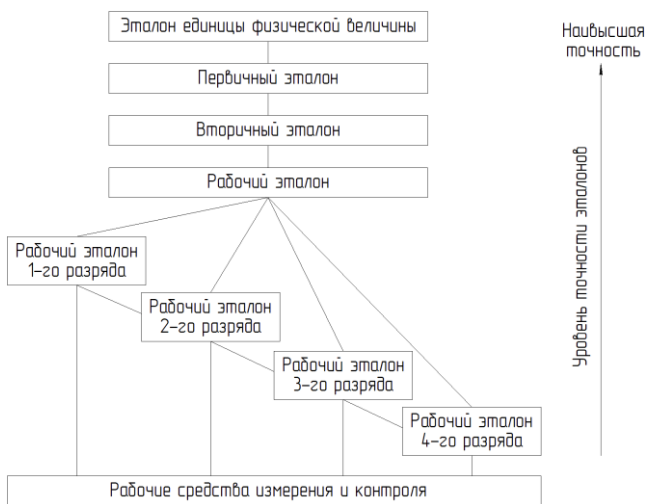


Рис. 1. Схема передачи размеров от эталонов к рабочим средствам измерения

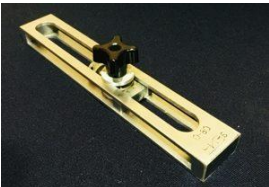



Область применения ПКМД можно значительно расширить, используя специальные приспособления. Эти приспособления выпускаются инструментальными заводами в различных комплектах и вкладываются в наборы ПКМД под следующими названиями: измерительный, разметочный и набор принадлежностей для концевых мер с отверстиями. В зависимости от названия наборы укомплектовывают державками, основанием для установки мер на поверочную плиту, стяжками для соединения в блок мер с отверстиями, боковиками.

Принадлежности к плоскопараллельным концевым мерам длины представляют следующие наборы:






- 1) набор стяжек ПК-0 для мер с отверстиями – для крепления концевых мер длины в блоки 320–1500 мм;
- 2) набор измерительный полный ПК-1 – для измерения наружных и внутренних размеров до 320 мм;
- 3) набор измерительный малый ПК-2 – для измерения наружных и внутренних размеров до 160 мм;
- 4) набор разметочный ПК-3 – для прецизионных разметочных работ совместно с полным или малым измерительными наборами.

Принадлежности к концевым мерам длины по ГОСТ 4119-76 приведены в табл. 1.

Таблица 1. Принадлежности к концевым мерам длины по ГОСТ 4119-76

Принадлежности	ПК-0	ПК-1	ПК-2	ПК-3	Область применения
1	2	3	4	5	6
<p>Державка 0–80 мм</p> 	–	1	1	–	Для крепления концевых мер и блоков при проверке и разметке
<p>Державка 60–160 мм</p> 	–	1	1	–	Для крепления концевых мер и блоков при проверке и разметке
<p>Державка 160–320 мм</p> 	–	1	–	–	Для крепления концевых мер и блоков при проверке и разметке
<p>Плоскопараллельные боковики</p> 	–	2	–	–	Для крепления концевых мер и блоков при проверке и разметке. Отклонение от плоскопараллельности измерительных поверхностей плоскопараллельных боковиков – 0,5 мкм

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
<p>Радиусные боковики $h = 2$ мм</p> 	–	2	2	–	Отклонение от плоскостности рабочих поверхностей радиусных боковиков 2 мм – 0,15 мкм
<p>Радиусные боковики $h = 5$ мм</p> 	–	2	2	–	Отклонение от плоскостности рабочих поверхностей радиусных боковиков 5 мм – 0,15 мкм
<p>Радиусные боковики $h = 10$ мм</p> 	–	2	2	–	Отклонение от плоскостности рабочих поверхностей радиусных боковиков 10 мм – 0,15 мкм
<p>Радиусные боковики $h = 15$ мм</p> 	–	2	–	–	Отклонение от плоскостности рабочих поверхностей радиусных боковиков 15 мм – 0,3 мкм
<p>Центровой боковик</p> 	–	–	–	1	Отклонение от плоскостности рабочих поверхностей центровых боковиков – 0,3 мкм

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
Чертильный боковик 	–	–	–	1	Отклонение от плоскостности рабочих поверхностей чертильных боковиков – 0,3 мкм
Трехгранная линейка ЛТ-1-200 (ГОСТ 8026-92)	–	1	–	–	Для проверки прямых линий и плоскостей
Стяжки	5	–	–	–	Для крепления блоков, включающих концевые меры размером более 100 мм, при проверке и разметке размеров от 320 до 1500 мм
Основание с вкладышем 	–	–	–	1	Для установки блоков при разметке
Отвертка с нормированным усилием	1	–	–	–	Предназначена к применению со стяжками

ПКМД изготавливают в форме цилиндрических стержней или прямоугольных параллелепипедов (плиток), у которых две противоположные измерительные грани расположены на исключительно точном расстоянии (0) и обработаны с наименьшими возможными шероховатостью, погрешностью формы и отклонением от параллельности (рис. 2). Как меры длины цилиндрические стержни, в отличие от призматических плиток, не получили распространения, а применяются чаще всего для специальных целей – как установочные меры для микрометров и т. п.

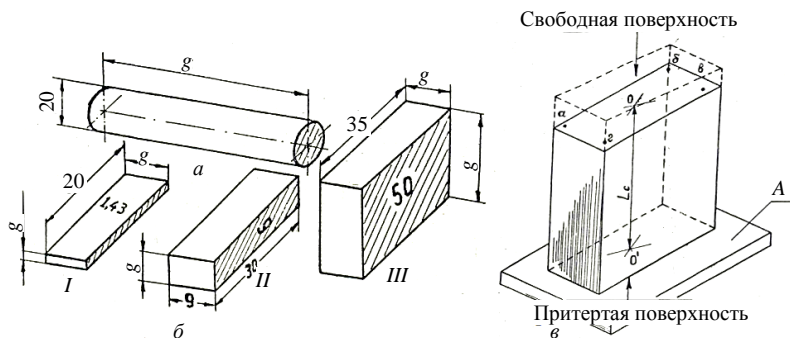


Рис. 2. Концевые меры длины:
a – стержень; *б* – плитки (I и II – для размеров не более 10 мм, III – для размеров более 10 мм); *г* – концевая мера (*g'* – срединная длина концевой меры)

ПКМД выпускаются размерами от 0,1 до 1000 мм. С размерами от 0,1 до 100 мм они изготавливаются цельными, а свыше 100 мм – с двумя отверстиями для соединения стяжками (рис. 3).

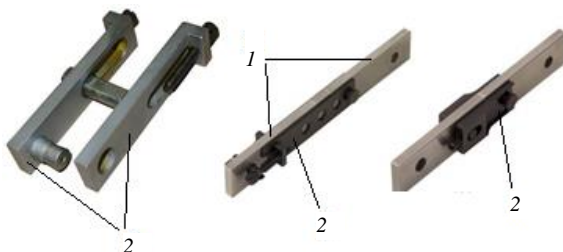


Рис. 3. Блок из КМД с отверстиями, соединенных стяжками:
 1 – КМД; 2 – стяжки

ПКМД комплектуют в различные наборы по числу мер и номинальным длинам (прил. 3). Комплектация мер в наборы осуществляется таким образом, чтобы из минимального числа мер можно было составить блок любого размера до третьего десятичного знака.

Класс точности набора определяется нижшим классом отдельной меры, входящей в набор, при проверке мер после их изготовления или через определенное время их эксплуатации. К каждому набору прилагается паспорт, в котором указываются номинальная длина каждой меры и ее отклонение.

Материалом, из которого изготавливают ПКМД, является сталь с температурным коэффициентом расширения $(11,5 \pm 0,1)10^{-6}$ мм на 1°C при изменении температуры от 10 до 30°C . Это хромистые стали 20ХГ, ХГ, ШХ15, Х. Твердость измерительных поверхностей должна быть не менее HRC62.

ПКМД изготавливают также из твердого сплава ВК6М с температурным коэффициентом расширения $3,6 \cdot 10^{-6}$ мм на 1°C . Это позволяет повысить их износостойкость в 10–40 раз по сравнению с износостойкостью стальных.

Примеры условных обозначений:

– набора № 2 концевых мер из стали класса точности 1 – концевые меры 1-Н2 ГОСТ 9038-90;

– набора № 3 концевых мер из твердого сплава класса точности 2 – концевые меры 2-Н3-Т ГОСТ 9038-90.

ПКМД, предназначенные для проверки и градуировки измерительных средств, называются образцовыми, а для измерения деталей, разметочных работ – рабочими. В некоторые наборы, кроме основных, входят защитные меры из твердого сплава. Они служат для уменьшения повреждений и износа основных плиток и применяются в том случае, если блок плиток используется для многократных измерений. Защитные плитки, в отличие от остальных, имеют срезанные углы и дополнительную буквенную маркировку.

3. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПКМД

Основными параметрами ПКМД являются:

– номинальная и действительная длина (серединный размер) концевой меры. Представляет собой длину перпендикуляра $0'$, опущенного из точки пересечения диагоналей одной из измерительных поверхностей в аналогичную точку противоположной измерительной поверхности (см. рис. 2, в);

– плоскопараллельность измерительных поверхностей. Определяется разностью наибольшего и наименьшего расстояний между измерительными поверхностями данной меры;

– суммарная погрешность формы и расположения измерительных поверхностей;

– шероховатость измерительных поверхностей;

– точность ПКМД – точность длины и отклонения от плоскопараллельности измерительных поверхностей.

Точность ПКМД является одним из важнейших параметров и нормируется двумя методами: методом классов точности и методом рядов.

Применение ПКМД по классам точности. Если при измерении размеров деталей с помощью ПКМД за размер каждой меры считать ее номинальный размер, то такое использование мер называется применением их по классам (см. примеры 1, 2).

По точности изготовления ПКМД их наборы подразделяют на четыре класса – 0; 1; 2; 3, из которых высшим является нулевой. По особым условиям изготавливают меры класса 00. Кроме этих классов, применяют еще классы точности 4 и 5 для ПКМД, находящихся в эксплуатации. Они присваиваются после проверки мерам, значительно изношенным и изменившим размер.

Класс ПКМД характеризуется степенью приближения ее длины (серединного размера) к номинальному значению. Чем меньше различие между действительным и номинальным значениями длины, тем выше класс ПКМД, и наоборот. На рис. 4 представлена сравнительная схема отклонений длины (серединного размера) от номинального значения для ПКМД, изготовленных в интервале 10...18 мм.

Например, если действительный размер ПКМД отклоняется от номинального на $A = -0,6$ мкм или на $B = +0,8$ мкм, то такая мера относится к третьему классу. Если мера имеет отклонение B или Γ , то она относится к четвертому классу.

Пример 1. Составить блок номинального размера 28,495 мм из ПКМД 1-го класса.

Для получения блока размером 28,495 мм необходимо из набора № 1 взять концевые меры в следующем порядке:

$$1,005 + 1,49 + 6,0 + 20,0 = 28,495 \text{ мм.}$$

Предельная погрешность блока ПКМД устанавливается на основании закона сложения случайных величин:

$$\pm \Delta \text{lim}_{(\text{бл})} = \sqrt{(\Delta \text{lim}_1)^2 + (\Delta \text{lim}_2)^2 + \dots + (\Delta \text{lim}_n)^2},$$

где $\pm \Delta \text{lim}$ – предельная погрешность одной меры (прил. 4).

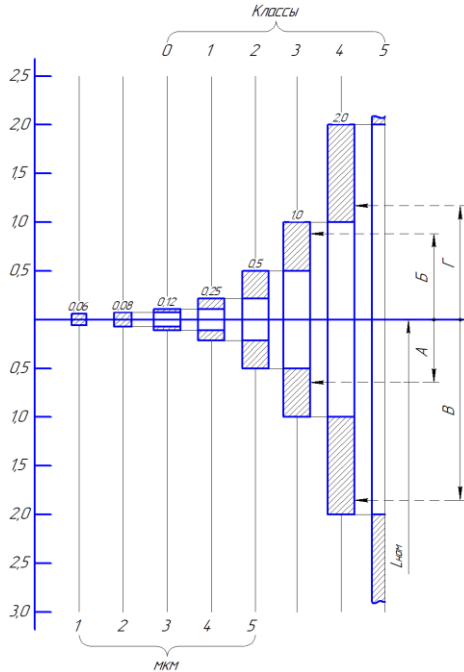


Рис. 4. Схема отклонений серединного размера от номинального для концевой меры, изготовленной в интервале 10...18 мм

Таким образом,

$$\pm \Delta \text{lim}_{(\text{бл})} = \sqrt{(0,2)^2 + (0,2)^2 + (0,2)^2 + (0,3)^2} = \pm 0,458 \text{ мкм.}$$

Пример 2. Составить блок номинального размера 75,425 мм из ПКМД 3-го класса.

Для получения блока размером 75,425 мм необходимо из набора № ... взять концевые меры в следующем порядке:

$$1,005 + 1,420 + 3,0 + 70,0 = 75,425 \text{ мм.}$$

Предельная погрешность блока концевых мер:

$$\pm \Delta \text{lim}_{(\text{бл})} = \sqrt{(0,8)^2 + (0,8)^2 + (0,8)^2 + (1,53)^2} = \pm 2,042 \text{ мкм.}$$

Применение ПКМД по разрядам. Разряд ПКМД показывает, с какой погрешностью производится аттестация действительного размера ее длины (серединного размера).

При аттестации измеряют длину меры (серединный размер) в точке 0 (см. рис. 2, в) и предельные отклонения от плоскопараллельности измерительных поверхностей.

К наборам ПКМД прилагают аттестаты, в которых указаны номинальные размеры плиток, отклонения от номинальных размеров, разряд набора и средства измерения, использованные при аттестации набора. При наличии аттестата, производя с помощью мер измерения размера, необходимо считать за размеры мер их действительные размеры, указанные в аттестате. Такое использование ПКМД называется применением их по разрядам. В зависимости от точности аттестации, характеризующейся предельной погрешностью того инструмента или прибора, при помощи которого определялась длина ПКМД, их подразделяют на пять разрядов (1, 2, 3, 4 и 5) в порядке убывания точности измерения.

Пример 3. Изготовлено две ПКМД: первая – $15_{-0,00011}$ мм, вторая – $15_{-0,00045}$ мм. В соответствии с ГОСТом первая плитка по точности изготовления относится к нулевому классу, а вторая – ко второму. Пусть обе плитки уложились в норму по плоскопараллельности в те же классы.

Первую плитку измеряли микрокатером с пружинной головкой ИГП-0,1, обладающей погрешностью измерения $\pm 0,1$ мкм. Вторую плитку измеряли интерферометром с погрешностью $\pm 0,05$ мкм. По ГОСТ 9038-90 находим, что первая плитка относится к 3-му разряду, а вторая – к 1-му разряду.

Первая плитка будет иметь фактическое отклонение от номинального размера в пределах от $-0,21$ до $-0,01$ мкм ($-0,11 \pm 0,1$). Для второй плитки аналогично – от $-0,5$ до $-0,4$ мкм ($-0,45 \pm 0,05$).

Вывод: вторая плитка с поправкой по аттестату даст более точный результат, чем первая; применение плиток по разрядам повышает точность измерений и расширяет возможность использования мер грубых классов.

Пример 4. Составить блок номинального размера $75,425$ мм из ПКМД при условии, что блок должен быть составлен с предельной погрешностью, не превышающей $\pm \Delta_{\text{lim (бл)}} = \pm 0,6$ мкм.

Из примера 2 следует, что блок, составленный в соответствии с классом плиток, не гарантирует требуемой точности, поэтому составим блок из тех же мер, но с учетом их разряда.

Допустим, что набор ПКМД относится к 4-му разряду. По аттестату, приложенному к набору, находим, что срединная длина концевых мер соответственно будет отличаться от номинальных размеров на +0,4; -0,3; -0,7; -0,8 мкм. Таким образом, блок, составленный из тех же мер, но с учетом поправки по аттестату, будет на 1,4 мкм меньше, чем блок, составленный по классу, т. е. для условия примера 2 длина будет равна 75,425 мм; для условия примера 4 длина блока равна:

$$l_{\text{бл}} = 1,005 \cdot (+0,4 \text{ мкм}) + 1,420 \cdot (-0,3 \text{ мкм}) + 3,000 \cdot (-0,7 \text{ мкм}) + 70,000 \cdot (-0,8 \text{ мкм}) = 75,4236 \text{ мм.}$$

Учитывая эту поправку, следует включить в блок вместо меры 1,005 мм меру 1,006 мм с поправкой по аттестату +0,6 мкм. Тогда, как и в примере 2, снова находим предельные погрешности мер, но уже взятые не по классу, а по разряду (прил. 4). Каждая из мер будет иметь следующие предельные погрешности: $\pm 0,2$; $\pm 0,2$; $\pm 0,2$; $\pm 0,4$ мкм.

Таким образом, предельная погрешность блока будет равна:

$$\pm \Delta \text{lim}_{(\text{бл})} = \sqrt{3 \cdot (0,2)^2 + (0,4)^2} = \pm 0,53 \text{ мкм,}$$

а окончательный размер блока составит:

$$l_{\text{бл}} = 1,0066 + 1,4197 + 2,9993 + 69,9992 = 75,4248 \pm 0,00053 \text{ мм.}$$

Вывод: результат удовлетворяет заданию, т. е. те же меры, применяемые по разряду, дают более точный результат, чем по классу.

4. ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ БЛОКОВ ИЗ ПКМД

Одно из основных свойств ПКМД – притираемость, т. е. способность прочно сцепляться при прикладывании или надвигании одной меры на другую (рис. 1.5).

Сцепление (адгезия) мер вызывается молекулярными силами сцепления лишь при наличии тончайшей пленки смазки между их поверхностями (0,05...0,1 мкм). Усилие сдвига одной меры относительно другой в условиях эксплуатации составляет не менее 30 Н, а у новых концевых мер эта величина больше в 10–20 раз. Сопrotивляемость отрыву в перпендикулярном направлении – не менее 300...400 Н. Концевые меры из стали должны выдерживать 500 притираний при вероятности безотказной работы 0,8, а из твердого сплава – 30000 притираний при вероятности 0,9.

При составлении блока требуемого размера из ПКМД руководствуются следующими правилами:

- блок заданного размера следует составлять из возможно меньшего числа мер. Минимальное число мер в блоке повышает его точность (уменьшается суммарная погрешность размера блока) и не позволяет ему разрушиться;
- число ПКМД в блоке не должно превышать пяти;
- сначала выбирают концевые меры, позволяющие получить тысячные доли миллиметра, затем сотые, десятые и, наконец, целые миллиметры.

При соединении ПКМД в блок придерживаются приведенной ниже последовательности. Выбранные для составления блока ПКМД очищают от смазочного материала, промывают безводным и безкислотным чистым бензином и вытирают насухо чистой салфеткой. Прикасаться после этого руками к зеркальным измерительным поверхностям мер запрещается.

Если в наборе есть защитные плитки, то к одной из них притирают самую малую меру, затем следующую по размеру меру и так далее, пока не будет притерта к блоку последняя мера. К блоку притирается вторая защитная плитка. Защитные плитки притираются к блоку всегда одной и той же стороной (немаркированной).

Притирку осуществляют следующим образом. Взяв меру за боковые плоскости (рис. 5, *a*), накладывают ее на меру или блок из мер так, чтобы измерительные плоскости совмещались примерно на половину их длины. Затем, слегка нажимая на верхнюю плитку, надвигают ее на нижнюю до полного контакта измерительных поверхностей. Если после этого меры не разъединяются, их считают притертыми.

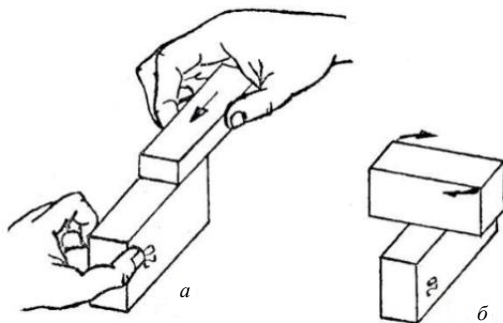


Рис. 5. Способы притирки концевых мер

Меры размером более 5,5 мм можно притирать и так, как показано на рис. 5, б. Притираемые меры накладывают друг на друга крестообразно и с небольшим нажимом поворачивают одну относительно другой до тех пор, пока их измерительные поверхности полностью не совпадут.

После работы ПКМД промывают бензином и смазывают безводным техническим вазелином или смазкой «Циатим».

5. КОНТРОЛЬ И АТТЕСТАЦИЯ КОНЦЕВЫХ МЕР

Аттестацию и контроль концевых мер выполняют с высокой точностью интерференционным методом с помощью плоских стеклянных пластин.

Сущность метода заключается в следующем. На аттестуемую (проверяемую) поверхность с небольшим наклоном накладывается стеклянная пластина, приведенная на рис. 6. В случае идеальной плоской поверхности интерференционные полосы будут прямыми.



Рис. 6. Интерференционный метод контроля концевых мер

В противном случае (неплоскостность поверхности) полосы будут искривлены: в случае выпуклости проверяемой поверхности интерференционные полосы будут искривлены от ребра клина, приведенного на рис. 7, а, а в случае вогнутости – к ребру клина, приведенного на рис. 7, б.



Рис. 7. Интерференционные полосы на различных поверхностях

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Для указанной меры определить предельно допустимые отклонения от срединного размера (прил. 4).

2. Составить блок заданного номинального размера из ПКМД (размер задается преподавателем). Определить величину предельной погрешности блока ПКМД (см. примеры 1, 2).

3. Составить блоки одного номинального размера, заданного преподавателем, из двух, трех, четырех и пяти ПКМД. Определить величины предельной погрешности каждого блока (табл. 2). Построить график зависимости величины предельной погрешности от числа мер в блоке $\pm\Delta_{\text{lim}} = f(n)$.

Таблица 2. Результаты составления блоков номинального размера и определения предельной погрешности

№ п/п	Число мер в блоке, шт.	Предельная погрешность блока, мкм (Δ_{lim})

4. При помощи набора принадлежностей измерительного малого ПК-2 ГОСТ 4119-76 составить блоки требуемых размеров для контроля годности валов и отверстий по ИТ6 и грубее взамен калибров-пробок и калибров-скоб. Контролируемая деталь и ее размеры задаются преподавателем. Привести эскизы контролируемых деталей (табл. 3).

Таблица 3. Результаты контроля параметров детали

Номер чертежа детали	Контролируемые параметры			Предельная погрешность блока, мкм (Δ_{lim})			
	Диаметр, мм		Длина, мм	Скоба, мм		Пробка, мм	
	вала	отверстия		ПР	НЕ	ПР	НЕ
1							
2							
3							

Отчет о выполнении работы.

Отчет выполненной лабораторной работы должен содержать:

- 1) тему лабораторной работы;
- 2) цель лабораторной работы;
- 3) общие сведения о ПКМД;

- 4) результаты измерений, необходимые графические построения;
- 5) эскизы измеряемых (контролируемых) деталей;
- 6) выводы по работе.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Привести примеры условных обозначений наборов из ПКМД.
2. Определить назначение и область применения ПКМД.
3. Какими метрологическими показателями характеризуются ПКМД?
4. В какой форме и из какого материала могут изготавливаться ПКМД?
5. Зачем составляются блоки из отдельных мер и каков порядок их составления?
6. Для чего изготавливаются и какие существуют наборы принадлежностей к ПКМД?
7. Что такое измерение и контроль?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соломахо, В. Л. Нормирование точности и технические измерения: учебник / В. Л. Соломахо, Б. В. Цитович, С. С. Соколовский. – Минск: Выш. шк., 2015. – 368 с.
2. Зайцев, С. А. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении / С. А. Зайцев, А. Д. Куранов, А. Н. Толстов. – Москва: Академия, 2002. – 240 с.
3. Ганевский, Г. М. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении / Г. М. Ганевский, И. И. Гольдин. – Москва: ПрофОбрИздат, 2002. – 288 с.
4. Серый, И. С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / И. С. Серый. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 367 с.
5. Якушев, А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. И. Якушев, Л. Н. Воронцов, Н. М. Федотов. – Москва: Машиностроение, 1987. – 352 с.
6. Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия: ГОСТ 9038-90. – Взамен ГОСТ 9038-83; введ. 07.01.91. – Москва: Изд-во стандартов, 1990. – 14 с.
7. Наборы принадлежностей к плоскопараллельным концевым мерам длины. Технические условия: ГОСТ 4119-76. – Взамен ГОСТ 4119-66; введ. 01.01.78. – Москва: Изд-во стандартов, 1989. – 7 с.
8. Калибры-скобы гладкие регулируемые. Технические условия: ГОСТ 2216-84. – Взамен ГОСТ 2216-68; введ. 01.01.85. – Москва: Изд-во стандартов, 1985. – 6 с.
9. Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски: СТ СЭВ 157-75. – Взамен РС 1876-69; введ. 01.01.77. – Москва: Изд-во стандартов, 1977. – 11 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Основные единицы физических величин СИ

Физическая величина	Размерность	Наименование	Русское обозначение
Длина	L	метр	м
Масса	M	килограмм	кг
Время	T	секунда	с
Сила электрического тока	I	ампер	А
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	К
Количество вещества	N	моль	моль
Сила света	J	кандела	кд

Приложение 2

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		русское	международное
10^{15}	пета	П	P
10^{12}	тера	T	T
10^9	гига	G	G
10^6	мега	M	M
10^3	кило	к	k
10^2	гекто	г	h
10^1	дека	да	da
10^{-1}	деци	д	d
10^{-2}	санتي	с	c
10^{-3}	мили	м	m
10^{-6}	микро	мк	μ
10^{-9}	нано	н	n
10^{-12}	пико	п	p
10^{-15}	фемто	ф	f

Техническая характеристика наборов плоскопараллельных концевых мер длины

Номер набора	Количество мер в наборе, шт.	Номинальные значения длины мер, мм	Градация, мм	Количество мер, шт.	Класс точности наборов	
					из стали	из твердого сплава
1	2	3	4	5	6	7
1	83	0,500	–	1	0; 1; 2; 3	1; 2
		1,005	–	1		
		От 1 до 1,5 вкл.	0,01	51		
		От 1,6 до 2 вкл.	0,1	5		
		От 2,5 до 10 вкл.	0,5	16		
		От 20 до 100 вкл.	10	9		
2	38	1,005	–	1	1; 2; 3	1; 2
		От 1 до 1,1 вкл.	0,01	11		
		От 1,2 до 2 вкл.	0,1	9		
		От 3 до 10 вкл.	1	8		
		От 20 до 100 вкл.	10	9		
3	112	0,5	–	1	0; 1; 2; 3	1; 2
		1,005	–	1		
		От 1 до 1,5 вкл.	0,01	51		
		От 1,6 до 2 вкл.	0,1	5		
		От 2,5 до 25 вкл.	0,5	46		
		От 30 до 100 вкл.	10	8		
4	10	От 2 до 2,009 вкл.	0,001	10	0; 1; 2	–
5	10	От 1,991 до 2 вкл.	0,001	10	0; 1; 2	–
6	10	От 1 до 1,009 вкл.	0,001	10	0; 1; 2	0; 1
7	10	От 0,991 до 1 вкл.	0,001	10	0; 1; 2	0; 1
8	8	От 125 до 200 вкл.	25	4	–	–
		От 250 до 300 вкл.	50	2		
		От 400 до 500 вкл.	100	2		
9	10	От 100 до 1000	100	10	–	–
10	20	От 0,10 до 0,29 вкл.	0,01	20	0; 1; 2	–
11	43	От 0,3 до 0,7 вкл.	0,01	41	0; 1; 2; 3	–
		От 0,8 до 0,9 вкл.	0,1	2		
12	74	0,5	–	1	–	1; 2; 3
		1,005	–	1		
		От 0,9 до 1,5 вкл.	0,01	61		
		От 1,6 до 5 вкл.	0,1	5		
		От 2,5 до 5 вкл.	0,5	6		
13	11	5	–	1	1; 2; 3	–
		От 10 до 100 вкл.	10	10		
14	38	От 10,5 до 25 вкл.	0,5	30	0; 1; 2	–
		От 30 до 100 вкл.	10	8		

Окончание прил. 3

1	2	3	4	5	6	7
15	4	1 (защитная мера) 1,5 (защитная мера) 2 (защитная мера)	– – –	2 1 1	–	–
16	29	1,005 От 1 до 1,1 вкл. От 1,2 до 2 вкл. От 3 до 10 вкл.	– 0,01 0,1 1	1 11 9 8	0; 1; 2	–
17	19	От 1,991 до 2,009 вкл.	0,001	19	0; 1; 2	–
18	19	От 0,991 до 1,009 вкл.	0,001	19	0; 1; 2	–
19	23	0,12; 0,14; 0,17; 0,2; 0,23; 0,26; 0,29; 0,34; 0,4; 0,43; 0,46; 0,57; 0,7; 0,9; 1; 1,16; 1,3; 1,44; 1,6; 1,7; 1,9; 2	–	23	1; 2	–
20	20	5,12; 10,24; 15,36; 21,5; 25; 30,12; 35,24; 40,36; 46,5; 50; 55,12; 60,24; 65,36; 71,5; 75; 80,12; 85,24; 90,36; 96,5; 100	–	20	1; 2	–
21	7	21,2; 51,4; 71,5; 101,6; 126,8; 150; 175	–	7	1; 2	–

**Предельно допустимые отклонения концевых мер от среднего размера
(по ГОСТ 9038-90)**

Номинальные размеры мер, мм	Допустимые предельные погрешности (\pm) действительного значения срединной длины (характеристика по разрядам), мкм								
	1-й разряд	2-й разряд	3-й разряд	4-й разряд	5-й разряд	–	–	–	–
	Допустимые отклонения (\pm) срединной длины (характеристика по классам), мкм								
	при аттестации в процессе изготовления						при аттестации в процессе эксплуатации		
–	–	0-й класс	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс	5-й класс	–	–
До 10	0,05	0,07	0,10	0,20	0,40	0,8	2,0	4	–
Свыше 10 до 18	0,06	0,08	0,12	0,25	0,50	1,0	2,5	5	–
Свыше 18 до 30	0,06	0,09	0,15	0,30	0,50	1,0	3,0	6	–
Свыше 30 до 50	0,07	0,10	0,20	0,30	0,50	1,2	3,5	8	–
Свыше 50 до 80	0,08	0,12	0,25	0,40	0,60	1,5	4,0	9	–
Свыше 80 до 120	0,10	0,15	0,30	0,50	0,80	2,0	5,0	11	–
Свыше 120 до 180	0,12	0,20	0,40	0,75	1,00	2,5	6,0	12	–
Свыше 180 до 250	0,15	0,30	0,50	1,00	1,50	3,0	7,0	14	–
Свыше 250 до 300	0,20	0,35	0,60	1,25	2,00	3,5	8,0	16	–
Свыше 300 до 400	0,25	0,45	0,80	1,50	2,50	4,0	9,0	18	–
Свыше 400 до 500	0,30	0,50	1,00	1,80	3,00	5,0	10,0	20	–